КӘСІБИ БІЛІМ БЕРУ

В. М. ПРОШИН

ЭЛЕКТРОТЕХНИКАЛЫҚ ЕМЕС МАМАНДЫҚТАРҒА АРНАЛҒАН ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ОҚУЛЫҚ

Орта кәсіби білім беру бағдарламаларын іске асыратын білім беру мекемелерінің оқу процесінде қолдануға арналған оқулық ретінде «Білім беруді дамытудың федералды институты» («БДФИ» ФМАМ) Федералды мемлекеттік автономды мекемесімен ұсынылды

«БДФИ» ФМАМ 2014жылғы 28 қаңтардағы рецензияның тіркеу нөмірі 056

«Академия» баспа орталығы
2014

ӘОЖ 621.3(075.32)
КБЖ 31.2ші722
П847

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТжКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды.

Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19,

«Алма-Ата» БО, 809С , телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

Пікір беруші —
№12 Құрылыс техникумының ГБОУ ОКБ оқытушысы *А. М. Пожиленков*

Прошин В. М.

П847 Электротехникалық емес мамандықтарға арналған электротехника: орта кәсіби білім беру мекемелері студ. арналған оқулық, / В. М. Прошин. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2014. — 464 б.

ISBN 978–601-333-275-8 (каз.)
ISBN 978-5-4468-0540-2 (рус.)

Оқулық техникалық және электротехникалық емес профильді мамандықтар бойынша Федералды мемлекеттік білім беру стандартына сәйкес құрылған.

Электротехниканың барлық негізгі бөлімдері қамтылған: электрлік және магниттік тізбектер, өлшем бірліктері, өндірістік электроника негіздері, электр машиналары, электр қуатын өндіру және тарату. Әр тақырып бойынша базалық теориялық материал практикалық тапсырмалармен, бақылау сынақтамаларылерімен және зертхана жұмыстарымен толықтырылады.

Орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӘОЖ621.3(075.32
) КБЖ 31.2ші722

ISBN 978–601-333-275-8 (каз.)
ISBN 978-5-4468-0540-2 (рус.)

© «Академия» оқу баспа орталығы, 2014
© Рәсімдеу.«Академия» баспа орталығы, 2014

Құрметті оқырман!

Осы оқулық техникалық бағыттағы мамандықтарға арналған жалпы кәсіби пәндері бойынша оқу-әдістемелік кешеннің бір бөлігі болып табылады.

Оқулық «Электротехника» жалпы кәсіби пәндерін зерделеуге арналған.

Жаңа буынның оқу-әдістемелік жинағы жалпы білім беру және жалпы кәсіби пәндер мен кәсіби модульдерді зерделеуге мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу материалдарын қамтиды. Әр жинақ оқулықтар мен оқу құралдарын, оқу тәсілдері мен жалпы және кәсіби құзыретті игеругеқажет, оның ішінде жұмыс берушінің талаптарын ескере отырып, қадағалауды қамтиды.

Оқу басылымдары электронды білім беру ресурстарымен толықтырылады. Электронды ресурстар интерактивті тапсырмалар мен жаттығулары бар теориялық және практикалық модульдерді, мультимедиялық объектілерді, қосымша материалдар мен Интернеттегі ресурстарға сілтемелерді қамтиды. Оларға терминологиялық сөздіктер мен оқу процесінің негізгі параметрлері: жұмыс істеу уақыты, бақылау және практикалық тапсырмаларды орындау нәтижелері белгіленетін электрондық журнал енгізілген. Электронды ресурстар оқу процесіне оңай енгізіледі және әртүрлі оқу бағдарламаларына бейімделінеді.

«Электротехникалық емес мамандықтарға арналған электротехника» электронды білім беру ресурсы дайындалу сатысында.

Кіріспе

ЭЛЕКТРОТЕХНИКАНЫҢ ҚЫСҚАША ТАРИХЫ

Бірде, «Очевидное — невероятное» теледидар бағдарламасын ұзақ уақыт жүргізген профессор Сергей Петрович Капицтен, оның ойынша адамзат жаңалықтарының қайсысы әлемде маңызы аса зор деп сұраған екен. Ол ойланбастан «Электр қуаты» деп жауап берді.

Білдек, роботтар, ақпараттық жүйелер, автоматты тізбектер және икемді автоматтандырылған өндірістер, жарықтандыру жүйесі және тұрмыстық техника – осының барлығы және көптеген басқа да заттар электр қуатының нәтижесінде мүмкін болды.

> *Электротехника* — электр қуаты саласындағы физиканың негізгі заңдылықтары және оны өндірісте және тұрмыста қолдану жөніндегі ғылым.

Ол салыстырмалы түрде жас, академик В. В. Петров электр доғасының құбылысын, сондай-ақ оны жарықтандыру, дәнекерлеу және еріту үшін қолдану мүмкіндігін ашқан және зерттеген кезден бастап, оның негізі 1802 жылы қаланды деп саналады. Одан әрі өте тез дамыды:

1820 ж. — А. М. Ампер *электр қозғалтқыштарының* жасалу негізін құрып, токпен екі параллель өткізгіштер арасында өзара әрекеттестік күшін өлшеді (Ампер заңы);

1826 ж. — Г. Ом *электр тізбегін есептеуден* бастап, оның атымен аталған заңды эксперимент түрінде растады;

1831 ж. — М. Фарадей *электр генераторларының* жасалу негізін құрып, электромагнитті индукция құбылысын ашты;

1834 ж. — Б. С. Якоби *көлік құралдарының негізгі жетек қозғалтқышы* болған тұрақты тоқтың электр қозғалтқышын жасады;

1847 ж. — Г. Р. Кирхгоф *күрделі электр тізбегін есептеуге* мүмкіндік беретін, оның атымен аталған заңдарды қалыптастырды;

1872 ж. — А. Г. Столетов *магнитті тізбектерді есептеу* негізін қалыптастырып, $B(H)$ темірдің қисық магниттелуін шешті;

1875 ж. — П. Н. Яблочков *электр энергиясының* анағұрлым ара-қашықтыққа берілуін қамтамасыз етіп, трансформаторды құрды;

1888 ж. — М. О. Доливо-Добровольский *кез келген метал кесетін білдектің негізгі қозғалтқышын* — қысқа бекітілген қозғалмалы бөлігі бар айнымалы тоқтың үш фазалы асинхронды қозғалтқышын құрды;

1895 ж. — А. С. Попов *радио және телехабар* негізін салып, радио байланыс мүмкіндігін көрсетті.

Одан кейінгі барлық жаңалықтар электротехникалық қондырғылардың негізгі элементтері болып табылатын электр энергиясының практикалық қолданыстағы дереккөздері мен қабылдағыштарын құруға бағытталған.

Электр энергиясының энергияның басқа түрлеріне қарағандағы артықшылығы:

- кез келген қашықтыққа оңай әрі жылдам берілу мүмкіндігі;
- кез келген бөлшекке бөлу мүмкіндігі;
- энергияның басқа түрлеріне өзгеру оңайлығы (жарықтық, жылулық, механикалық және т.б.).

ЭЛЕКТРҚОНДЫРҒЫЛАРМЕН ЖҰМЫС

Электр энергиясының тек бір кемшілігі бар — оның адам өміріне қаупі. Электр тогының адамға әсер етуі бойынша үш түрге бөлуге болады:

- сезінетін: 0,6 мА көп — әлсіз қышытуды тудыру, 3 мА көп — тітіркену, 8 мА көп — қол бұлшықетінің еріксіз жиырылуы;
- жібермейтін: 10 мА көп — қол бұлшықетініңтартылуы, зақымданған адам қолын жаза алмайды, 25 мА көп — тек қол бұлшықетінің ғана емес, дене бұлшықеттерінің тартылуы, 50 мА көп — есінен тануы, тыныс алуының тоқтауы және өлім;
- фибрилляциялық —100 мА көп— жүрек бұлшықетін тітіркендіреді, қан тамырларын қысады, қан айналымын тоқтатады, өлімге әкеп соғады.

50 мА көп тоқ адам өміріне қауіпті деп саналады.

Электр тогымен зақымдану қаупін төмендетуге бола ма?

Болады, егер тоқ өтетін тараулардың кедергілерін ұлғайту шараларын қолданса. Осылайша, егер тоқ жүретін бөлшектерге жақындағын адам ағаш құрғақ еденде төселген резеңке кілемшеде тұрса, онда 380 В кернеуі кезінде де тоқ 5 мА аспайды, ол тек тітіркенуді тудырады. Сондықтан электр қондырғыларымен жұмыс жасау кезінде электр қауіпсіздігін арттыру жолдарының бірі

диэлектрлік кілемшелерді, оқшаулау тіреуіштерін, диэлектрлік қолғаптарды және аяққиімдерді, оқшаулау штангілерді, саптары оқшауланған құралдарды және т.б. пайдалану болып табылады.

Басқа жолы — адам жақындайтын, және қалыпты жағдайда кернеуде болмайтын құралдар-жабдықтардың элементтерін жерге тұйықтау. Жерге тұйықталған жағдайда адам денесі жерлендіргішке параллель қосылады, оның кедергісі адам денесінің кедергісінен көп есе төмен. Сондықтан, оқшаулауды бұзу кезінде және құрал-жабдықтың корпусына адам денесі арқылы кернеу түскен жағдайда, оның денсаулығына қауіпсіз аздаған тоқ өтетін болады.

Машиналар мен механизмдердің тоқ өткізетін барлық бөлшектері тиісті қаптамалармен және қоршаулармен қорғалуы керек.

Адамды электр тогымен зақымдануынан қорғаудың өте ұтымды әдісі кез-келген төтенше жағдайда тоқты максималды жылдам сөндіру болып табылады. Сөндіру уақыты қауіпсіз тоқ мәнін анықтайды. Егер 1 с сөндіру уақытында 50 мА аз тоқ қауіпсіз деп саналса, 0,1 с аз сөндіру уақыты кезінде ол 400 мА ұлғаяды. Дәл осы сөндіру уақыты тез әсер ететін автоматты сөндіру мүмкіндігін беретін қорғаныстық ажырату қондырғысына (ҚАҚ) ие. Ол адамдарды электр тоғымен зақымдануынан қорғау үшін және электр құрал-жабдықтарының бұзылуы кезінде электр өткізгішіндегі қысқа тұйықталу немесе адамның электр құрал-жабдықтарының ашық өткізгіш бөлшектерімен кездейсоқ байланысуы салдарына жол бермеу үшін арналған.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКАНЫҢ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ПРОГРЕСС ДАМУЫНДАҒЫ РӨЛІ

Электр қуатынсыз ғылыми-техникалық прогресс мүмкін емес.

ГОЭЛРО жоспарын еске түсірейік, ол артта қалған Ресейді қысқа мерзім ішінде әлеуетті экономикалық дамыған державаға айналдырды.

Қазіргі уақытта Ресей жылына потенциалмен 900 млрд кВт- ч электр қуатын өндіреді, осы көрсеткіш бойынша әлемде төртінші орын алады.

Америка Құрама Штаты электр қуатын Ресейге қарағанда үш есе артық өндіреді, және әлемдегі техникалық дамыған мемлекет болып табылады.

Қытай соңғы 10 жылда электр қуатын өндіруді үш есеге өсірді, және 2011 жылы осы көрсеткіш бойынша АҚШ басып озып, әлемде бірінші орынға шықты. Нәтижесі ретінде — Қытай экономикасының тез өсуі, еңбек өнімділігінің жылдам артуы және өнімнің өзіндік құнының төмендеуі.

Бүгін біздің еліміз 67%электр қуатын жылу электр станцияларында (ЖЭС) өндіреді, оның тек 16 % (әлемде орташаға қарағанда 2 есе төмен) — көмір жағу есебінен. ЖЭС үшін жанармайдың негізгі түрлері мұнай және газ болып табылады. Ресей мұнай мен газдың зерттелген қорын пайдаланады, ол болжам бойынша 70 жылға ғана жетеді, бірақ көмір қоры жүз жылға жетеді. Сондықтан, біздің елімізде электр қуатын өндіруді дамытудың бірден-бір перспективасы жұмыс істеп тұрған жылу электр станцияларын қатты отынға — көмірге ауыстыру болып табылады.

Екіншісі — атомдық электр станцияларында (АЭС) өндірілетін электр энергиясының үлесін 2020 жылға 13-тен 25 % арттыру.

Өзен ағынын ұлғайту бойынша Ресей әлемде бірінші орындардың бірін алып отыр, сондай-ақ қалпына келетін энергияның тек 20% гидравликалық электр станцияларындағы электр қуатын өндіру үшін пайдаланылады.

Электр қуатын бүгін және ертең пайдалану саласындағы прогресс — ол бірінші кезекте электр қондырғыларының тиімді жұмысының коэффициентін арттыру, электр энергиясын өндіру және беру кезінде жоғалтуды қысқарту. Бүгінгі таңда, тоңазытқышты, теледидарды, шаңсорғышты, кір жуу машинасын сатып алған кезде, осы аспаптардың тұтыну қуатына қызығушылық танытамыз. Қымбат болса да энергияныүнемдейтін шамдарды жиі сатып аламыз – себебі орны толады. Өндірісте де дәл солай: ескі құрал-жабдықтардың және технологиялардың орнына заманауи энергия энергиясын үнемдейтінге ауыстыру шығынды қажет етеді, бірақ оның да орны толады ғой.

Электротехника даму бағыттарының бірі — энергиялық қондырғылардың экологиялық жағдайға әсерінің төмендеуі. Атмосфераны көмір, мұнай және газ жағу кезіндегі қалдықтармен ластауға, гидроэлектрстанцияларды салу кезінде мыңдаған гектар құнарлы жерлерді, ормандарды және бірқатар ауылдарды су басуға жол берілмейді. Экологиялық ахуалды жақсартуға бүгінде ғалымдардың, инженерлердің, технологтар мен құрылысшылардың күші бағытталған.

Ресейдің қабылданған электрификация жоспары 2020 жылға дейін — ол ГОЭЛРО жаңа жоспары. Ол электр энергиясының өндірісін потенциалмен 70% артуын көздейді, ол жылына 1 500 млрд кВт- ч дейін алуға мүмкіндік береді.

Атмосфераға тасталатын қоқыстың сапасын қатаң бақылай отырып АЭС 26 жаңа блогын іске қосу, ТЭС көмір жанармайына ауыстыру, кіші өзендерде микрогидроэлектр станцияларын қалпына келтіру және жаңа микрогидроэлектр станцияларын салу жоспарлануда.

Келешекте электр энергиясын өндіру үшін жаңартылатын энергияның күн, геотермиялық, жел, теңіз суының толысуының энергиясы және т.б. түрлері кеңінен қолданылатын болады. Бүгінде бүкіл әлемде осы бағытта қарқынды жұмыс жүргізілуде. Алдағы уақытта электр қуатын өндіру үшін күн, геотермалды,жел энергиясы, теңіз көтерілуі және т.б. сияқты қалпына келтірілетін энергия түрлері кеңінен пайдаланылатын болады. Осы мәселе бойынша бүгін әлем бойынша белсенді жұмыс істеуде.

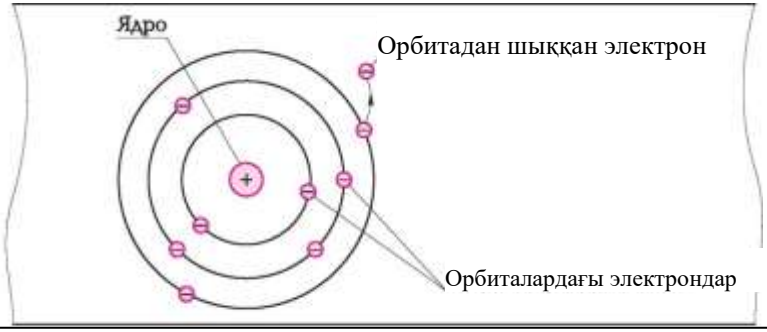
ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

1.1. ЭЛЕКТР ТОГЫНЫҢ ФИЗИКАСЫ.НЕГІЗГІ ЭЛЕКТР ӨЛШЕМДЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ӨЛШЕМ БІРЛІКТЕРІ

ТЕОРИЯ

Электр тогы деген не?

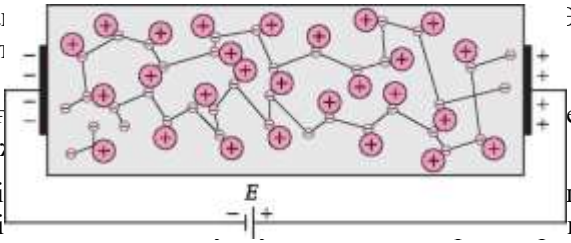
Барлық денелер атомдардан тұратыны белгілі. Атом ядродан және әртүрлі орбиталарда айналатын электрондардан тұрады (1.1-сурет). Электротехникаға ең алдымен алыс (сыртқы) орбиталарда айналатын электрондар қажет. Осындай электрондар ядромен ең кіші байланысқа ие, сондықтан атомнан шығып, ерікті болады. Сыртқы әсердің болмауынан бос электрондар ретсіз қозғалады. Сыртқы энергияның әсерінен олардың нақты бір бағытта ұйымдастырылып қозғалуына, яғни электрлік тоқ алуға ықпал етуге болады.



1.1-сурет. Атом схемасы

Бөлшектер жеңіл болса, оны қозғалысқа келтіруге де аз энергия жұмсалады.

Электрондарды бір бағытта жылжуын қамтамасыз ету үшін, сырттан энергияны шектен тыс пайдала[illegible] Өрістің әр нүктесі *потенциалмен* сипат[illegible]



U кернеуі— [illegible] потенциаллардың айырмашылы[illegible]ен екінші нүктеге ауыстыратын [illegible]

Өткізгіштің шеті[illegible]штерінің әсерімен өткізгіштің бір шеті[illegible]ы сипаттайтын *E электр қозғалтқыш күшімен* (ЭҚК) құрылады.

Егер тізбек ашылса, яғни жүктемеге қосылмаса, оның полюстердегі (қысым) кернеуі ЭҚК тең. Егер осы полюстерге жүктемені қосса (мысалы, шамды), яғни тізбекті ашса, сыртқы тізбекте *I* тоғы, ал жүктемеде — *U* кернеуі пайда болады. Осы кернеу ЭҚК қуат көзінің ішкі кедергісіндегі кернеудің түсу көлеміндей төмен болады r_0: $U = E - Ir_0$

E ЭҚК — бос жүрістегі қуат көзінің қысымындағы кернеуінің потенциалды мүмкіндігі (I = 0).

тоғы өтеді

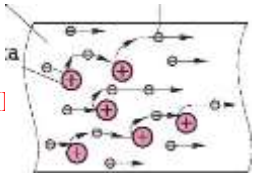
Өткізгіш арқылы жылжып, электрондар өз жолында бейтарап күйде тербелетін атомдарды кездестіреді. Атомдармен соқтығысып (1.-сурет), электрондар энергия көзінен алынған бөлшектерді береді. Басқаша айтқанда, электрондар өздерінің қозғалысында атомдар тарапынан кедергілерге ұшырайды.

Өткізгіштің *R кедергісі* электрондардың қозғалу кедергісіне, яғни тоқтың өтуіне ықпал етуін сипаттайды.

Ол өткізгіштің материалына байланысты, оның меншікті электрлік кедергісіне р не меншікті электрлік өткізгіштігіне у=1/р, сонымен қатарl өткізгішінің ұзындығына және S өткізгіштің көлденең қимасының алаңына

$$R = \rho\frac{l}{S} = \frac{l}{\gamma S}.$$

(ЕСКЕРТУ: ГРАФИКАЛЫҚ ФОРМУЛА СКРИ



1протон заряды электрон зарядына тең (q = 1,6- 10^{-19} Кл), электрон массасы протон массасынан 2 000 есе төмен.

Өткізгіштің кедергісі оның температурасына байланысты:

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)],$$

онда R_1, R_2— температура кезіндегі өткізгіштің кедергісі тиісінше T_1және $Г_2$; а — кедергінің температуралық коэффициенті.

Әр түрлі материалдар үшін р және а мағынасы анықтама әдебиеттерінде келтіріледі.

G өткізгіші R кедергісіне кері өлшемді атайды:

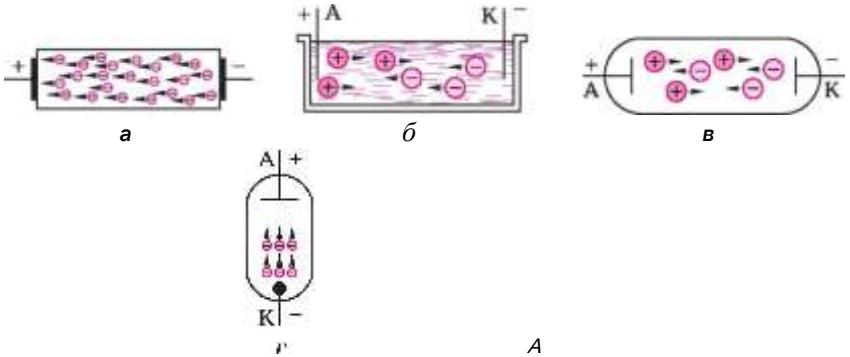
$$G = \frac{1}{R}.$$

P электр қондырғысының қуаты — қондырғының жұмысы жүргізілетін жылдамдық, яғни А электр қуатының энергияның басқа түрлеріне өзгеруі.

U кернеуіt уақытында *I* күші бар электр тогымен жүргізілетін жұмыс, *A = UIt* тең. Осыдан

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t} = UI = \frac{U^2}{R} = I^2R.$$

Металдарда (мыс, алюминий, күміс, болат және т.б.), көмірде және графитте электр тогы қозғалыстағы электрондармен құрылады (1.5,а-сурет). Осындай өткізгіштер бірінші түрдегі өткізгіштер деп аталады. Сұйық өткізгіштер мен газдарда (екінші түрдегі өткізгіштерде) электр тогы вакуумдарда оң және теріс зарядталған иондардың қозғалысы әсерінен құрылады (1.5.*б* және *в* –суреті);



1.5-сурет. Зарядталған бөлшектердің қозғалысы:
а – металдағы электрондар; *б* – сұйықтықтағы иондар; *в* – газдағы иондар; *г* – вакуумдағы электрондар; *д – р* түріндегі жартылай өткізгіштегі тесік

1.1 Кесте

Параметрі	Параметрлердің белгіленуі	Өлшем бірліктері (олардың белгіленуі)	Өлшем бірліктердің үлестік мәндері	Өлшем бірліктердің еселік мәндері
Кернеу	*U*	вольт (В)	мкВ, мВ	кВ, МВ
Ток күші	*I*	ампер (А)	мкА, мА	кА, МА
Кедергі	*R*	ом (Ом)	мкОм, мОм	кОм, МОм
ЭҚК	*E*	Вольт (В)	мкВ, мВ	кВ, МВ
Өткізгіш	*G*	сименс (См)	мкСм, мСм	кСм, МСм
Қуаты	*P*	ватт (Вт)	мкВт, мВт	кВт, МВт

Е с к е р т у: мк (микро) — 10^{6}; м (милли) — 10^{3}; к (кило) — 10^{3}; М (мега) — 10^{6}.

мысалы, электр шамы баллонының ішінде, — электрондардың К катодынан А анонына өту есебінен (1.5., г –сурет); жартылай өткізгіштерде (германий, кремний және т.б.) — жартылай өткізгіш түрінен электрондардың немесе тесіктердің қозғалу есебінен (1.5.д-сурет). Диэлектрикаларда (резеңке, фарфор, слюда және т.б.) бос электрондар мен басқа да бос бөлшектер жоқ, сондықтан электр тогы өтпейді (белгілі бір шектеудеге дейін —диэлектрикті тесіп өткенше).

Сондықтан, бірінші түрдегі өткізгіштерде:

- ток — электрондардың бағытталған қозғалысы;
- электрондар энергияны қуат көзін тұтынушыға тасымалдайды;
- Қуат көзінен алынған энергия жоғары болған сайын (яғни кернеу жоғары болған сайын), соғұрлым электр тогының күші артық болады;
- өткізгіш кернеуі жоғары болған сайын, тұтынушыға келіп түсетін электр тогының күші аз болады.

Аталған тұжырым Ом заңының өткізгішке арналған тұжырымдамасының бірі болып табылады:

$$I = \frac{U}{R}$$

Тұрақты тоқ электр тізбегінің негізгі параметрлері, олардың мәні мен өлшем бірліктері, сондай-ақ өлшем бірліктердің үлестік және еселік мәндері 1.1.-кестеде келтірілген. Енді, алған білімдерімізді пайдаланып, қарапайым электротехникалық есептерді орындауға тырысайық.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

1. Диаметрі d = 1 мм мыс өткізгіште тоқ тығыздығын есептеңіз, егер *I тоқ* күші 10 А тең болса. Егер мыс өткізгішті алюминийге ауыстырса, тоқ тығыздығы қалай өзгереді?

*Шешімі.*Өткізгіш қимасының көлемін анықтаймыз: $S = nd^2/4$ = = 3,14- $1^2/4$ = 0,785 мм^2.

Тоқ тығыздығын есептейміз: $j = I/S$= 10/0,785 = 12,7 А/мм^2.

Соңғы формуладан көріп отырғанымыздай, тоқ тығыздығы өткізгіш материалына байланысты емес, сондықтан алюминий өткізгіш үшін ол мыс өткізгіштегіндей болады.

*Жауабы.*Өткізгіштегі тоқ тығыздығы 12,7 А/мм^2.

2. Электр шамы арқылы өтетін тоқты және шамның қосылып тұрғандағы кедергісін есептеңіз, егер оның қуаты P = 75 Вт, ал кернеу U = 220 В.

Шешімі. Шамның қуаты $P = UI$, осыдан $I = P/U$ = 75/220 = = 0,341 А. Шамның кедергісін Ом заңы бойынша табамыз: $Я_л = U/I$ = = 220/0,341 = 645 Ом. Сондай-ақ $P = U^2/Л_л$пайдалануға болады. Онда R_A= U^2/P = 220^2/75 = 645 Ом.

*Жауабы.*Шамның жұмыс істеп тұрғандағы кедергісі 645 Ом, ол арқылы тоқ 0,341 А.

3. Қызу шамының жұмыс істеп тұрғандағы және сөніп тұрғандағы кедергісінің айырмашылығы қандай? Бастапқы деректер: электр шамының қуаты 60 Вт, кернеуі 220 В, қызу тізбегінің материалы вольфрам, жұмыс істеп тұрғандағы тізбек температурасы T_2 = = 3 000 °С, сөніп тұрғанда — T_1 = 20 °С.

Шешімі. Анықтамада вольфрамның салыстырмалы электр кедергісі р = 0,055 Ом- мм^2/м екенін, ал оның кедергісінің температуралық коэффициенті а = 0,0045 1/К екенін табамыз.

Шамның жұмыс істеп тұрғандағы кедергісін анықтаймыз: R_2= = U^2/P = 806,7 Ом.

Сөніп тұрғандағы шамның кедергісі R_1(T_1кезінде = = 20 °С), R_2= $R_1(1 + a(T_2 - T_1))$ табуға болады. Оған барлық мәндерді қойып, R_1= 56 Ом аламыз.

Осылайша, қызу шамының жұмыс істеп тұрғандағы кедергісі суық кездегі кедергіден әлдеқайда жоғары.

Токтар жұмыс істегенде және суық кезде нешеге тең екенін есептейміз.

Жұмыс кезінде I = 220/806,7 = 0,27А, суық кезде I = 220/56 = 3,9 А.

Шамның суық кездегі тоқ күші қысқа уақытта болса да, жоғары екенін көріп отырмыз, ол шамның оны жағу кезінде істен шығуының себебі болып табылады.

Жауабы. Қызу шамының жұмыс істеп тұрғандағы кернеуі суық (сөніп тұрған) кезге қарағанда әлдеқайда жоғары.

4. Көлденең қима көлемі бірдей өткізгіштер бойынша сол бір тоқтың өтуі кезінде дөңгеленіп қима өткізгішінің қызу температурасы шаршыға қарағанда, жоғары. Неліктен?

Шешімі. Өткізгішке өткізілетін жылу мөлшерімен және оның сыртқы қабаты арқылы өтетін жылу мөлшері арасындағы тепе-теңдік болғанға дейін, өткізгіш қызады. Өткізілетін жылу мөлшері тоқ өтетін өткізгіштің көлденең қима алаңы анықталады. Дөңгелек қима үшін $S_{RF} = \pi cP/4$,мұнда d — дөңгелек диаметрі, шаршы үшін — $5_{кв} = X^2$, мұндаX — шаршы қабырғасының ұзындығы $S_R p = Б_{кв}$ болғандықтан, $X = 0{,}886d$.

Өткізілетін жылу өткізгіштің сыртқы қабатының алаңымен анықталады. l өткізгіштердің сол бір ұзындығы кезінде дөңгеленіп өткізудің сыртқы қабатының алаңы $S^{кр} = ndl$ тең, ал шаршы— $S^{кв} = 4X1 = 4 - 0{,}886dl = 3{,}54dl$. Қатынасы S ™/$S^{кр}$ = = 3,54dl/(pdl) = 1,13.

Осылайша, шаршылыққимасы бар өткізгіштердің салқындау беті дөңгелекке қарағанда 13 %артық. Ол шаршылық қимасы бар өткізгіш дөңгелек қимасы бар өткізгішке қарағанда қызу процесінде баяу жүреді дегенді білдіреді.

Жауабы. Шаршылық қимасы бар өткізгіш баяу қызады, себебі оның салқындау алаңы дөңгелек қимасы бар өткізгішке қарағанда, жоғары.

5. Электрондарға өткізгіш бойынша жылжуға не кедергі келтіреді және температура артқан кезде өткізгіш кедергісі неге ұлғаяды?

Жауабы.Электрондарға өткізгіш бойынша жылжуға бейтарап күйде тербелетін атомдар кедергі келтіреді. Өткізгіш температурасының ұлғаюымен атомдардың тербелу жиілігі мен амплитудасы өседі, сондықтан электрондарға бір бағытта жылжу қиын.

6. Көлденең қиманың бірдей ұзындығы және алаңы кезінде қандай өткізгіш, мыс немесе алюминий қатты қызады:

а) ортақ бір токта;

б) сол бір кернеу кезінде?

Жауабы.Өткізгіштің қызуы тоқ күшімен және өткізгіш кедергісімен анықталатын электр тогының жұмысымен белгіленген. Алюминий өткізгіштің кедергісі мысқа қарағанда жоғары, себебі оның кедергісі жоғары.

Демек, ортақ тоқ кезінде оның жұмысы $A = ı^2Rt$ алюминий өткізгіш бойынша өткен кезде көп болады, ол алюминий өткізгіштің қызуы мысқа қарағанда жоғары болатынын білдіреді. Ал сол бір кернеу кезінде мыс өткізгіш тез қызады, себебі $A = (U^2/R)\ t$.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

7. Өткізгіштің көлденең қимасының аумағы неге тең, егер 150 А күші бар тоқ өтсе, ал тоқ тығыздығы 5 А/мм^{2}құраса?

8. Кернеуі 220 В желіге қосылған электр дәнекерлеуіші 0,3 А тогын тұтынады. Электр дәнекерлеуіштің кедергісін және қуатын анықтаңыз.

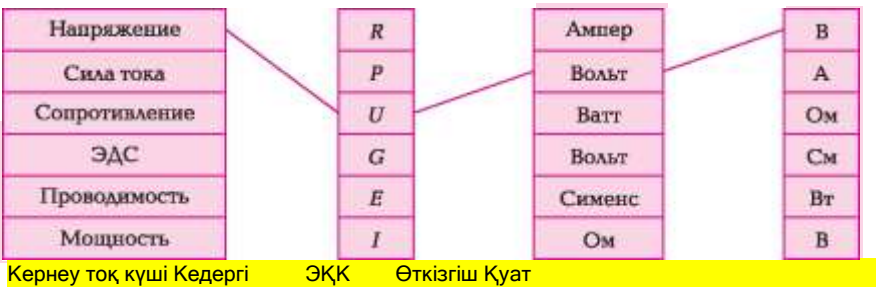
9. 20 °С температура кезінде мыс сымымен оратылған шарғының кедергісі 1,2 Ом тең. Оның 80 °С-тағы кедергісін анықтаңыз.

10. 36 В кернеу кезінде қуаты 40 Вт дәнекерлеуішті жөндеу үшін көлденең қима алаңы 0,02 мм^{2}сырты қапталмаған сым пайдаланылады. Сымның қажетті ұзындығын есептеңіз.

11. Температураның датчигі ретінде мыс сымы — мыс кедергісінің термометрі (МКТ) пайдаланылады. 270 °С температура кезіндегі датчиктің кедергісін анықтаңыз, егер 20 °С температура кезінде ол 200 Ом тең болса.

12. Платина кедергісінің термометрі (ПКТ) түріндегі датчик төмен температураны өлшеу үшін -180 °С пайдаланады. Сонымен қатар оның кедергісі 6 Ом тең. 20 °С қалыпты температура кезіндегі датчик кедергісін есептеңіз.

13. 1.6.-суретте сызықтармен көрсетілгендей, кернеу U латын әрпімен белгіленеді, вольтпен өлшенеді, өлшем бірлігі -



1.6.-сурет. Физикалық көлемнің атауы, мәні және өлшем бірлігі арасындағы сәйкестік (1.1-бөліміндегі 13 тапсырмаға)

— В белгіленеді. Дәл осылай тоқ күшіне, кедергіге, ЭҚК тиісті байланысты, өткізгішті және қуатты көрсетіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Электр тогы деген не?
   а) электрондардың ретсіз қозғалысы;
   б) электрондардың бағытты қозғалысы;
   в) протондардың қозғалысы;
   г) атомдардың реттік қозғалысы
2. Электрондар қалай зарядталған?
   а) теріс;
   б) оң;
   в) бейтарап;
   г) электрон зарядының белгісі ауысып отыруы мүмкін.
3. Адамға қандай токтар мен кернеулер қауіпсіз деп саналады?
   а) 0,1 А аз және24 В көп;
   б) 5 мА көп және 12 В;
   в) 50 мА аз және 36 В;
   г) 100 мА аз және 100 В.
4. Неге тек электрондар өткізгіштердегі электр тогын құруға қатысады?
   а) олар протондарға қарағанда көп;
   б) олар теріс зарядты;
   в) олар протондардан жеңіл;
   г) олар өз орбиталарынан шығып, бос болады.
5. Электрондарға өткізгіштерде жылжуға не кедергі етеді?
   а) молекулалар;
   б) атомдар;
   в) нейтрондар;
   г) протондар.
6. Өткізгіштердің кедергісі немен анықталады?
   а) материалмен;
   б) ұзындықпен;
   в) көлденең қиылысу алаңымен;
   г) барлық аталған көрсеткіштермен.
7. Кернеу деген не?
   а) екі нүкте потенциалының қатынасы;
   б) екі нүкте потенциалының сомасы;
   в) екі нүкте арасындағы потенциалдардың айырмашылығы;
   г) дұрыс жауабы жоқ.

8. Кернеуді екі есе ұлғайтса, тоқ күші қалай өзгереді?
   а) екі есе азаяды;
   б) екі есе артады;
   в) өзгермейді;
   г) болжау мүмкін емес.
9. Кедергіні екі есе ұлғайтса, тоқ күші қалай өзгереді?
   а) екі есе артады;
   б) өзгермейді;
   в) екі есе азаяды;
   г) болжау мүмкін емес.
10. Егер өткізгішті қыздырса, өткізгіш кедергісі қалай өзгереді?
   а) азаяды;
   б) өзгермейді;
   в) артады;
   г) болжау мүмкін емес.
11. Неліктен электр энергиясы өндірісте және тұрмыста кеңінен пайдаланылады?
   а) ол ұзақ қашықтыққа беріле алады;
   б) ол энергияның кез-келген түріне айнала алады
   в) ол тез беріледі;
   г) барлық жауаптар дұрыс.

1.2. ЭЛЕКТР ҚУАТЫНЫҢ КӨЗІ. ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ЗАҢДАРЫ

ТЕОРИЯ

1.2.1. Электр қуаты көзінің түрлері

Электр қуатының көздері, энергияның алуан түрін (химиялық, механикалық, жарықтық, жылу және т.б.) электр қуатына түрлендіру болып табылады. XVIII ғ. ортасында тұрақты тоқтың электр қуатының алғашқы көздері — химиялық энергия пайда болды.

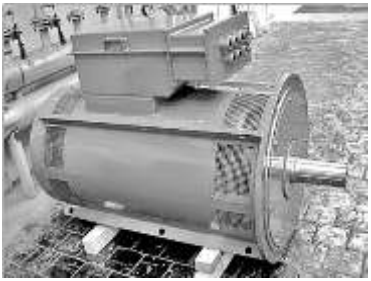
Химиялық энергия көздері электролиттер деп аталатын қышқыл, сілті және тұздардың ерітінділерін құрайды, оларға әр түрліэлектр өткізетін материалдардан алынған электродтар орналастырылған.

Мысалы, Вольт элементі сілтілік қышқыл ерітіндісіне салынған мыс пен цинктан жасалған пластиналар деп саналады. В. В. Петров 1802 жылы электр доғасын зерттеу үшін алғаш рет рет-ретімен байланысқан 4 200 мыс және цинк пластиналарынан жасалған батареяны пайдаланған. Сонымен қатар, батареяның жалпы ЭҚК потенциал мен 1 700 В теңестірілді. Электр тогының жанды ағзаға әсер етуін ашқан итальяндық ғалым Л. Гальванидің атымен осындай тоқ көздер гальваникалық элементтер деп аталды. Бүгінге дейін олар сағат, плеер, балалар ойыншықтарында, шамдарда және т.б. батарея түрінде кеңінен пайдаланылады (1.7.-сурет).

Аккумуляторлар — бұл да химиялық тоқ көздері, алайда олардағы электродтар тоқты кері бағытта жіберу кезінде өзінің қасиетін қалпына келтіретін материалдардан жасалған (аккумуляторды зарядтау).

Гальваникалық көздердің негізгі параметрлері олардың ампер-сағаттарда өлшенетін сыйымдылығы, яғни элементпен берілетін электр мөлшері болып табылады. Аз габаритті өлшемдердің, массаның, бағасының және қуаттандырудың басқа көздеріне тән қандай да бір пульсациялардың болмауы арқасында электрмен қуаттандырудың аз қуатты көздері ретінде кеңінен пайдаланылады.

Тұрақты және ауыспалы тоқтың электр машиналық генераторлары электромагнитті индукция тәсілін пайдаланады. Олар бүгінгі өнеркәсіпте, ауыл шаруашылығында, көлікте және тұрмыста электрмен қуаттандырудың негізгі көздері болып табылады.



1.8.-сурет. қуаты 4 МВт электр машиналық генератор

Жылу, атомдық және гидро-электр станцияларында қуаты үлкен электр машиналық генератор орнатылады (1.8.-сурет), олар бу-су турбиналарымен іске қосылады. Іштен жанатын қозғалтқыш генераторлардың демеушісі ретінде қызмет атқарады.

Жарық энергиясын фото элементтерін жартылай өткізгіштердің көмегімен электрлікке түрлендіретін *фотоэлектрлік тоқ көзі*бірінші кезектекүн сәулесінің қарқындылығы жоғары аймақтарда жұмыс істейтін объектілерде: ғарыш аппараттарында және планетааралық станцияларда (күн батареялары), тұрғын үйлерде (күн шатырлары), электр мобильдерінде және т.б. пайдаланылады. Олардың негізгі артықшылығы — пайдалану кезінде табиғатпен берілген күн энергиясын пайдалану.

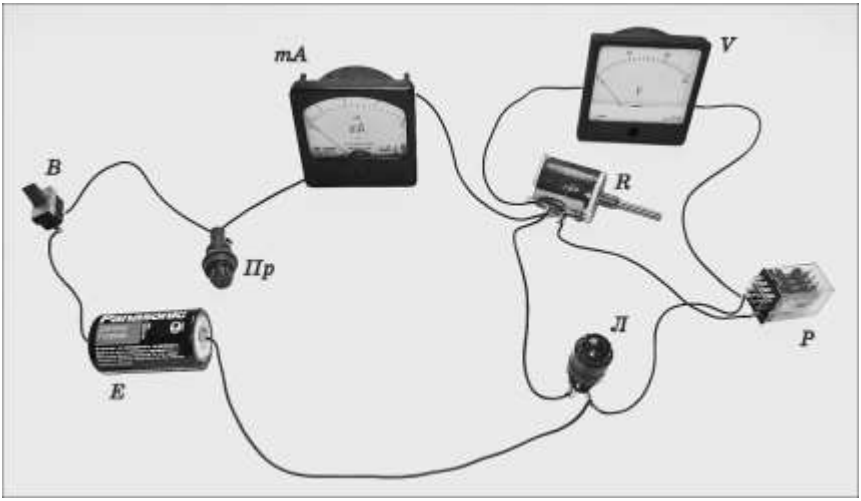
Термо ЭҚК көзі, жылу энергиясын бір шетінен дәнекерленетін екі әртекті өткізгіштің көмегімен электр қуатына айналдыратын электр энергиясы көзінің тағы да бір түрі. Термо ЭҚК көлемі үлкен емес: 5-10^{-5} В/°С потенциалмен. Сондықтан бұл қуат көзін температура датчиктері ретінде жиі пайдаланады.

Сонымен қатар электр энергиясының көзі ретінде *пьезоэлектрлік қайта қуаттау* қызмет етеді, олар кейбір материалдарды деформациялау кезінде пьезо ЭҚК өндеп шығарады, мысалы титан барий керамикасын немесе барийметаниобаты және қорғасын. Пьезо ЭҚК қуат көздері жүздеген вольтқа жетуі мүмкін, алайда олардың қуаты үлкен емес. Олар микрофондарда, дыбыс түсірілімдерінде, қысым датчигінде және деформацияда, пьезооттығында және т.б. пайдаланылады.

1.2.2. Электр тізбегі түсінігі

Электрондар энергияны қуат көзінен тұтынушыға беру мүмкіндігі болу үшін айналмалы қуат жолы керек. Электр тогының өтуін қамтамасыз ететін құрылғылардың жиынтығы *электр тізбегі* (ЭТ) деп аталады.

Оның негізгі элементтері мыналар:

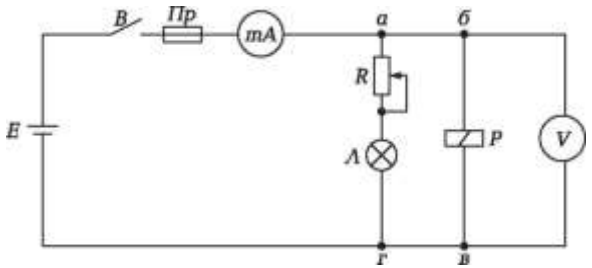


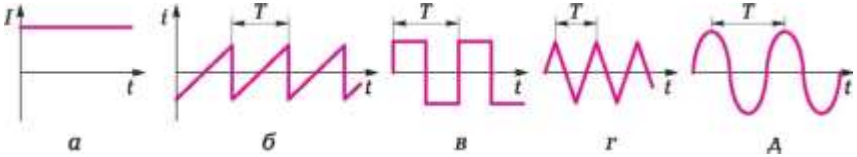
1.9.-сурет. Электр тізбегі

- Электр энергиясы көздері;
- Электр энергиясын қабылдауыштар;
- байланыстыратын сымдар.

Одан басқа, ЭТ құрамына қорғану құрылғылары (қорғағыштар, автоматты сөндірулер және т.б.), коммутациялық құрылғылар (сөндіргіштер, ажыратқыштар, өткізгіштер және т.б.) және өлшеу аспаптары (амперметрлер, вольтметрлер, ваттметрлер және т.б.).

1.9.-суретте қарапайым электр тізбегі көрсетілген, ол *E* көзінен (гальваникалық элемент), сымдардан, В сөндіргішінен, *Пр* қорғағышынан, өлшеу аспаптарынан (*mA* миллиамперметрлер және V вольметр) және R ауыспалы тізім, *Л* шам және Р электромагнитті реле түріндегі жүктемеден тұрады, ал 1.10-суретте — осы ЭТ ауыстырудың эквивалентті сызбасы.





1.11-сурет. Қисық ток:
а – тұрақты; *б* – ара тәрізді; *в* – тік төртбұрышты; *г* – үш бұрышты; *д* – синусоидалды; *Т* – тербелу кезеңі

Электр тізбегін қарастыру кезінде мынадай ұғымдар пайдаланылады:

• *тармақтар* — сол бір тоқ өтетін тізбек бөлігі(1.10-суретіндегі *а* — *г*; *б* — *в*);

• *торап* — кемінде үш тармақ байланысатын нүкте (а, г);

• *контур* — ЭТ тұйық участок (а — *б* — *в* — *г*).

Тұрақты тоқ — бұл ЭТ не көлемін, не бағытын өзгертпейтін ток. (1.11, а-сурет). Тұрақты токқа жататын барлық параметрлер латын бас әріптерімен (I, *U, E, R, G, P)* белгіленеді.

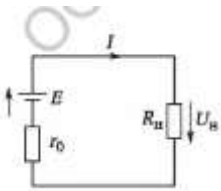
Ауыспалы тоқ — бұл ЭТ көлемі мен бағыты бойынша *жиі* ауысатын ток. Ауыспалы токқа жататын барлық электр параметрлерінің лездік мәні латын кіші әріптерімен (*i, u, e, r, g, p*)белгіленеді. 1.11, *б* — *д* – суретінде ауыспалы тоқ өзгерісінің ықтимал түрлерімен көрсетілген.

1.2.3. Электротехниканың негізгі заңдары

Кез келген ЭТ есептеу үшін Ом, Кирхгоф (өзінің заңдарын ол 26 жасында ашқан), Джоуль — Ленц және энергияны сақтау заңдары пайдаланылады.

Ом заңы— тұйық жазылмайтын электр тізбегіндегі тоқ (1.12-сурет) ЭҚК пропорционалды және толық кедергіге кері пропорционал:

$$I = \frac{E}{R_н + r_0},$$



R_H – тұтынушының кедергісі, r_0 – қуат көзінің ішкі кедергісі

Сурет 1.12 Тармақталмаған тұйық ЭТ схемасы

Ом заңы ЭТ бөлігі үшін мынадай теңділікке ие болады

$$I = \frac{U_н}{R_н},$$

мұнда$U_н$ — кернеудің $R_н$ кедергісіне түсуі.

Кирхгофтің Бірінші заңы (ереже) — ЭТ торабындағы токтардың алгебра сомасы нөлге тең:

$$\sum I = 0.$$

1.13, а-суретінде көрсетілген ЭТ учаскесінің *а* торабын қарастырайық. Оған I_1 тогы өтеді, ал I_2, I_3, I_4 токтары — шығады. Тоқтың торапқа өту бағытын оң деп санаса, онда тораптан бағытталған I_2, I_3, I_4 токтар теріс болып саналады. Онда $I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$, немесе $I_1 = I_2 + I_3 + I_4$.

Мысал.I_4 тогын табу (1.13, а-суретін қараңыз), егер I_1= 120 мА, I_2= 20 мА және I_3= 60 мА.

Шешімі: $I_4 = I_1 - I_2 - I_3$ = 120 - 20 - 60 = 40 мА.

в^= *Кирхгофтің Екінші заңы (ереже)* — ЭҚК алгебра сомасы кернеудің ЭТ тұйықталған контурына түсуіне тең:

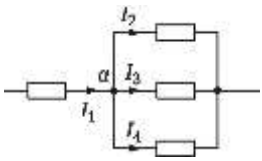
$$\Sigma E = \Sigma U = \Sigma IR$$

1.13, б –суретінде ЭҚК бағыттарын E_1, E_2, E_3 (ЭҚК бағыттары бөгде күштермен анықталады —«минус-тен» «плюске»), ЭТ *I* тогының шартты оң бағыты және R_1, R_2, R_3 резисторларда U_1, U_2, U_3 кернеулердің түсу бағытын анықтайды. ЭТ контурының сағат тілі бойынша айналып өтуін мынадай жазуға болады:

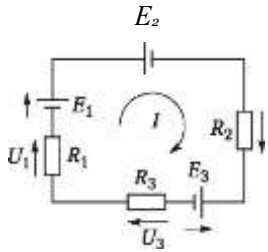
$$E_1 - E_2 - E_3 = U_1 + U_2 + U_3 = I(R_1 + R_2 + R_3 + r_{01} + r_{02} + r_{03}).$$

Мысал. 1.13, б-суретінде көрсетілген ЭТ үшін *I* тогын және R_3 резисторында кернеудің түсуін табу, егер E_1 = 20 В, r_{01} = 30 Ом, E_2 = 5 В, r_{02} = 10 Ом, E_3 = 10 В, r_{03} = 20 Ом, R_1= 70 Ом, R_2= 140 Ом, R_3= 230 Ом.

*Шешімі.*Бұрын алынған көрініске сәйкес $I = (E - E_2 - E_3)/(r_M + r_{02} + r_{03} + R_1 + R_2 + R_3)$ = (20 - 5 - 10)/(30 + 10 + 20 +



а



б

1.13-сурет. Кирхгофтің бірінші (*а*) және екінші (*б*) заңдарын түсіндіретін сызба

+ 70 + 140 + 230) = 5/500 = 0,01А = 10 мА. Кернеудің түсуі $U_3 = IR_3 =$ 0,01- 230 = 2,3 В.

Энергияны сақтау заңы (қуат балансы) — көздермен өңделетін электр энергиясы (қуаты) тұтынылатын жүктеме мен қосымша элементтердің энергиясына (қуатына) тең:

$$\sum P_{ист} = \sum P_{н} + \sum P_{всп}.$$

Мысал. 1.13, б-суретінде көрсетілген ЭТ үшін қуат балансынқұру.

*Шешімі.*Көздердің қуаты$\sum P_{ист} = E_1I - E_2I - E_3I$; жүктеме қуаты $\sum P_{н} = 1^2R_1 + 1^2R_2 + IU_3$;қосалқы элементтердің қуаты$\sum P_{всп} = I^2(r_{01} + r_{02} + r_{03})$. Осыдан энергия сақтау заңына сәйкес $E_1I - E_2I - E_3I = I^2R_1 + I^2R_2 + IU_3 + I^2(r_{01} + r_{02} + r_{03})$. Алдындағы мысалдан сандық мәндерді қойып, $20 \cdot 0{,}01 - 5 \cdot 0{,}01 - 10 \cdot 0{,}01 = 0{,}01^2 \cdot 70 + 0{,}01^2 \cdot 140 + 0{,}01 \cdot 2{,}3 + 0{,}01^2(30 + + 10 + 20)$, немесе 0,05 = 0,044 + 0,006 аламыз.

Осылайша, берілетін көздің қуаты (0,05 Вт), жүктемемен (0,044 Вт)және қосалқы элементтермен — көздердіңішкі кедергісімен (0,006 Вт) пайдаланатын қуаттың сомасына тең.

Ом мен Кирхгофтің заңдары ЭТ есептеу үшін пайдаланылады, энергияны сақтау заңы — есептің дұрыстығын тексеруге арналған.

Джоуль — Ленц заңы өткізгіште электр тогымен бөлінетін жылу саны, тоқ күші, оның өту уақыты және өткізгіш кедергісі арасындағы қатынасты белгілейді. Осы заңды ЭТ есептеу кезінде пайдалану жөнінде 1.4.2-бөлемде айтылған.

ТӘЖІРИБЕ

ЭТ элементтерінің шартты-графикалық белгілері

*Тапсырма:*оқулықтың 7-қосымшасын пайдаланып, 1.14-суретте аталған элементтердің шартты-графикалық белгісін көрсетіңіз.

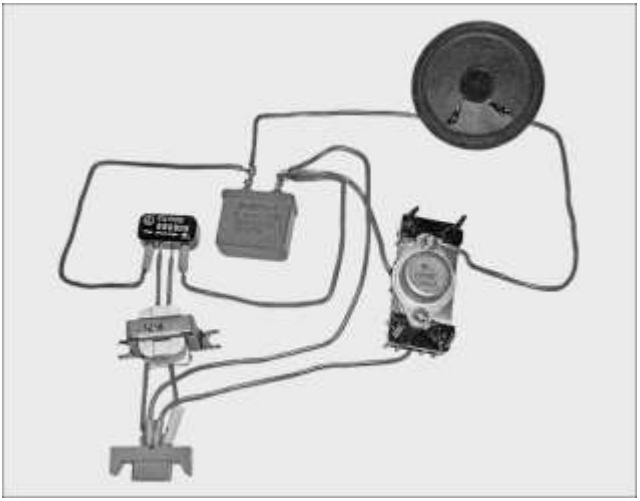
Үлгілік тапсырмаларды орындауға арналған мысалдар

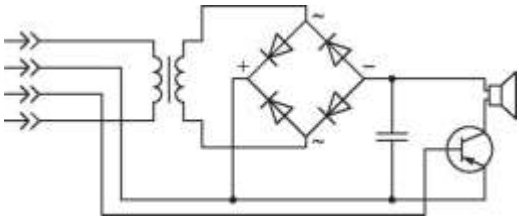
1. ЭТ ауыстырудың эквивалентті сызбасын құрыңыз, фотосы 1.15-суретте келтірілген.

ЭҚК көзі		**Ток аударғыш**	
Қорғауыш		**Сөндіргіш**	
Тұрақты резистор		**Ауыспалы резистор**	
Жарықдиод		**Геркон**	
Реле орамы		**Реле байланысы**	
Миллиамперметр		**Вольтметр**	
Динамик		**Транзистор**	
Диод		**Т рансформатор**	
Ағытпа		**Түзетуші көпір**	
Конденсатор			

1.14-сурет. ЭТ элементтерінің шартты-графикалық белгілері

ЭТ колодкадан (ағытпадан), трансформатордан, түзетуші көпірден, конденсатордан, динамиктен және транзистордан тұрады. Төрт тармақты қалыптың екі контактісіне трансформатордың біріншілік орамы қосылған, екінші орамға түзетуші көпір бойынша жиналған түзету блогы қосылған. Түзеткіш блоктың «+» және «-» шығу қысымына конденсатор мен транзисторы бар динамик қосылған. Динамик транзистор коллекторының тізбегіне қосылған. Транзистордың эмиттері түзету блогының «+» қысымына қосылған,





1.16.-сурет. 1.15-суретте көрсетілген ЭТ ауыстырудың эквивалентті схемасы

ол қалыптың үшінші контактісіне қосылған. Транзистордың базасы қалыптың төртінші контактісіне қосылған.

1.14-суретте келтірілген шартты-графикалық белгілерді пайдаланып, ауыстырудың эквивалентті схемасын көрсетеміз (1.16-сурет).

2. ЭТ қоректендіру көзінің ЭҚК 110 В тең, көздің ішкі кедергісі 2 Ом. Жүктемемен кезектесіп қосылған амперметр 5 А көрсетеді. Жүктеме кедергісі неге тең?

*Шешімі.*Ом заңына сәйкес ЭТ үшін $I = E/(R + r_0)$. Осыдан жүктеме кедергісі $R = (E - Ir_0)/I$ = (110 - 5- 2)/5 = 20 Ом.

*Жауабы.*Жүктеме кедергісі 20 Ом тең.

3. Номинальді кернеуі 110 В екі бірдей қызу шамды кернеуі 220 В желіге қосса, шамдар қалай жанатын болады:

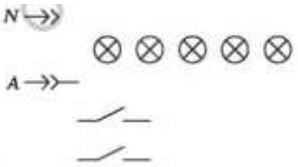
а) ретімен;

б) параллельді.

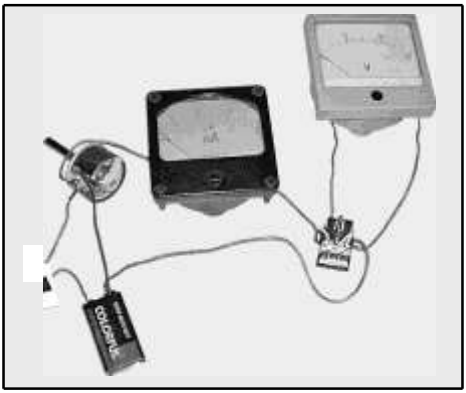
Жауабы. Кернеуі 220 В желіге шамдарды ретімен қосқан кезде әр шамға 110 В кетеді, бұл олардың номиналды кернеуіне сәйкес келеді. Сәйкесінше, шамдар номиналды жарық ағынын беріледі. Параллельді қосқан кезде әр шам кернеуге түседі, ол номинальдан екі есе арттық. Резисторда екі шамда жанып кетеді.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

4. 1.17-суретте қызу шамдарын бес тармақты аспалы шамға қосу сызбасы көрсетілген. екі ажыратқыш бар. Бірінші екі шамды қосады, екінші — үш шамды қосады. Екі ажыратқышты қосқан кезде барлық бес шам жанады. Сызбаны толықтырыңыз. **СЫЗБА ФОТОСЫ ЖОҚ**



1.17-сурет. 1.2 бөлігінің 4 тапсырмасына арналған схема



1.18-сурет.
1.2.-бөліміндегі 5-тапсырмаға ЭТ фотосы және ЭТ орнын ауыстырудың эквивалентті схемасы (бос орынға салыңыз)

5. 1.18-суретте көрсетілген ЭТ ауысуының эквивалентті сызбасын бейнелеңіз. Тізбекте электр магнитті реле бар, оның орауышы миллиамперметр арқылы гальваникалық тоқ көзінен ажыратқыш арқылы қоректенетін ауыспалы резистор қозғалтқышына қосылады. Реле орауышына параллель вольметр қосылған.

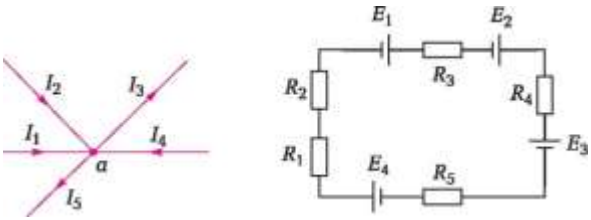
6. *а* торабынан шығатын $1_{3\ \text{тоқ}}$ күшін есептеңіз (1.19, а-суреті), егер 1_1 = 120 мА, 1_2 = 60 мА, 1_4 = 20 мА, 1_5 = 100 мА.

7. R_3 резистордағы кернеудің азаюын есептеңіз, (1.19, б-суреті), егер E_1 = 10 В, E_2 = 20 В, E_3 = 15 В, E_4 = 5 В, R_1 = 5 Ом, R_2= 4 Ом, R_3 = 10 Ом, R_4 = 6 Ом, R_5 = 15 Ом.

8. Қоректендіру кернеуі 220 В шырша гирляндысын әзірлеу үшін қанша бірдей шам қажет етіледі, егер әр шамда кернеу азаюы 3,5 В, шамның қуаты 0,35 Вт болса? Тұтынылатын тоқ пен қуаты неге тең?

9. Егер бір шам жанып кетсе, шырша гирляндысына не болады?

10. Шамдардың біреуінің контактісі қысқарса, шаршы гирляндасына не болады?



а *б*

1.19 сурет. 1.2 бөлімінің 6 (***а***) және 7 (*б*) тапсырмалары бойынша схема

Закон Ома	В узле $\Sigma I = 0$
Первый закон Кирхгофа	$\Sigma P_{ист} = \Sigma P_{н}$
Второй закон Кирхгофа	$I = U/R$
Закон сохранения энергии	$W = I^2Rt$
Закон Джоуля – Ленца	В замкнутом контуре $\Sigma E = \Sigma IR$

1.20-сурет. Электротехниканың негізгі заңдарының атаулары мен формулаларының байланысын көрсететін схема(1.2-бөліміндегі 13-тапсырмаға)

Ом заңы Кирхгофтің Бірінші заңы Кирхгофтің Екінші заңы Энергияны сақтау заңы Джоуль-Ленц заңы	Тұйық контурда

11. Электротехника зертханасын 36 В кернеумен қуаттану үшін желінің көлденең қима алаңы 16 мм^{2}мыс сымнан жасалған, ұзындығы 23 м екісымды желі пайдаланылады. Зертхананың жалпы тұтынатын тогы 20 А тең. Егер мыс сымды, қимасы сондай алюминий сымға ауыстырса, өткізілген сымдардағы кернеудің азаюы қалай өзгереді?

12. Екі бөлмелі пәтерді жарықтандыру үшін тәулігіне 5 сағат жанатын, қуаты 20 Вт төрт энергия үнемдеуші шамдар, және тәулігіне 2 сағат жанатын, қуаты 75 Вт алты қызу шамы пайдаланылады. Бір айда пайдаланылатын электр қуатын анықтаңыз.

13. 1.20-суретте тік сызықтардың көмегімен заңның атауы мен оның белгісі арасындағы өзара байланысты көрсетіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Электр тізбегі деген не?
   а) өлшеу аспаптарының, резисторлардың, конденсаторлардың және индуктивті шарғылардың жинағы;
   б) электр тогының өтуін қамтамасыз ететін құрылғылардың жиынтығы;
   в) электромагнитті процестер электр қозғалтқыш күш, тоқ және кернеу жөніндегі түсініктің көмегімен сипатталатын құрылғылардың жиынтығы;
   г) құрылғыларды, амперметрлерді коммутациялайтын кедергілер.
2. Электр тізбегінің құрамына қандай негізгі құрылғылар кіреді?
   а) резисторлар, конденсаторлар, индуктивті орауыштар;
   б) тоқ көздері, тұтынушылар,сымдар;

в) шамдар, өлшеу аспаптары, ажыратқыштар;
г) кедергілер, коммутациялайтын құрылғылар, амперметрлер.

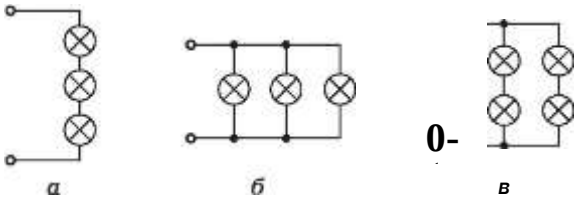
3. Қандай қосымша құрылғылар электр тізбегінің құрамына кіреді?
   а) резисторлар, конденсаторлар, индуктивті шарғылар;
   б) қуат көздері, тұтынушылар, сымдар;
   в) шамдар, қызу құрылғылары, ажыратқыштар, амперметрлер;
   г) кедергілер, коммутациялайтын құрылғылар, өлшеу аспаптары.
4. Ом заңына *дұрыс емес*өрнекті көрсетіңіз:
   а) $U = IR;$
   б) $I = U/R;$
   в) $R= U/I;$
   г) $I = UR.$
5. Кирхгофтің бірінші заңының дұрыс тұжырымдамасын көрсетіңіз:
   а) электр тізбегінде тоқтың алгебра сомасы нөлге тең;
   б) электр тізбегінің торабындағы токтардың алгебра сомасы нөлге тең;
   в) электр тізбегіндегі тұйық контурда токтардың сомасы нөлге тең;
   г) дұрыс жауап жоқ.
6. Кирхгофтің екінші заңының дұрыс тұжырымдамасын көрсетіңіз:
   а) электр тізбегіндегі кернеу сомасы нөлге тең;
   б) ЭҚК тұйық контурдағы алгебра сомасы кернеу төмендеуінің сомасына тең;
   в) электр тізбегінің торабындағы токтардың сомасы нөлге тең;
   г) дұрыс жауап берілмеген.

ЭЛЕКТР ҚУАТЫНЫҢ ҚАБЫЛДАҒЫШТАРЫ МЕН тоқ КӨЗДЕРІН ҚОСУ СЫЗБАСЫ

ТЕОРИЯ

1.3.1. Электр қуаты қабылдағыштарын байланыстыру әдісі

Кез келген ЭТ электр қуатының көздерін (генераторларды, аккумуляторларды, батареяларды) және электр қуатын



1.21-сурет. Шамдарды қосу схемасы: *а* – реттік; *б* – параллельді; *в* – аралас

тұтынушыларды (жылытқыштар, жарық беру аспаптары, реле, қозғалтқыштар және т.б.) қамтиды.

Қуат көзі *E* электр қозғаушы күштермен және r_0ішкі кернеумен сипатталады. Тұрақты тоқтың электр тізбегін қабылдаушыларR белсенді кедергі көлемімен сипатталады. Сонымен қатар, олар қуаттандыру көзіне рет-ретімен (шырша гирляндасы), паралельді (өнеркәсіп және тұрмыстық үй-жайларды, көшелерді жарықтандыратын шамдар) немесе аралас қосылуы мүмкін.

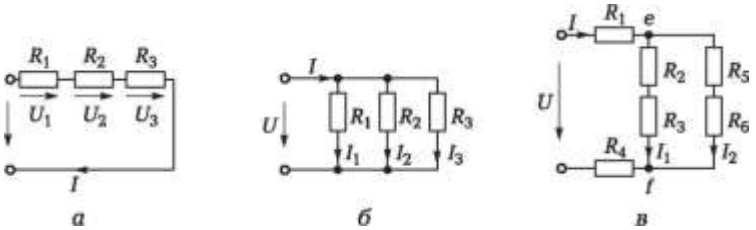
Тізбек элементтерін *рет-ретімен* қосу кезінде (1.21, а –сурет) бірінші тұтынушы тізбегінің соңы екінші тұтынушы тізбегінің басымен, екінші тұтынушы тізбегінің соңы — үшінші тұтынушы тізбегінің басымен және т.б. байланысады. Тұтынушылардың бірінші тізбегінің басы және соңғы тізбектің аяғы қуаттандыру көздерінің қысымына қосылады.

Әр қабылдаушының кедергісіне (1.22, а-сурет)ток күшімен және кедергімен анықталатын кернеу түседі:

$$U = R\ U_2 = IR_2,\ U_3 = IR_3.$$

Кирхгофтің екінші заңына сәйкес

$0 = U + U_2 + U_3 - U$, немесе $U = U + U_2 + U_3$.



1.22-сурет. 1.21-суретте көрсетілген шамдарды қосу схемасына сәйкес ауыстыру сызбасы

а – кернеуді ретімен қосу; *б* – параллель; *в* – аралас.

Ток осындай тізбекте барлық қабылдаушы құрылғыға жалпы болғандықтан, соңғы шартты I тоқ күшіне бөліп,

$R = R_1 + R_2 + R_3$ аламыз.

Барлық тізбектің жалпы R кедергісі қабылдаушыларды ретімен қосу кезінде меншік тұтынушыларының кедергі жиынтығына тең.

Алынған шартты I^2 көбейтіп, $I^2R = I^2R_1 + I^2R_2 + I^2R_3$,

немесе

$$P_{ЭЦ} = P_1 + P_2 + P_3\text{-аламыз.}$$

ЭТ тұтынылатын қуаты тізбектің әр элементімен қабылданатын қуаттың жиынтығына тең. Қуат көзінен берілетін қуаты барлық тізбекпен тұтынылатын қуатқа тең.

Қабылдаушы құрылғыларды параллель қосу кезінде (1.21, *б* және1.22, *б*-суреттері) олардың тізбектерінің басы бір нүктеге (торап), ал шеттері – басқа нүктеге қосылады. Екі нүкте (торап) де қуаттандыру көздерінің аттары әртүрлі қысымдарға қосылады.

Кирхгофтің бірінші заңына сәйкес токтардың алгебралық анықтамасы ЭТ кез келген торабы үшін нөлге тең, сондықтан параллель байланысу кезінде

$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0, \text{ немесе } I = I_1 + I_2 + I_3$$

Кернеу барлық қабылдау құрылғылары үшін бірдей болғандықтан, Ом заңына сәйкес

$$I_1 = \frac{U}{R_1};\quad I_2 = \frac{U}{R_2};\quad I_3 = \frac{U}{R_3};\quad I = \frac{U}{R},$$

ол,

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}.$$

Осыдан

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3},$$

немесе

$G = G_1 + G_2 + G_3$,

мұнда$G = 1/R$ — көлемі,кедергіге кері, — сименспен (См) өлшенетін жалпы өткізгіштік.

Тұтынушыларды параллель қосу кезінде жалпы өткізгіштік жеке тұтынушылардың өткізгіштіктерінің сомасына тең.

Жалпы кедергі үшін мынаны жазуға болады

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}},$$

Осы шартты U^2 көбейтіп,

$$\frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2} + \frac{U^2}{R_3},$$

немесе

$P = P_1 + P_2 + P_3$ аламыз.

Элементтерді параллель қосу кезінде, ретті қосу кезіндегідей ЭТ тұтынатын қуаты тізбектің әр элементімен тұтынылатын қуаттың сомасына, сондай-ақ қуат көзімен берілетін қуатқа тең.

Тұтынушы құрылғыларды *араластырып* қосу кезінде ЭТ есептеу (1.21, *в*және1.22, в-суреттері) бұрын алынған қатынас негізінде орындалуы мүмкін. Осылайша, тізбектің жалпы кедергісі

$$R = R_1 + R_{ef} + R_4,$$

мұнда

$$R_{ef} = \frac{1}{\frac{1}{R_2 + R_3} + \frac{1}{R_5 + R_6}}.$$

Қуаттардың балансына арналған өрнекке сәйкес қуат көзімен берілетін қуат тізбектің әр элементімен тұтынылатын қуат сомасына тең:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6.$$

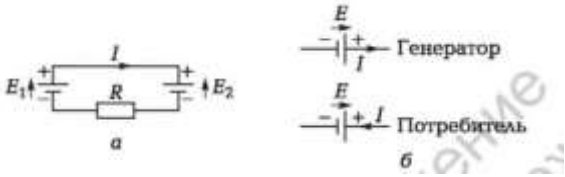
1.3.2. Электр қуаты көздерінің байланысу жолы

Энергия көздерінің байланысуы реттік, параллель және топтық болуы мүмкін.

Реттік байланысу (1.23, 2-сурет) қуаттандыру кернеуін арттыру үшін пайдаланылады.

а *б*

1.23-сурет. Қуат көздерін қосу схемасы:
а – реттік; *б* – параллель



Генератор - Генератор
Потребитель - Тұтынушы
1.24-сурет. Қуат көздерді қарама-қарсы қосу: *а* – қосу схемасы; *б* – қуат көздерінің жұмыс режимі

Бір типті қуат көздерін осылайша қосады. Сонымен қатар, олардың ЭҚК

*Е*жәнеr_oішкі кедергісі қосылады, нәтижесінде ЭҚК $E_э$эквиваленті бар бір көз және $r_{0э}$ эквивалентті ішкі кедергісі бар қуат көзіпайда болады.

$$E_э = \sum E; \quad r_{0э} = \sum r_0.$$

Параллель байланысу (1.23, *б*-сурет) *қуат* көздерінің қуатын арттыру үшін пайдаланылады. Осылайша ЭҚК көлемібірдей көздері қосылады. Сонымен қатар, эквивалентті ЭҚК қуат көзі ЭҚК тең, ал $r_{0э}$эквивалентті ішкі кедергі параллель қосылған резисторлардың эквивалентті кедергісі ретінде

$$E_э = E; \quad r_{0э} = \frac{1}{\sum \frac{1}{r_0}}.$$

Топтық байланыс қуатты және кернеуді арттыру үшін қызмет етеді. ЭТ бір-біріне қарама-қарсы қосылған бірнеше қуат көздерімен (1.24-сурет) (мысалы, аккумулятор және оның зарядтау құрылғысы) генератор режимінде жұмыс істейтін қуат көздерін және тұтынушы режимінде жұмыс істейтін көздерді ажырата білу керек.

Кирхгофтің екінші заңына сәйкес $E_1 - E_2 = IR$. Егер $E_1 > E_2$, тоқтың бағыты ЭҚК E_1бағытымен сәйкес келеді, оның қуат көзі генератормен жұмыс істейді, және ЭҚК E_2 бағытына қарама-қарсы, оның көзі тұтынушымен жұмыс істейді.
Егер $E_1 < E_2$ болса керісінше келеді.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

1. R_1= 10 Ом, R_2= 5 Ом, R_3= 4 Ом, R_4= 8 Ом кедергілері бар төрт параллель қосылған резисторлардан тұратын тармақтар бар (1.25-сурет). Тармақтану нүктесіне өтетін I тоқ 20 А тең. Әр тармақта өтетін тоқты анықтаңыз.

Шешімі. Параллель қосылған резисторлардың эквивалентті кедергісін есептеңіз:

R_{3ra}=1/(1/R_1+ 1/R_2+ 1/R_3 + 1/R_4) = 1/(1/10 + 1/5 + 1/4 + 1/8) = 1,48 Ом.

Кернеудің өтетін токтан пайда болатын R_{3ra} кедергісіне азаюын анықтаңыз:

$$U = R_{3ra}I = 1{,}48 - 20 = 29{,}6 \text{ В}.$$

Ом заңына сәйкес әр тармақтағы тоқты есептеңіз:

$$I_1 = U/R_1 = 29{,}6/10 = 2{,}96 \text{ А}; \; I_2 = U/R_2 = 29{,}6/5 = 5{,}92 \text{ А};$$

$$I_3 = U/R_3 = 29{,}6/4 = 7{,}4 \text{ А}; \; I_4 = U/R_4 = 29{,}6/8 = 3{,}7 \text{ А}.$$

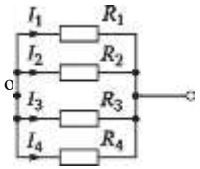
Кирхгофтің бірінші заңын пайдаланып, есептердің дұрыстығын тексереміз, оған сәйкес $\Sigma I = 0$. Бұл жағдайда

$\Sigma I = I-(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) = 20 - (2{,}96 + 5{,}92 + 7{,}4 + 3{,}7) = 0{,}02$ А.

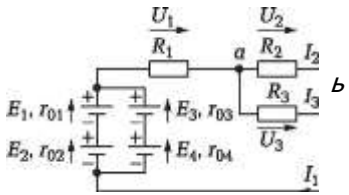
Тораптағы токтардың сомасы нөлге жақын, яғни тапсырма дұрыс орындалды.

*Жауабы.*Тармақтардағы токтар тең, тиісінше 2,96 А; 5,92 А; 7,4 А; 3,7А.

2. Бірнеше қуаттандыру көздері бар және қабылдағыштарды аралас қосулары бар қарапайым ЭТ үшін (1.26-сурет) ЭҚК және көздердің ішкі кедергілері, сондай-ақ қабылдағыштардың кедергілері белгілі. Тармақтардағы токтарды және тораптың әр элементіндегі кернеудің түсуін анықтаңыз. Қуат балансының теңдеуін құрып, есептердің дұрыстығын тексеріңіз.



1.25-сурет. 1.3.-бөлімдегі 1-тапсырмаға қалыпты ЭТ есептік схемасы



1.26-сурет. 1.3.-бөлімдегі 2-тапсырмаға ЭТ схемасы

Берілген: E_x = E_2 = E_3 = E_4 = E_o = 4,5 В. r_{0i}= r_{o2}= $r_{ю}$ = r_{o4}= r_o= 1 Ом; R= = 20 Ом, R_2= 40 Ом, R_3= 60 Ом.

Табу керек: I_1, I_2, I_3, U_1, U_2, U_3, $U_{r0э}$.

*Шешімі.*Жүктеменің эквивалентті кернеуі ЭЦ

$$R_3 = R_1 + 1/(1/R_2 + 1/R_3) = 44 \text{ Ом}.$$

Қуаттандыру көзінің эквивалентті ЭҚК

$$E_э = E_1 + E_2 = 2E_0 = 9 \text{ В}.$$

Қуаттандыру көзінің эквивалентті ішкі кедергісі

$$r_{0э} = 1/(2/r_{0)} + 1/(2/r_0) = 1 \text{ Ом}.$$

ЭТ толық тогы

$$I_1 = E_э/(R_э + R_{0э}) = 9/(44 + 1) = 0{,}2 \text{ А}.$$

a — *b* учаскесінде кернеудің түсуі

$$U_{ab} = U_2 = U_3 = I_1\ (1/(1/R_2 + I/R_3)) = 0{,}2 \bullet 24 = 4{,}8 \text{ В}.$$

R_2 резисторы арқылы ток

$$12 = U_{ab}/R_2 = 4{,}8/40 = 0{,}12 \text{ А}.$$

R_3 резисторы арқылы ток

$$13 = U_{ab}/R_3 = 4{,}8/60 = 0{,}08 \text{ А}.$$

R_1 резисторында кернеудің төмендеуі

$$U_1 = I_1R_1 = 0{,}2\text{- } 20 = 4 \text{ В}.$$

$r_{0э}$ көзінің эквивалентті ішкі кедергісінде кернеудің түсуі

$$U_{r0э} = I_1 r_{0э} = 0{,}2 \cdot 1 = 0{,}2 \text{ В}.$$

R_1, R_2, R_3 резисторында таралатын қуат

$$P_1 = I_1^2R_1 = 0{,}8 \text{ Вт};\ P_2 = I_2^2R_2 = 0{,}576 \text{ Вт};\ P_3 = I_3^2R_3 = 0{,}384 \text{ Вт}.$$

Қуат көздермен берілетін қуат,

$$P_{ист} = I1(E1 + E_2) = 2EoI_1 = 1{,}8 \text{ Вт}.$$

Қуат көздерінің ішкі кедергісінде жұмсалатын қуат,

$$Pr_{0э} = Il^2_{roэ} = 0{,}04 \text{ Вт}.$$

Қуат балансын пайдаланып, есептердің дұрыстығын тексереміз:

$$P_1 + P_2 + P_3 + Pr_{0э} = 0{,}8 + 0{,}576 + 0{,}384 + 0{,}04 = 1{,}8 \text{ Вт} = P_{ист}.$$

Қуат балансы сақталады, тиісінше ЭТ есебі дұрыс орындалды.

*Жауабы.*Тармақтардағы ток: I = 0,2 А; 1_2 = 0,12 А; 1_3 = 0,08 А. Кернеудің төмендеуі: U_1= 4 В; U_2= U_3= 4,8 В; $U_{r0э}$ = 0,2 В.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

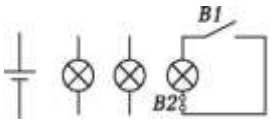
3. 1.27-суретте көрсетілген сызбаны шамдар рет-ретімен қосылып, қуаттандыру көзіне қосылатындай етіп салып аяқтаңыз. *B1* ажыратқышты қосылған қалыпқа ауыстырса, шамдарға не болады? *B2* ажыратқышты қосылған қалыпқа ауыстырса, шамдарға не болады?

4. 1.28-суретте көрсетілген схеманы шамдар параллель қосылып, қуаттандыру көзіне қосылатындай етіп салып аяқтаңыз. *B1* ажыратқышты қосылған қалыпқа ауыстырса, шамдарға не болады? *B2* ажыратқышты қосылған қалыпқа ауыстырса, шамдарға не болады?

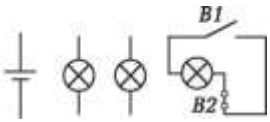
5. 1.29, *а*-суретте көрсетілген схемада тізбектің эквивалентті кедергісі неге тең, егер әр резистордың кедергісі 30 Ом болса?

6. 1.29, *б*-суретте көрсетілген схемада тізбектің эквивалентті кедергісі неге тең, егер *R*= 50 Ом болса?

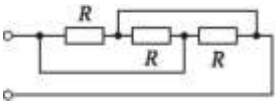
7. ЭТ эквивалентті кедергісіне шартты жазыңыз, ауыстыру схемасы 1.30-суретте келтірілген.



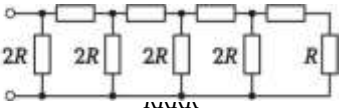
1.27-сурет.1.3-бөлімдегі 3-тапсырмаға арналған схема



1.28-сурет. 1.3-бөлімдегі 4-тапсырмаға арналған схема

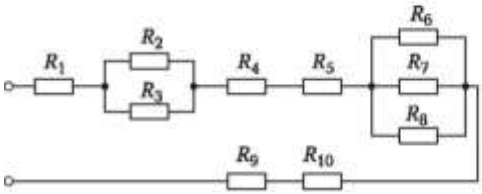


а

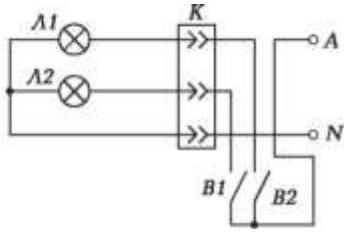


б

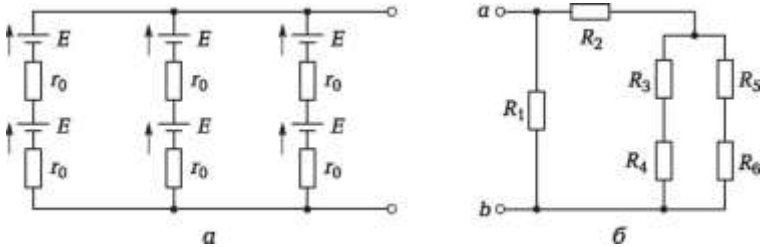
1.29. 1.3.-бөлімдегі 5 (*а*) және 6 (*б*) тапсырмаларға арналған схема



1.30. 1.3.-бөлімдегі
7-тапсырмаға арналған схема



1.31. 1.3-бөлімдегі
8-тапсырмаға арналған схема



1.32-сурет. 1.3.-бөлімдегі 9 (*а*) және 10 (*б*) тапсырмаларға арналған схема

8. Үш контакті *К* қалыпқақосарланған *В1* - *В2* ажыратқыш арқылы қосылған жарықшамның екі шамы параллель қосылған. (1.31-сурет). Сымдардың шеттерін *К* колодкаға тек *В1* ажыратқышытұйықталу кезінде *Л2* шамы толық кернеуде болып, ал *В2*ажыратқышытұйықталу кезінде екі шамның кернеуі жарты шамаға теңесетіндей болу үшін қалай қайта қосу керек (схемада көрсетіңіз).

9. Эквивалентті ЭҚК және ЭТ қоректендіру көзінің ішкі кедергісін есептеңіз, оның сызбасы 1.32, *а*-суретте келтірілген, егер E = 1,5 В, r_o = 1,5 Ом.

10. Энергияның аралас қосылған қабылдағыштары бар жай ЭТ үшін (1.32, *б*-сурет) қабылдағыштардың кедергісі мәлім: R_1= 20 Ом, R_2= 5 Ом, R_3= 10 Ом, R_4= 20 Ом, R_5 = 20 Ом, R_6 = 10 Ом. Тізбектің *a* және *b* нүктелері арасындағы эквивалентті кедергіні анықтаңыз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Электр қуаты қабылдағыштары қалай қосылуы мүмкін?
   а) ретті;
   б) параллель;
   в) аралас;
   г) аталған әдістердің кез келгенімен.

2. Электр қуатының көздері қалай байланысуы мүмкін?
   а) реттік;
   б) параллель;
   в) топтық;
   г) аталғандардың кез-келгені.
3. Электр тізбегіне амперметрді қалай қосады?
   а) жүктемемен рет-ретімен;
   б) параллель;
   в) аралас;
   г) қалай ыңғайлы.
4. Электр тізбегіне номинальдідан артатын, құрал-жабдықтарды токтардан қорғайтын қорғағыштарды қалай қосады?
   а) құрал-жабдықтармен рет-ретімен;
   б) параллель;
   в) аралас;
   г) ыңғайға қарай.
5. Қоректендіру кернеуін арттыру үшін бірнеше қуат көзін қалай қосу керек?
   а) параллель;
   б) ретімен;
   в) жұлдызша;
   г) қалай қосса да арттыру мүмкін емес.
6. Шамдарды шырша гирляндасында қалай қосады?
   а) параллель;
   б) ретімен;
   в) жұлдызша;
   г) әдемі болатындай.
7. Жарықтандыру шамдарын қандай жағдайда параллель қосады?
   а) тұрмыстық үй-жайларды жарықтандыру кезінде;
   б) өнеркәсіптік үй-жайларды жарықтандыру кезінде;
   в) көшелерді жарықтандыру кезінде;
   г) барлық аталған жағдайларда.
8. Электр тізбегінде ретімен қосылған шамдардың бірі жанып кетсе не болады?
   а) қалған шамдар аз қызумен жанады;
   б) қалған шамдар жанып кетеді;
   в) қалған шамдар сөніп қалады;
   г) қалған шамдар жарығырақ жанады.
9. Электр тізбегінде ретімен байланысқан шамдардың бірінің шеті тұйықталса не болады?
   а) қалған шамдар аз қызуменжанады;

б) қалған шамдар жанып кетеді;
в) қалғаншамдар сөніп қалады;
г) қалған шамдар жарығырақ жанады.

10. Электр тізбегіне вольтметрді қалай қосады?
а) ретімен;
б) параллель;
в) аралас;
г) ыңғайға қарай.

ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІНІҢ ЖҰМЫС РЕЖИМІ. СЫМДАРДЫҢ ЕСЕБІ. ТАРМАҚТАЛҒАН ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

ТЕОРИЯ

1.4.1. Электр тізбектерінің жұмыс режимі

Электр тізбегі төрт негізгі режимде жұмыс істейді.

• *Номиналды режим* — әзірлеуші зауытпен ұсынылатын режим. Номиналды деректер анықтама әдебиетінде және төлқұжат деректерінде ескертіледі.

Мысалы, резистор үшін кедергі мен қуаттың номиналды мәні көрсетіледі, конденсатор үшін – сыйымдылықтың және жұмыс кернеуінің номиналды мәні, генератор үшін – кернеу мен тоқтың номиналды мәні көрсетіледі. Соңғы жағдайда тоқтың номиналды мәні деп генераторы ұзақ уақыт сыртқы тізбекке қызбай берілетін ток.

• *Бос жүріс (БЖ) режимі* – қуат көзі немесе қабылдағыш арқылы тоқ өтпейтін режим ($I_{БЖ}$= 0). Осы жағдайда қуат көзіндегі кернеу оның ЭҚК-не тең.

• *Қысқа тұйықтандыру* (ҚТ) режимі – қуат көзі, қабылдағыш немесе ЭТ басқа элементтерінің қысымы өзара немесе ең аз кедергі арқылы (мысалы, қателесіп жүктемеге параллель қосылған амперметр арқылы) байланысқан режим.

ҚТ режим апатты болып табылады, себебі қысқа тұйықталған тоқ көп есе қондырғының номиналды тогынан артады және оның зақымдануына әкеп соғады.

Қысқа тұйықталатын токтан қорғану үшін тоқтың нақты мәніне есептелген қорғағыштар мен автоматты ажыратқыштар пайдаланады.

• *Келісілген режим* – қуат көзінен тұтынушыға берілетін қуат максималды болатын режим.

Бір қарағанда, бұл қолайлы режим. Қуат көзінен жүктемеге максималды қуат $Я_н = r_0$ берілетін болғандықта, пайдалы әрекет коэффициенті (ПӘК)

$$\eta = \frac{P_н}{P_{ист}} = \frac{U_н I}{EI} = \frac{U_н}{E} = \frac{R_н + r_0}{E} = \frac{R_н}{R_н + r_0} = 0{,}5.$$

Бұл режим жалпы электротехника өлшемі бойынша рационалды болып табылмайды. Энергетикалық қондырғылар қалыпты режимде жұмыс істейді, токтар мен қуаттар номинальді мәннен бос жүріс кезіндегі мәндер шегінде жатады. Сонымен қатар ŋ1-ге ұмтылады.

Алайда, жеке жағдайларда келісілген режим оңтайлы болады. Мысалы, импульсты әрекеттегі магнитэлектрлік генератор үшін негізгі міндет максималды қуатты жүктемегеберу болып табылады, ол тек келісілген режимде ғана мүмкін.

1.4.2. Кернеуді азайып кетпеуін және қызып кетпеуді қамтамасыз ететін сымдарды жобалау

ЭТ есептеудің маңызды сатыларының бірі кернеудің азайып кетпеуіне және қызып кетуге қарсы сымдарды есептеу болып табылады.

Есептеу кезінде:

- U_0 қуаттандыру көзінің кернеуі;
- Құрал-жабдықтардың номиналды жұмыс режимін қамтамасыз ететін $и_н$жүктемесіндегі кернеу;
- $1_н$ жүктемесінің тогы;
- l жіберу тоғының желісі;
- сымның материалы.

Жіберу желісінде ΔU кернеуінің жоғалуы осы жағдайда Sсымдарының көлденең қима алаңына байланысты.

Шынында, $\Delta U = U_0 - U_н = 2l_л 1_н = 24pl/S$, мұндағы R_Δ және p — тиісінше жіберу желісі сымдарының кедергісі және сымдар материалдарының үлестік электр кедергісі. Осыдан

$$S = \frac{2\rho l I_н}{\Delta U}.$$

S_1 есептеп шығарған соң,анықтама бойынша сымның көлденең қима алаңының стандартты мәнін таңдайды.

Сымдардағы кернеуді жоғалтуды азайту үшін олардың көлденең қима алаңын ұлғайту қажет.

Кернеуді жоғалтуды есептеумен қатар сымдардың қызу есебі орындалады, себебі ол энергияның жоғалуына ғана емес, сондай-ақ электр құрал-жабдығының жұмыс істеу қабілетіне де әсер етеді.

Көп мөлшердегі тоқ сымдардың қызуына және олардың оқшаулануының бұзылуына әкеп соғуы мүмкін. Сымдарда бөлінетін жылудың саны Джоуль—Ленцтің заңына сәйкес есептеледі:

$$Q_{пр} = 0{,}24I^2R_{пр}t.$$

Әдеттегідей, сымдардың есебі берілген тоқ жүктемесіне қима алаңынан алынған мәннің рұқсат етілген анықтамасы бойынша кейінгі тексеріске және кернеудің түсуін қамтамасыз ету үшін сымдардың көлденең қима алаңын анықтауға әкеледі. Егер анықтамада берілген токтан аз тоқ көрсетілсе, онда қима алаңы жүктеме талаптарына сәйкес келетіндей ұлғайтады.

Бірдей қуатты жоғары кернеу кезінде және аз тоқ кезінде немесе аз кернеу және жоғары тоқ кезінде беруге болады. Сымдардағы қуаттың жоғалуы тоқтың шаршысына пропорционал болғандықтан ($P_{пр}= I^2R_{пр}$), энергияны жоғары кернеу және аз тоқ кезінде жүзеге асыру тиімдірек екені мәлім. Ол сымдардың көлденең қима алаңын және оларды әзірлеуге арналған материалдардың шығынынтөмендетуге мүмкіндік береді. Дәл осылай кернеуді 500 — 1 150 кВ арттырып және желідегі тоқты және жоғалтуды төмендетіп, энергияны электр жіберу желісінде (ЭЖЖ) ауыспалы тоқ жібереді.

1.4.3. Тармақталған электр тізбесі. Контурлық токтардың әдісі

Тармақталған ЭТ — бірнеше қуаттандыру көздері бар көп контурлы тізбек. Оларды есептеуге бірнеше әдіс бар. Олардың негізгілері:

- Кирхгофтің заңдарын тиісінше пайдалану әдісі;
- контурлық тоқ әдісі;
- тораптық кернеу әдісі;
- эквиваленттік генератор әдісі.

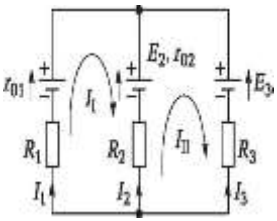


Рис. 1.33. Схема разветвленной ЭЦ
1.33.-сурет. Тармақталған ЭТ схемасы

Контурлық токтардың әдісі өзінің әмбебаптығымен кеңінен пайдаланылады. Осы әдісті пайдалану тізбектің тұйықталған учаскелерінде шартты контурлық токтар үшін Кирхгофтің тек екінші заңы бойынша құрылатын теңдеулердің санын қысқартады. Сонымен қатар, теңдеулердің саны аралас контурлардың санына тең болуы керек.

Сызбадағы1.33-суретте келтірілген ЭТ үшін аралық контурлардың саны екіге тең, сондықтан теңеулер де екеу болуы керек. ЭТ сызбасында контурлық токтардың (I_I және I_n) және тармақтардағы токтардың (I_1, I_2,I_3) шартты оң бағыты көрсетілген.

Аралық контурлар үшін *а — б — в — г — а* және *а — ж —д— б — а* Кирхгофтің екінші заңына сәйкес, контурды сағат тілі бойынша өтіп, мынаны жазып алайық:

$$E_1 - E_2 = I_I (R_1 + r_{01} + R_2 + r_{02}) - I_{II} (R_2 + r_{02});$$

$$E_2 - E_3 = I_{II}(R_2 + r_{02} + R_3 + r_{03}) - I_I(R_2 + r_{02}).$$

Алынған теңеулерді шешіп, контурлық токтарды I_I және I_{II} табамыз.

Тармақ тогы *б — в — г — а* $I_1 I_I$ контурлық тоққа тең.

Тармақ тогы *а — ж—д — б* I_3 көлемі бойынша тең және I_{II} контурлық тоқтың бағыты бойынша қарама-қарсы, яғни $I_3 = - I_{II}$.

Аралас тармақтың тогы *а — б* I_2, к – *контурлық токтардың айырмашылығына тең.*

Егер шешу кезінде тармақтардағы жеке токтар теріс болғаны анықталса, токтардың нақты бағыты таңдалған бағытқа шартты түрде қарама-қарсы деген сөз.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

1. Желі кернеуі 36 В үшфазалы трансформатордан электр қуатын электротехника зертханасына жіберу үшін кабельдің параметрлерін анықтаңыз. Желі ұзындығы l = 20 м, жүктемедегі кернеу 35 В төмен болмау керек, жалпы тұтынылатын тоқ $I_н$ = 20 А.

*Шешімі.*Сым материалы ретінде p = 0,0175 Ом- мм^2/м салыстырмалы электр кедергісі бар мысты аламыз.

Келтірілетін сымдарда берілген кернеудің төмендеуін қамтамасыз ететін сымның көлденең алаңын есептейміз:

$$S = 2\rho l I_н / \Delta U = 2 \cdot 0{,}0175 \cdot 20 \cdot 20 / (36 - 35) = 14 \text{ мм}^2.$$

Анықтама бойынша қиманың жақын үлкен алаңын таңдаймыз S= 16 мм^2. Анықтама бойынша ұзақ жүктеме кезіндегі оқшауланған сымдардағы рұқсат етілген тоқты тексереміз. Ол 75 А тең, берілген көлемнен анағұрлым асады.

*Жауабы.*Зертхананы 36 В үш фазалы желілік кернеумен қуаттандыру үшін желілердің көлденең қима алаңы 16 мм^2 төрт желілік кабель таңдау керек.

2. ЭТ келісілген жұмыс режимін қамтамасыз ететін жүктеме кедергісін есептеңіз, егер E көзінің ЭҚК= 3 В, ал қысқа тұйықталатын тоқ $1_{КЗ} = 1_A$.

*Шешімі.*Келісілген режимде жүктеме кедергісіқуаттандыру көзінің r_0 ішкі кедергісіне тең. Ом заңына сәйкес көздің $г_0$ішкі кедергісі = $E/1_{КЗ}$ = 3/1 = 3 Ом.

*Жауабы.*Электр тізбегі жұмысының келісілген режимін қамтамасыз ететін жүктеме кедергісі, қуат көзінен жүктемеге берілетін максималды қуат 3 Омға тең болуы қажет.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

3. Төлқұжат деректеріне сәйкес тұрақты тоқ қозғалтқышының номиналды жұмыс режимі кезінде кедергісі 100 Ом қозған орамда номинальды тоқ 1 А тең болуы керек. Қозғалтқыштың номиналды жұмысын қамтамасыз ететін қуаттандыру көзінің жүктемесін анықтаңыз, егер өткізілетін сымдар мен қуат көзінің ішкі кедергісі 10 Омды құраса.

4. ЭТ қысқа тұйықталуын анықтаңыз, егер E = 9 В, r_0 = 10 Ом, жүктеменің негізгі кедергісі $I_н$ = 80 Ом. Осы тоқ ЭТ номинальды тогынан қанша есе артады?

5. Бос жүру режимінде ішкі кедергісі 2 Ом қуат көзі кернеуі 114 В тең. Жүктемедегі кернеу неге тең, номиналды тоқ ол арқылы 2 А тең?

6. Тұрақты тоқ қозғалтқышы қоректендіруінің номинальды кернеуін анықтаңыз, зәкір кедергісі 0,5 Ом тең, зәкірдің номиналды тогы $1_я$ = 10 А, ЭҚК қарсы айналымның номинальды жиілігі кезінде $Е_я$ = 105 В.

7. Бір фазалы қозғалтқышты қуаттандыру көзімен байланыстыратын алюминий сымының қима алаңы қандай болуы керек? *(E*= 230 В). Қозғалтқыш пен қуат көзі арасындағы қашықтық 50 м. Тұтынылатын тоқ кернеуі 220 В кезінде 10 А тең.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. ЭТ тоқ бос жүріс режимінде неге тең?
   а) номиналды токқа;
   б) нөлге;
   в) максималды токқа;
   г) тоқтың мәні кез келген болуы мүмкін.
2. Қысқа тұйықталу режиміне қандай анықтама сәйкес келеді?
   а) қауіпсіз режим;
   б) апатты режим;
   в) келісілген режим;
   г) анықтамалардың ешқайсысы сәйкес емес.
3. Номиналды жұмыс режиміне қандай анықтама сәйкес келеді?
   а) құрал-жабдықтың номиналды жұмысын ұзақ уақыт қамтамасыз ету;
   б) төлқұжат деректерінде көрсетіледі;
   в) әзірлеуші-зауытпен ұсынылады;
   г) барлық анықтамалар дұрыс.
4. Қуат көзінен тұтынушыға максималды қуатты беру үшін қандай режим пайдаланылады?
   а) қысқа тұйықталу;
   б) бос жүріс;
   в) келісілген;
   г) барлық аталған режимдер.
5. Өткізілетін сымдарда жоғалуды есептеу кезінде нені білу қажет?
   а) ток және жүктеме кедергісін;
   б) сымдардың ұзындығы мен материалы;
   в) қуаттандыру көзінің жүктемесі;
   г) барлық аталған көрсеткіштер.
6. Тармақталған ЭТ деген не?
   а) бір қуаттандыру көзі бар көп контурлы тізбек;
   б) бірнеше қуаттандыру көздері бар бір контурлы тізбек;
   в) бірнеше контурда бірнеше қуаттандыру көзі бар тізбек;
   б) контур тогы өтетін тізбек.

1.5. ЖЕЛІЛІК ЕМЕС ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

ТЕОРИЯ

1.5.1. Желілік емес элементтердің вольт-амперлік сипаттамаларының түрі

Автоматты басқару және реттеу жүйесінде әр текті электр техникалық қондырғылар мен аспаптарды кеңінен қолдану барысында*желілік емес элементтер* табылды. Ол элементтерде кернеу мен тоқ арасындағы байланыс – вольт-амперлік сипаттама (ВАС) – желілік емес болып табылады.

ВАС түрі бойынша желілік емес элементтер (ЖЕЭ) төмендегідей бөлінеді:

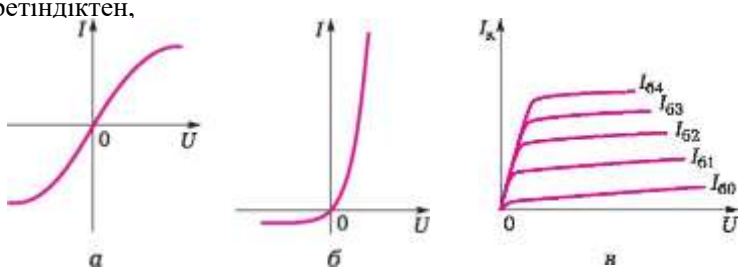
- симметриялық (электр қызу шамы) — 1.34, *а*-сурет;
- симметриялық емес (жартылай өткізгіш диод) —1.34, *б*-сурет;
- басқарылатын (транзистор) —1.34, *в*-сурет.

ВАС желісіздігі қызу шамдары р тізбегі материалы салыстырмалы электр кедергісінің температураға тәуелділігімен анықталады. Өз кезегінде қызу тізбегінің температурасы одан өтетін Ітогынабайланысты. Тиісінше,

P = *f(I)*.

Себебі, тізбектің кедергісі $R = pl/S$,ол тоқтың функциясы болып табылады.

*Өткізгіштерде с*алыстырмалы үлестік электр кедергісіні температураның артуына сәйкес ұлғаяды. Қызу тізбегінің температурасы жұмыс жағдайында 20-дан 2 500 °С-дейін өзгеретіндіктен,



1.34-сурет. Желілік емес элементтердің ВАС түрлері:
а – симметриялық; *б* –симметриялық емес; *в* – басқарылатын

келтірілген кернеуді ұлғайту кезінде, қызу шамының кедергісі ($R_{T2} = R_T(1 + \alpha\Delta T)$) өседі және тоқтың азаюы желілік тәуелділік байланысты емес.

Желілік емес *жартылай өткізгіш* элементтерінің (диод, стабилитрон, транзистор) негізгі жұмысына *n* - жартылай өткізгіш және р-өткізгішпен қалыптасқан *n*кедергі — *p*-өтудің өзгерісі қалыпты. *n* — *p*-өту шекарасында сыртқы электр өрісі болмаған кезде электрондар мен тесіктердің бос жылжуына кедергі келтіретін ішкі өріс бар. Өту кедергісі жоғары болады. Егер сыртқы өріс бағыты ішкі өріс бағытына сәйкес келсе, онда кедергі ұлғаяды және *n* — *p*-жолы арқылы тоқтың өтуі азаяды. Егер сыртқы өріс ішкі өріске қарсы бағытталса, *n*— р-өту жолының кедергісі азаяды және өту жолы арқылы анағұрлым тоқ өтуі мүмкін (толығырақ 6-тарауды қараңыз).

Осылайша, жартылай өткізгіштерде *n* — *p*-өту жолы вентильдік қабілетке ие, ол тоқты бір бағытта өткізіп, өткізілген кернеудіқарама-қарсы өткізбейді. *n* — *p*-өту жолының қасиеті жартылай өткізгіш диодтың негізгі жұмысына жатады. Оның ВАС 1.34, *б*-суретінде көрсетілген.

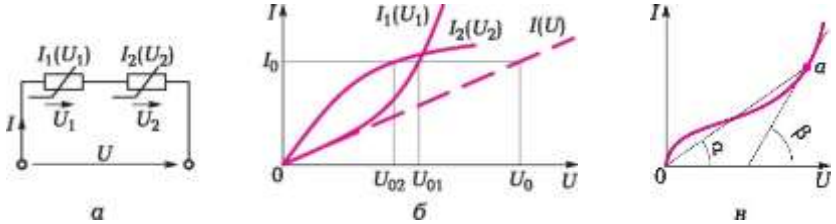
Қос полярлы транзистор екі *n*— р-өту жолының негізінде құрылады және басқарылатын ВАС ие (1.34, в-суретін қараңыз). Егер бір *n* — *p*-өту жолына (база — эмиттер) $1_{б0}, 1_{б1}, 1_{б2}, 1_{б3}, 1_{б4}$,токтарды өткізетін аздаған кернеу салса, басқа *n* — *p*-өту жолы арқылы $1_к$ анағұрлым тоқты басқаруға болады (коллектор — эмиттер).

1.5.2. Желілік емес элементтердің рет-ретімен байланысуы

Желілік емес ЭТ электротехниканың негізгі заңдары қолданылады. Алайда осындай тізбектерді есептеу кезінде графоаналитикалық әдісті пайдалану ыңғайлы.

Оның мәні элементтердің белгілі ВАС жеке учаскелердің немесе барлық тізбектің ВАС құру және одан әрі ВАС нәтижелері бойынша тармақтардағы токтарды немесе элементтердегі кернеулерді анықтау болып табылады.

ЖЕЭ рет-ретімен байланысатын ЭТ үшін (мысалы, жартылай өткізгіш диодты және қызу шамы – 1.35, а-сурет) ВАС нәтижелеу *I(U)* (штрихті сызық 1.35, *б*-сурет) тоқ мәні үшін жалпы жеке элементтердің ВАС нүктелерінің абсциссаларын есептеу Кирхгофтің екінші заңының негізінде құрылады.



1.35-сурет.Желілік емес элементтерді рет-ретімен қосатын электр тізбегі:
а – ЭТ схемасы *б* – шынайы элементтердің ВАС пайдалана отырып, графоаналитикалық әдісі; *в* – статистикалық және динамикалық кедергіні түсіндіретін график

ЭТ U_oкернеудің кез-келген мәні алынған ВАС $I_{0\ ток}$ және тиісінше U_{01} және U_{02} желілік емес кернеулердің төмендеуі анықталады.

Желілік емес элемент үшін кедергінің екі түрі тән. Мысалы, *а* нүктесі үшін (1.35, *в*-сурет) кедергілерді қарастыруға болады:

- *статистикалық, пропорционалды* tg a;
- кернеу мен тоқтың үстелуі туралы жорамалдауға мүмкіндік беретін *дифференциалды (динамикалық)*. Ол пропорционалды tgp, мұндағы *p* — абсцисс осіне мен ВАС арасындағы бұрыш.

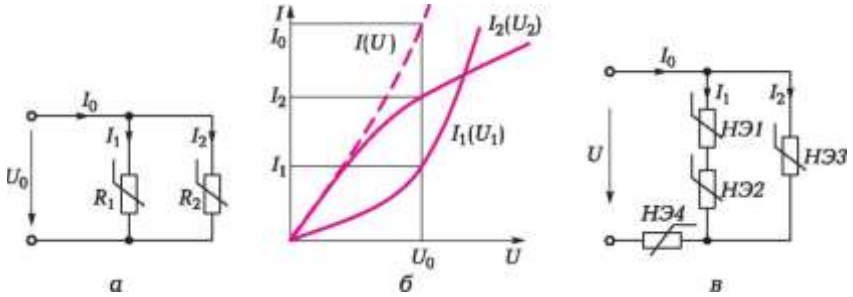
1.5.3. Желілік емес элементтердің параллель байланысуы

Желілік емес элементтердің параллель байланысуы кезінде (1.36, а-сурет) ВАС нәтижесі *I (U)* жеке желілік емес элементтердің ВАС нүктелерінің ординаттарын кернеудің оларға жалпы мәніне жинақталып (1.36, *б*-сурет), Кирхгофтің бірінші заңының негізінде құрылады. ВАС *I(U)* алынған нәтижесінің негізінде кернеудің кез келген мәнінде ЭТ тізбекте тұтынылатын жалпы тоқ және желілік емес элементтері бар тармақтардағы токтар анықталады.

Желілік емес элементтердің *аралас* байланысуы кезінде ВАС нәтижесі бұрын келтірілген алгоритмдерге сәйкес құрылады.

Осылайша, 1.36, в-суретте көрсетілген ЭТ үшін алгоритмнің келесі түрі бар:

- рет-ретімен қосылған *ЖЕЭ 1*және *ЖЕЭ 2* желілік емес элементтерінің жиынтық ВАС құрылады;



1.36-сурет. Желілік емес элементтердің параллель (а, *б*) және аралас *(в)* қосылатын электр тізбегі

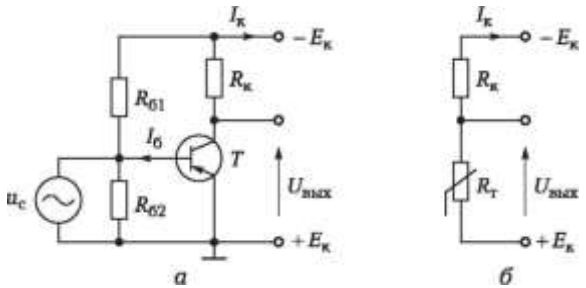
а – ЖЕЭ параллель қосылатын ЭТ сызбасы; *б* – элементтердің шынайы ВАС пайдаланып, есептің графоаналитикалық әдісі; *в* – ЖЕЭ аралас қосатын ЭТ схемасы.

- алынған ВАС жиынтығы параллель қосылған *ЖЕЭ 3* желілік емес элементінің ВАС графикалық қосылады;
- қайта алынған ВАС жиынтығы ретімен қосылған *ЖЕЭ 4* желілік емес элементтің ВАС қосылады;
- *U* кернеу көлемінің берілген мәні үшін ВАС алынған нәтиже негізінде әр желілік емес элементте I_1 және I_2, кернеу түсетін тармақтардағы токтар және ЭТ тұтынылатын жалпы ток.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

1. 1.37, *а*-суретте коллектор тізбегіндегі резистор $Я_к$ = 70 Ом және қоректендіру көзі $E_к$ = 9 В бар КТ3107 Б транзисторындағы күшейткіштің схемасыбейнеленген.



1.37-сурет 1.5-бөлімнің 1-тапсырмасына күшейткіштің схемасы *(а)* және оның орын ауыстыру схемасы *(б)*

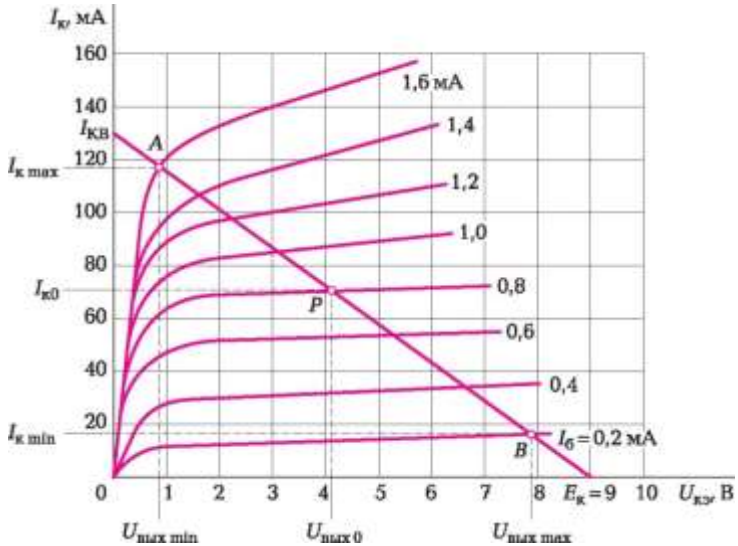
1.37, *б*-суретте күшейткіштің орнын ауыстыру схемасы көрсетілген, онда R_m —*T* транзисторының желілік емес кедергісі.U_c= 0 кезде $R_{б1}$ — $R_{б2}$ базалық бөлу кезінде база тізбегінде $1_б$ = 0,8 мА тогы өтеді. Жұмыс режимінде U_c кіру сигналы базалық тоқты 0,2-ден 1,6 мА-ге дейін өзгертеді.

U_c = 0 кезінде $U_{вых}$ шығу кернеуін және $1_к$коллекторлық тоқтың мәнін, сондай-ақ кернеудің өзгеру диапазонын және жұмыс режиміндегі тоқты анықтаңыз.

Желілік және желілік емес элементтердің вольт-амперлік сипаттамаларын пайдаланып, графоаналитикалық әдіспен есептейміз.

*Шешімі.*Анықтамадан алынған транзистордың желілік емес басқарылатын ВАС және коллекторлық резистордың аударылған желілік ВАС саламыз (1.38-сурет). Соңғысы екі нүкте бойынша құрылады: бос жүріс $E_к$ = 9 В және қысқаша тұйықталу $1_{КЗ}$ = $E_к$/$Я_к$ = 9/70 = 0,128 А. Транзистордың ВАС және резистордың аударылған ВАС қима нүктелері коллектор тогының мәнін және шығу кернеуін анықтауға мүмкіндік береді.

$1_б$ = 0,8 мА үшін Р сипаттамаларының қима нүктесін табамыз. Осы нүктенің токтардың осіне проекциясы коллекторлық токтың мәнін береді $1_{ко}$ = 72 мА, ал кернеу осіне —шығу кернеуінің мәнін береді $U_{вых0}$ = 4,1 В.



1.38-сурет. 1.5-бөлімнің 1 және 8-тапсырмаларына транзистордың және коллекторлық резистордың вольт-амперлік сипаттамалары

Транзистордың кіруіне $1_б$ = 0,2 мА сәйкес келетін U_cсигналының минималды мәнітүскен кезде ВАС *В* нүктесінде қиылысады. Осы нүктенің токтардың осі мен кернеудің кескінімен $1_{к\ min}$= 17 мА және $U_{вых\ max}$ = 7,9 В тиісінше мәнді анықтауға мүмкіндік береді.

Транзистордың кіруіне $1_б$ = 1,6 мА сәйкес келетін u_cсигналының максималды мәні түскен кезде ВАС *А* нүктесінде қиылысады. Осы нүктенің токтардың осі мен кернеудің кескінімен $1_{к\ max}$= 118 мА және $U_{вых\ min}$= 0,8 В тиісінше мәнді анықтауға мүмкіндік береді.

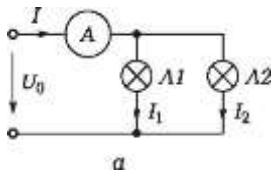
*Жауабы.*Кіру сигналы болмаған кезде коллектор тогы 72 мА тең, ал шығу кернеуі 4,1 В құрайды. Берілген кіру сигналы бар болған кезде коллектордың тогы 17-ден 118 мА дейін, ал шығу кернеу – 7,9-дан 0,8 В дейінөзгереді.

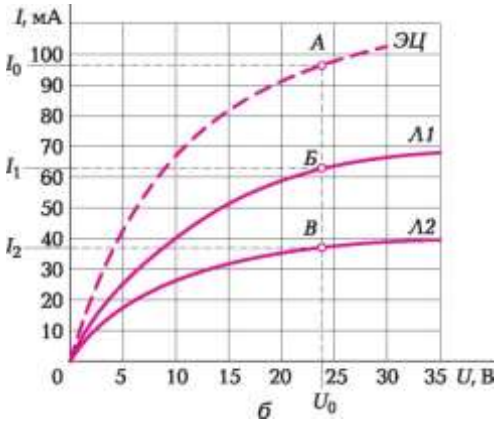
2. 36 В кернеуге есептелген, қуаты әртүрлі екі қызу шамы кернеуі 24 В параллель қосылды (1.39, а-сурет). Екі шамның ВАС мәлім. Көрсетілген кернеуде амперметрдің көрсеткіші қандай болады және әр шам арқылы қандай тоқ өтеді?

*Шешімі.*Координаттардың бір жүйесінде екі қызу шамының желілік емес ВАС саламыз – 1.39, *б*-суретте қисық *Л1* және *Л2*.

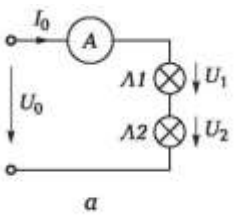
ЭТ Кернеудің бірдей мәнін шамдар арқылы өтетін токтардың мәніне қосып, ВАС нәтижесін құрамыз.

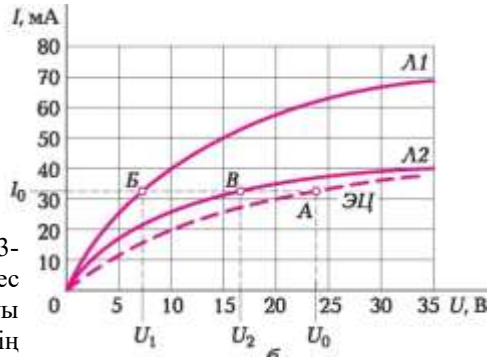
Жұмыс кернеуі үшін U_o= = 24 В ВАС нәтижесімен қимаға дейін тік сызық жүргіземіз. *А*қима нүктесінің токтардың осіне кескіні ЭТ тұтынылатын тоқты анықтауға мүмкіндік береді: I_o= 98 мА.





1.39-сурет. 1.5.-бөлімінің 2-тапсырмасына Желілік емес элементтерді параллель қосу (а) және желілік емес элементтердің ВАС және ЭТ (б) схемасы





1.40-сурет. 1.5.-бөлімнің 3-тапсырмасына Желілік емес элементтердің рет-ретімен қосылуы (а) және желілік емес элементтердің ВА

Желілердің қима нүктелерінің кескіні U_o= 24 В әр шамның ВАС (*Б* және *В* нүктелері) токтардың осіне тармақтардағы токтар: I_1= 61 мА; I_2= 37 мА анықтауға мүмкіндік береді.

Жауабы. Амперметр кернеуі 24 В болған кезде 98 мА тең ЭТ тұтынылатын тоқты көрсетеді. *Л1*шамы 61 мА тең тоқты, ал*Л2*шамы— 37 мА тең тоқты көрсетеді.

3. Қызу шамдары ЭТ 24 В кернеуде рет-ретімен қосылған (1.40, *а*-сурет). Осы шамдардың ВАС 1.40, *б*-суретте көрсетілген. Әр шамдағы кернеудің төмендеуін және ЭТ тұтынылатын тоқты анықтаңыз.

Шешімі.әр шамда кернеуді мәнін тоқтың бірдей мәніне қосып,ЭТ ВАС нәтижесін құрайық.

Жұмыс кернеуіне тік сызық жүргіземіз U_0 = 24 В ВАС нәтижесімен қиылысқанша. Токтардың осіне А қима нүктесінің кескіні ЭТ тұтынылатын тоқты анықтауға мүмкіндік береді: I_0 = 33 мА.

Желілердің қима нүктелерінің кескіні U_o= 24 В әр шамның ВАС (*Б*және*В*нүктелері)кернеудің осіне әр шамдағы кернеудің төмендеуін: U_1= 7,5 В; U_2= 16,5 В анықтауға мүмкіндік береді.

Жауабы. Амперметр кернеуі 24 В болған кезде 33 мА тең ЭТ тұтынылатын тоқты көрсетеді. *Л1* шамдағы кернеудің төмендеуі 7,5 В, ал *Л2* шамы— 16,5 В көрсетеді.

4. Желілік емес ВАС ие тұрақты тоқтың ЭТ негізгі элементтерін атаңыз.

Жауабы.Қызу шамдары, транзисторлар, диодтар, стабилитрондар, тиристорлар, варисторлар, терморезисторлар, фоторезисторлар, яғни кедергісі температураға, жарықтыққа немесе кернеуге тәуелді элементтер.

5. Мінсіз ВАС диодта кернеудің тікелей төмендеуі нөлге тең, ретімен қосылған диодта кернеу — 100 В.

Диодта және жүктемеде кері кернеу неге тең, егер тұрықты тоқтың қуаттандыру көздері қысымының орнын ауыстырса.

*Жауабы.*Диод тоқты бір бағытта жібереді және кері жібермейді. Тиісінше, диодтың тікелей кедергісі нөлге тең, ал кері – шексіз. Диодтағы кернеудің тікелей төмендеуі нөлге тең болғандықтан, қоректендіру көзінің барлық кернеуі жүктемеге қосылады. Қуаттандыру көзінің полярлығын ауыстыру кезінде диодтағы кері кернеу 100 В тең болуы керек, яғни қуаттандыру көзі кернеуіне тең. Осы жағдайда жүктемедегі кернеу нөлге тең болады.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

6. 1.41 суретінде келтірілген сызықтық емес элементтің вольт-амперлік сипаттамасының (ВАС) нүктесіндегі статикалық және дифференциалды кедергісін анықтаңыз.

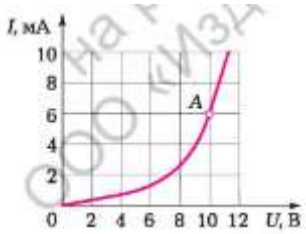
7. Сызықтық элемент үшін статикалық және дифференциалды кедергінің ара қатынасы қандай?

8. Транзистордың шығу сипаттамаларын қолданып (1.38 суретін қараңыз), $E_к$ = 10 В, $R_к$ = 100 Ом жүктемелік сипаттамасын құрастырып, тоқ базасы $1_б$ = 1,2 мА үшін коллектор тогы мен кернеуді $и_{кэ}$ анықтаңыз.

9. Егер кірмелік кернеуі $U_{вх}$ 12-ден 20-ға В диапазонында өзгере алатын болса, 1.42 *а* суретінде көрсетілген электрлік орталықтандыру (ЭО) схемасының минималды және максималды шығыс кернеуін анықтаңыз. *Д* стабилитронының ВАС және резистордың аударылған ВАС $Я_б$ 1.42, *б* суретінде келтірілген. $Я_б$ резистор кедергісін анықтаңыз.

10. КД 206 А екі диоды параллель жұмысына енгізілген. (1.43, а суреті). Диодтардың ВАС (1.43, *б*суреті) бірдей. Ортақ тоқ $1_о$ = 6А болса, диодтардағы кернеу төмендеуін анықтаңыз.

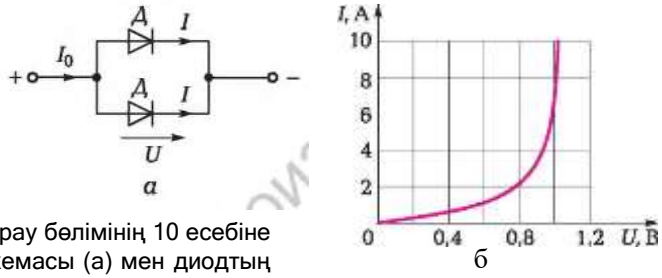
Сурет 1.41. 1.5 тарау бөлігі, 6 есебіне берілген сызықтық емес элементтің вольт-амперлік сипаттамасы



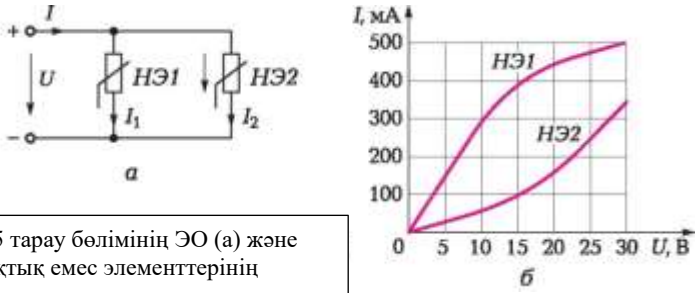
11. Қуат көзі кернеуі 16 В болса, ЭО пайдалынатын тоқ пен тармақтағы тоқты есептеңіз (1.44, а суреті). Сызықтық емес элементтердің ВАС 1.44, б суретінде келтірілген.

12. ЭО пайдалынатын тоқ (1.45, а суреті) және қуат көзі кернеуі 25 В шамасындағы сызықтық емес элементтердегі кернеу төмендеуін есептеңіз. Сызықтық емес элементтердің ВАС 1.45, б суретінде келтірілген.

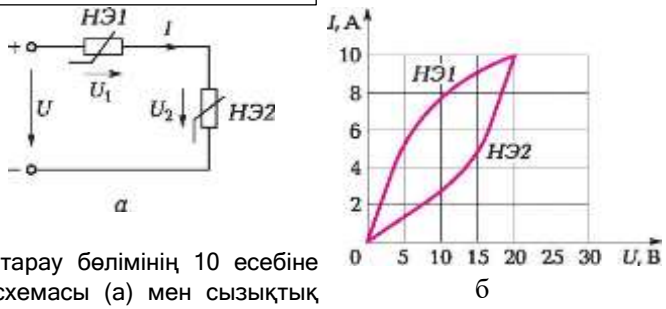
Сурет 1.42. 1.5 тарау бөлімінің 9 есебіне келтірілген ЭО (а) мен сызықтық емес және сызықтық элементтердің ВАС (б) схемасы



Сурет 1.43. 1.5 тарау бөлімінің 10 есебіне келтірілген ЭО схемасы (а) мен диодтың ВАС (б)



Сурет 1.44 1.5 тарау бөлімінің ЭО (а) және ВАС (б)сызықтық емес элементтерінің схемасы



Сурет 1.45. 1.5 тарау бөлімінің 10 есебіне келтірілген ЭО схемасы (а) мен сызықтық емес элементтердің ВАС (б)

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Диод ВАС түрі қандай?
   а) симметриялық;
   б) симметриялық емес;
   в) басқарылатын;
   г) жоғарыда келтірілгеннің барлығы.
2. Қандай қондырғының басқарылатын ВАС бар?
   а) қызу шамы;
   б) стабилитрон;
   в) транзистор;
   г) диод.
3. Сызықтық емес электр тізбектерін есептеу кезінде нені қолданады?
   а) Ом заңы;
   б) Кирхгоф заңдары;
   в) электр тізбегі элементтерінің нақты ВАС;
   г) жоғарыда келтірілгеннің барлығы.
4. Сызықтық емес элементтердің кезекті қосылуы бар электр тізбегінің қорытқы ВАС құрылуы кезінде не пайдаланылады?
   а) Ом заңы;
   б) Кирхгофтың бірінші заңы;
   в) Кирхгофтың екінші заңы;
   г) Джоуль — Ленца заңы.
5. Сызықтық емес элементтердің параллель қосылуы бар электр тізбегінің қорытқы ВАС құрылуы кезінде не пайдаланылады?
   а) Ом заңы;
   б) Кирхгофтың бірінші заңы;
   в) Кирхгофтың екінші заңы;
   г) Джоуль — Ленца заңы.

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС № 1

Тұрақты тоқтың электр тізбектеріндегі кернеу, тоқ күші, қуат пен кедергіні өлшеу

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Өлшеу құрылғылары туралы алдын ала түсінік алу — амперметр, вольтметр, ваттметр және омметр.

1.2. Өлшеу құралдарының келесі негізгі сипаттамаларын оқып білу: дәлдік класы, атаулы шама, өлшеу қателері.
1.3. Тоқты, кернеуді, қуатты және кедергіні өлшеу әдістерін элект өлшеу құралдарын көмегімен үйрену.

2. Сынақ объектісі

Сынақ объектісі ретінде көп функционалды өлшеу аспаптары қызмет етеді — мультиметрлер, ваттметр және стендтің терім өрісінде орнатылған электр тізбек элеменнтері (1-қосымшаны қарыңыз).

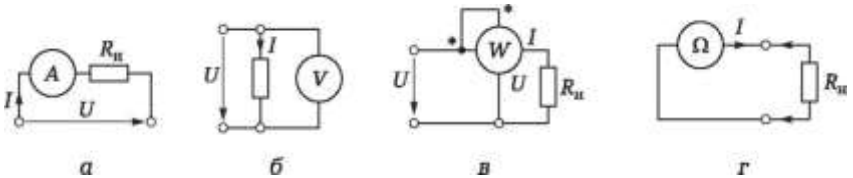
3. Қысқаша теоретикалық деректер

Өлшем — арнайы техникалық құралдар көмегімен тәжірибе арқылы физикалық шаманың ақиқат мәнін анықтау. Элект шамаларын (ток, кернеу, қуат, кедергі, сыйымдылықты және т.б.) өлшеу үшін қолданылатын құрылғылар *электр өлшеу аспаптары* деп аталады.

Амперметр — бұл тоқ күшін өлшейтін құрал, сондықтан ол кезекті жүктеліммен ЭО қосылады (Сурет Л1.1, а). Тізбектің жұмыс режиміне аспап әсер ету мүмкіндігін жою үшін оның ішкі кедергісі өте төмен болуы тиіс. Сол себепті амперметрді тізбекке жүктелімге параллель қосу оны саптан шығарады.

Вольтметр — бұл кернеуді (потенциалдар айырмасын) өлшейтін және ЭО жүктелімге параллель қосылатын аспап (Сурет Л1.1, *б*). Тізбектің жұмыс режиміне аспап әсер ету мүмкіндігін жою үшін оның ішкі кедергісі өте жоғары, ал аспап пайдалынатын тогы өте аз болуы тиіс. Сол себепті кернеуді ЭО схемасының тиісті нүктелерін кольметрге қосылған қуыс бұрғылары арқылы өлшеуге болады.

Ваттметр — ЭО немесе оның жеке элементтері пайдалынатын белсенді қуатты Р өлшейтін аспап.



Сурет Л1.1. Электр өлшеу аспаптарын қосу схемалары: *а* – амперметр; *б* – вольтметр; *в* – ваттметр; *г* – омметр

Тұрақты тоқ кезінде $P = IU$,сондықтан ваттмерде, амперметр сияқты, яғни жүктеліммен кезекті схемаға қосылатын тоқ текше орамсымы және вольметр сияқты жүктелімге параллель қосылатын кернеу орамсымы болуы қажет (Сурет Л1.1, *в).*

Омметр —ЭО және оның элементтерінің электр кедергісін токсызданған қалыпта (ЭО өшірілген қуат көздері) өлшейтін аспап. Аспап қызметінің негізінде аспаптың ішінде орналасқан электр қозғаушы күші (ЭҚК) эталондың көзімен жасалған резистордағы тоқ күшін өлшеу жатыр (Сурет Л1.1, г).

Қуат көзі қосылған тізбектегі кедергіні өлшеуге тыйым салынады!

Элект өлшеу аспаптарының негізгі сипаттамалары 5.1.2 тарау бөлімесінде келтірілген.

4. Зертханалық жұмысқа тапсырма

4.1. № 1 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, осы тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын дайындау.

4.2. Л1. 2 суретіне сәйкес ЭО құрастыру. ЭО бір жағын 13 ... 13 В тұрақты тоқтың реттелінетін кернеу көзі қысқышына, ал екіншісін үш фазалық қуат көзі қысқышына *N* қосу.

Жүктелім ретінде кедергісі 100-330 Ом резисторлардың кез келген кіші блогын пайдалану. Амперметр мен вольтметр ретінде тұрақты тоқ пен кернеудің сәйкес режим және диапазон шамаларын алдын ала қойып, мультиметрлерді қолдану.

4.3. Оқытушы құрастырылған ЭО тексергеннен кейін, автоматтар мен қорғаныстық ажырату құрылғысының (ҚАҚ) ажыратқышын «Вкл.» қалпына қойып, «Сеть» ажыратқышы арқылы ЭО, мультиметр және ваттметрлерге кедергі беру. Сонда тиісті сигнал шамдары жануы тиіс.

4.4. Қуат көзі шығысында U = 5 кернеуді белгілеп, амперметр мен ваттметр көрсеткіштерін алу. Жүктелімдегі $U_н$ кернеуді өлшеу. Өлшеу деректерін Л1.1 кестесіне енгізу. Қуат көзінің 10 және 13 В кернеуі кезінде өлшеуді қайталау. Өлшеу деректерін Л1.1 кестесіне енгізу.

Ескерту. Барлық сынақтар барысында ваттметрдің сигналды жарықдиодтарды қадағарау. «1>» немесе « U>» жарықдиодтарының қосылуы жағдайында ваттметрдің ауыстырып-қосқышын одан артық шекке ауыстыру қажет, ал «1<» немесе « U<» болса керісінше жасау.

4.5. Өлшеу нәтижелерін оқытушамен келістіргеннен соң, ЭО көзін өшіру.

4.6. $R_н$ резисторының кедергісін мультиметр арқылы «Омметр» режимінде өлшеу. Нәтижелерін Л1.1 кестесіне енгізу.

4.7. Л 1.2 кестесін толтыру. Онда қолданылатын өлшеу аспаптарының негізгі сипаттамаларын енгізу.

4.8. ЭО бөлшектеу, сымдар мен кіші блоктарды тиісті жерлерге қойып, жұмыс орнын тәртіпке келтіру.

5. Сынақ хаттамасы мен жұмыс бойынша есептеме № 1

Тұрақты тоқтың электр тізбектеріндегі кернеу, тоқ күші, қуатты және кедергігі өлшеу

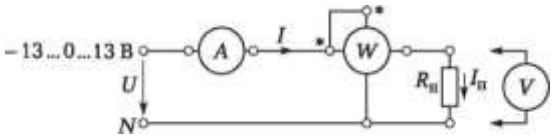
5.1. Жұмыс мақсаты

5.2. Формулалар мен алдын ала есептеулер.

Тізбек бөлігі үшін Ом заңы:

Қуатты анықтау формулалары:

5.3. Электр тізбегі схемасы мен кестелер.



Сурет Л1.2. Электр өлшеу аспаптарының негізгі параметрлерін тексеру үшін ЭО схемасы

Кесте Л1.1

U, В	Өлшенген мәндер				Есептелген мәндер	
	U_H, В	*I*, мА	*P*, мВт	$R_н$, Ом	*P*, мВт	$R_н$, Ом
5						
10						
13						

Кесте Л1.2			
Аспаптың жұмыс режимі	Аспап типі	Дәлдік класы	Атаулы шама

Топ _____ Оқушы _____ Дата_____

Оқытушы_____

5.4. Есептеу-графикалық бөлім.

Кестеде келтірілген эксперименттік деректерді өңдейтін формулалар. Л1.1 кестесінде көрсетілген:

$$\Delta A = \gamma_{пр}\ A_{Н}o_{М}\ /100; \gamma = 100\Delta A/A_{\Delta}.$$

Кесте 1.3					
Параметр		Вольтметр	Амперметр	Ваттметр	Омметр
Дәлдік класы					
ΔA					
γ, %, қуат кернеуі кезінде U, В	5				
	10				
	13				

5.5. Қысқаша қорытынды_____

_____

_____

_____

Оқушы _____ Оқытушы_____

6. Есептеменің есептеу-графикалық бөліміне қойылатын талаптар

6.1. Л1.1 кестесінің деректеріне сәйкесжүктелім кедергісі шамасын есептеп, ***U*** қуат беру кернеуінің әр түрлі көрсеткіштері кезінде пайдалынатын қуатты есептеп, деректерді Л1.1 кестесіне енгізу (соңғы екі бағана). Есептелінген және өлшенген шамаларды салыстыру.

6.2. Өлшеу аспаптарының дәлдік класын біле тұра, ᴗ̄ қуат көзінің үш өлшемі

үшін ΔА өлшемінің абсолют қателігін және салыстырмалы қателігін есептеп алу. Есептеу нәтижелерін Л1.3 кестесіне енгізу.

6.3. Сынақ нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасаңдар.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр өлшеу аспаптарының негізгі сипаттамаларын атаңыз.
2. Қай амперметр жақсырақ: ішкі кедергісі аз немесе көп?
3. Қай вольтметр жақсырақ: ішкі кедергісі аз немесе көп?
4. Өлшеуді мультиметрмен жасаған кезде тоқ және кернеудің бір-бірінен айырмашылықтары қандай?

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС№ 2

Электр қуаты қабылдағыштарының кезекті байланысуы кезінде тұрақты тоқ электр тізбегінің сынақтары

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Резисторлардың кезекті байланысуы бар тұрақты тоқтың элект тізбектеріндегі ток, кернеу, кедергі және қуатты өлшеу тәсілдерін үйрену.

1.2. Тәжірибелік және есеп айырысу тәсілдері арқылы Ом заңын, Кирхгофтың екінші заңын және энергияның сақталу заңын (қуаттар теңгерімін) тексеру.

2. Сынақтар объектісі мен құралдары

Сынақ объектісі ретінде кедергілері 22-220 Ом, стендтің терім өрісінде орнатылған, кезекті қосылған үш резисторы (кіші блок) бар электр тізбегі қызмет етеді. Әрбір резистормен бірге кезекті түрде істікшілері бар арнайы қос талшықты кабельмен жабдықталған мультиметр арқылы тоқты өлшеу үшін арнайы кіші блоктар қосылған.

Өлшеу аспаптары ретінде амперметр, вольметр және омметр, сонымен қатар электрондық ваттметр режимдерінде жұмыс істейтін мультиметрлер пайдаланылады.

Электр тізбегін қуаттындыру тұрақты кернеу көзі +15 В арқылы жүзеге асырылады .

3. Зертханалық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. № 2 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, осы тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын дайындау.

3.2. Сынақ хаттамасына ЭО қатысты Л2.1 суретінде бейнеленген Ом заңы, Кирхгофтың екінші заңы және қуаттар теңгерімі шамаларын жазыңыз.

Зертханада орындалады

3.3. Л2.1 суретіне сәйкес кедергісі 33 ... 100 Ом кіші блоктарды орнатып, ЭО құрастыру. ЭО бір жағын +15 В тұрақты тоқтың кернеу көзі қысқышына, ал екіншісін үш фазалық *N* қуат көзі қысқышына қосу.

Оқытушы құрастырылған ЭО тексергеннен кейін, автоматтар мен қорғаныстық ажырату құрылғысының (ҚАҚ) ажыратқышын «Вкл.» қалпына қойып, «Сеть» ажыратқышы арқылы ЭО, мультиметр және ваттметрлерге кедергі беру. Сонда тиісті сигнал шамдары жануы тиіс.

«Омметр» режимінде жұмыс істейтін мультиметр арқылы әрбір резистор және жалпы ЭО ($Л_{экв}$) кедергісін өлшеу. Деректерді Л2.1 кестесіне енгізу.

3.4. «Сеть» ажыратқышы арқылы кернеуді ЭО беру және резисторлар (ОД U_2, U_3) мен ЭО шығуындағы (U_0) кернеу төмендеуін өлшеу. Деректерді Л2.1 кестесіне енгізу. ЭО берілген нүктелеріндегі амперметрлердің көрсеткіштерін Л2.1 кестесіне енгізу. Әрбір резистор және толық тізбек пайдалынатын қуатты ваттметр арқылы өлшеу. Ол үшін * - * өткізгіші алдын ала алып тасталынған, *U* -U* деп таңбаланған ваттметр өткізгіштерін кезекпен әрбір резисторға параллель қосу. Нәтижелерін Л2.1 кестесіне енгізу.

3.5. Жұмыс барысында қолданылатын өлшеу аспаптарының негізгі сипаттамалары алдын ала енгізілген Л2.2 кестесін толтыру.

3.6. Сынақ хаттамасын оқытушымен талқылағаннан кейін ЭО токтан ажыратып бөлшектеу, сымдар мен кіші блоктарды тиісті жерлерге қойып, жұмыс орнын тәртіпке келтіру.

4. Сынақ хаттамасы мен жұмыс бойынша есептеме № 2

Электр энергиясы қабылдағыштарының кезекті байланысуы кезінде тұрақты тоқтың электр тізбегі сынақтары

4.1 Жұмыс мақсаты_____

_____

_____

_____

_____

_____

4.2. Формулалар мен алдын ала есептеулер. Закон Ома для участка цепи:

R_1 = _____

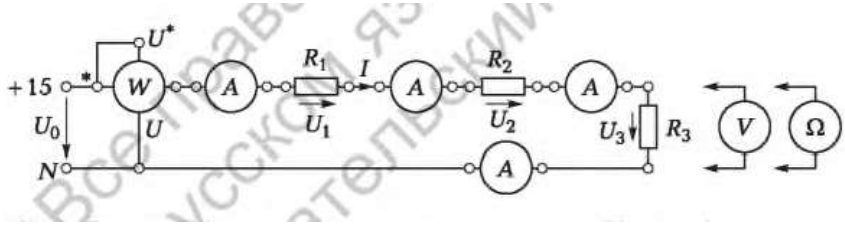
R_2 = _____

R_3 = _____

Кирхгофтың екінші заңы: _____

Қуаттар теңгерімі: _____

4.3. Электр тізбегінің схемасы және кестелер.



Сурет Л 3.1 Кирхгофтың екінші заңын тексеруге арналған ЭО схемасы

Кесте Л 3.1

Параметр	ЭО бөлігі			
	R_1	R_2	R_3	$R_{экв}$
R, Ом				
U, В				
I, мА				
P, мВт				

Кесте Л 3.2

Аспаптың жұмыс режимі	Аспап типі	Дәлдік класы	Атаулы шама

Топ_____ Оқушы_____ Дата_____

Оқытушы_____

4.4. Есептеу-графикалық бөлім.

Кесте Л 3.3

Параметр	ЭО бөлігі			
	R_1	R_2	R_3	$R_{экв}$
I, мА				
P, мВт				

4.5. Қысқаша қорытынды

_____

_____

_____

_____

Оқушы _____ Оқытушы_____ _____

5. Есептеменің есептеу-графикалық бөліміне қойылатын талаптар

5.1. Өлшеу нәтижесінде алынған Rжәне U шамаларын пайдаланып (Л2.1 кестесінің бірінші және екінші жолдары), тоқ I және қуат P шамаларын әрбір ЭО бөлігі үшін есептеу. Деректерді Л2.3 кестесіне енгізу. Тәжірибелік (Л2.1 кестесінің үшінші және төртінші жолдары) және есептеу (Л2.3 кестесін қараңыз) жолымен алынған ЭО параметрлерінің өлшемдерін салыстыру.

5.2. Қуат көзі беретін және барлық ЭО пайдалынатын қуатты есептеп алып, энергияның сақталу заңын тексеру.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр тогының күші дегеніміз не?
2. Қандай тоқ тұрақты деп аталады?
3. Ток күші, кернеу, қуат, кедергі қай бірліктерде өлшеледі?
4. Өткізгіштің кедергісі қандай параметрлермен анықталады?
5. Электр аспаптарының розеткалары мен айырлары неліктен жұмыс барысында қызуы мүмкін?
6. Электр тізбегі деп нені айтады?
7. Электр энергиясы қабылдағыштарының кезекті қосылуына мысал келтіріңіз.

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС № 3

Электр энергиясы қабылдағыштарының аралас қосылуы кезінде тұрақты тоқ электр тізбегінің сынақтары

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Резисторлардың кезекті, параллель және аралас байланысуы бар тұрақты тоқтың электр желілеріндегі электр тогын, кернеу, қуат және кедергіні өлшеу әдістерін үйрену.

1.2. Тәжірибелік және есеп айырысу тәсілдері арқылы Ом заңын, Кирхгофтың бірінші және екінші заңдарын және энергияның сақталу заңын (қуаттар теңгерімін) тексеру.

2. Сынақтар объектісі мен құралдары

Сынақ объектісі ретінде кедергілері 22-220 Ом, стендтің терім өрісінде орнатылған, кезекті-параллель (аралас) қосылған төрт резисторы (кіші блок) бар электр тізбегі қызмет етеді. Олар стендтің терім өрісінде орнатылған. Әрбір резистормен бірге кезекті түрде істікшілері бар арнайы қос талшықты кабельмен жабдықталған мультиметр арқылы тоқты өлшеу үшін арнайы кіші блоктар қосылған.

Өлшеу аспаптары ретінде амперметр, вольметр және омметр, сонымен қатар электрондық ваттметр режимдерінде жұмыс істейтін мультиметрлер пайдаланылады.

Электр тізбегін қуаттындыру тұрақты кернеу көзі +15 В арқылы жүзеге асырылады.

3. *Зертханалық жұмысқа тапсырма*

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. № 3 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, осы тақырып бойынша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын дайындау.

3.2. Сынақ хаттамасына ЭО қатысты Л3.1 суретінде бейнеленген Ом заңы, Кирхгофтың екінші заңы және қуаттар теңгерімі шамаларын жазыңыз.

Зертханада орындалады

3.3. Л3.1 суретіне сәйкес кедергісі 33 ... 100 Ом кіші блоктарды орнатып, ЭО құрастыружәне амперметрді қосу үшін әрбір тармаққа кіші блок қосу. ЭО бір жағын +15 В тұрақты тоқтың кернеу көзі қысқышына, ал екіншісін үш фазалық *N* қуат көзі қысқышына қосу.

Оқытушы құрастырылған ЭО тексергеннен кейін, автоматтар мен қорғаныстық ажырату құрылғысының (ҚАҚ) ажыратқышын «Вкл.» қалпына қойып, «Сеть» ажыратқышы арқылы ЭО, мультиметр және ваттметрлерге кедергі беру. Сонда тиісті сигнал шамдары жануы тиіс.

«Омметр» режимінде жұмыс істейтін мультиметр арқылы әрбір резистор және жалпы ЭО ($Л_{экв}$) кедергісін өлшеу. Деректерді Л3.1 кестесіне енгізу.

3.4. «Сеть» ажыратқышы арқылы кернеуді ЭО беру және резисторлар (ОД U_2, U_3) мен ЭО шығуындағы (U_0) кернеу төмендеуін өлшеу. Деректерді Л3.1 кестесіне енгізу. ЭО берілген нүктелеріндегі амперметрлердің көрсеткіштерін Л2.1 кестесіне енгізу. Әрбір резистор және толық тізбек пайдалынатын қуатты ваттметр арқылы өлшеу. Нәтижелерін Л3.1 кестесіне енгізу.

3.5. Жұмыс барысында қолданылатын өлшеу аспаптарының негізгі сипаттамалары алдын ала енгізілген Л3.2 кестесін толтыру.

3.6. Сынақ хаттамасын оқытушымен талқылағаннан кейін ЭО токтан ажыратып бөлшектеу, сымдар мен кіші блоктарды тиісті жерлерге қойып, жұмыс орнын тәртіпке келтіру.

4. Сынақ хаттамасы мен жұмыс бойынша есептеме № 3

Электр энергиясы қабылдағыштарының аралас қосылуы кезінде тұрақты тоқ электр тізбегінің сынақтары

4.1. Жұмыс мақсаты_____

_____

_____

_____

4.2. Формулалар және алдын ала есептеулер.

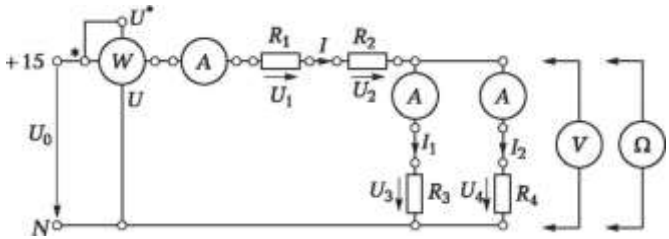
Закон Ом заңы: _____

Кирхгофтың бірінші заңы: _____

Кирхгофтың екінші заңы: _____

Қуаттар теңгерімі: _____

4.3. Электр тізбегі схемасы.



Сурет Л3.1. Кирхгофтың бірінші және екінші заңы, энергияның сақталу заңын тексеру үшін ЭО схемасы

Кесте Л 3.1

Параметр	ЭО бөлігі				
	R1	R_2	R3	R4	Rэкв
R, Ом					
U, В					
I, мА					
P, мВт					

Кесте Л3.2

Аспаптың жұмыс режимі	Аспап типі	Дәлдік класы	Атаулы шама

Топ _____ Оқушы _____ Дата_____

Оқытушы_____

Кесте Л 3.3					
Параметр	ЭО бөлігі				
	R1	R2	R3	R4	Rэкв
I, мА					
P, мВт					

4.5. Қысқаша
қорытынды_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Оқушы _____ Оқытушы_____

5. Есептеу-графикалық бөліміне қойылатын талаптар

5.1. Өлшеу нәтижесінде алынған *R* және *U* шамаларын пайдаланып (Л3.1 кестесінің бірінші және екінші жолдары), тоқ *I*және қуат *P*шамаларын әрбір ЭО бөлігі үшін есептеу. Деректерді Л3.3 кестесіне енгізу. Тәжірибелік (Л3.1 кестесінің үшінші және төртінші жолдары) және есептеу (Л3.3 кестесін қараңыз) жолымен алынған ЭО параметрлерінің өлшемдерін салыстыру.

5.2. Қуат көзі беретін және барлық ЭО пайдалынатын қуатты есептеп алып, энергияның сақталу заңын тексеру.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр тізбегі дегеніміз не?
2. ЭО негізгі элементтерін атаңыз.
3. ЭО құрамына қандай қосалқы элементтер кіруі мүмкін?
4. Амперметр, вольтметр және ваттметрдің міндеті мен негізгі сипаттамаларын атаңыз.
5. Кедергілерді өлшеудің негізгі тәсілдерін атаңыз.
6. Кедергіні омметрмен өлшеу неге негізделген?

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС № 4

Тұрақты тоқтың сызықтық емес электр тізбектерінің сынақтары

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Вольт-амперлік сипаттамалары (ВАС) түрлерімен танысу.
1.2. Сызықтық емес элементтердің ВАС зерттеу.
1.3. Сызықтық емес тізбектерінің графоаналитикалық әдістерін игеру.

2. Сынақтар объектісі мен құралдары

Сынақ объектісі ретінде құрамында сызықтык емес және сызықтың элементтерінің үйлесуі бар және тұрақты кернеу көзінен қуат алатын электр тізбегі қызмет етеді.

Кіші блоктар түріндегі барлық элементтер стендтің терім өрісінде орнатылып, түйіспелі ұялар мен істікшелері бар өткізгіштер арқылы тізбекке қосылады. тоқ пен кернеуді өлшеу үшін мультиметрлер қолданылады.

Симметриялық ВАС параллель қосылған екі шаммен жабдықталады (Сурет Л4.1).

Симметриялық емес тұрақты ВАС стабилитрон *Д* және резистордың $Я_{огр}$ кезекті қосылуымен қамтамасыз етіледі (Сурет Л4.2).

Басқарылатын ВАС тобы транзистор Т арқылы пайда болады және коллектор тогы $1_к$ тек ондағы кернеуге $u_к$ ғана емес, сонымен қатар база тогына $1_б$ да тәуелді болады (Сурет Л4.4).

3. Зертханалық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. № 4 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, осы тақырып бойынша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын дайындау.
3.2. Жұмыс қалпындағы шамның кедергісін есептеу: оның атаулы кернеуі 24 В, ал қуаты 3 Вт. Есептеу нәтижелерін сынақтар хаттамасында келтіру.

Зертханада орындалады

3.3. Л4.1 суретіне сәйкес электр шамдары бар ЭО құрастыружәне оны тұрақты кернеудің реттелінетін көзіне қосу. Ол үшін ЭО бір жағын +13 В тұрақты тоқтың кернеу көзі қысқышына, ал екіншісін үш фазалық *N* қуат көзі қысқышына қосу.

3.4. Алдымен кернеудің оң шамалары кезінде екі параллель қосылған *Л1* және *Л2* шамдарының ВАС, одан кейін теріс шамаларынан алып тастау. Ол үшін Л4.1 кестесінде келтірілген кернеу шамаларын кезекті түрде орнатып, амперметр көрсеткіштерін алу. Деректерді Л4.1 кестесінің тиісті жолдарына енгізу.

3.5. Л4.2 суретіне сәйкес *Д* стабилитроны және $Л_{огр}$ = 100 Ом резисторы бар ЭО құрастыру, кернеудің оң және теріс шамалары кезінде ВАС алып тастау. Деректерді Л4.2 кестесіне енгізу.

$Л_{огр}$ резисторының ВАС алып тастау (Сурет Л4.3). Деректерді Л4.3 кестесіне енгізу.

3.6. $R_к$ = 220 Ом және $Я_б$ = 10 к Ом шамаларын белгілеп, Л4.4 суретіне сәйкес ЭО құрастыру. Л4.4 кестесінің шамаларына сәйкес транзистордың коллекторындағы кернеуін өзгертіп, Т транзистордың ВАС алып тастау. Өлшеуді тоқ базасының үш тұрақты шамалары үшін орындау ($1_{б1}$ = 0,1 мА, $1_{б2}$ = 0,2 мА, $1_{б3}$ = 0,25 мА). Деректерді Л4.4 кестесіне енгізу.

3.7. Сынақ хаттамасын оқытушымен талқылағаннан кейін ЭО токтан ажыратып бөлшектеу, сымдар мен кіші блоктарды тиісті жерлерге қойып, жұмыс орнын тәртіпке келтіру.

4. Сынақ хаттамасы мен жұмыс бойынша есептеме № 4

Тұрақты тоқтың сызықтық емес электр тізбектері сынақтары

4.1. Жұмыс мақсаты_____

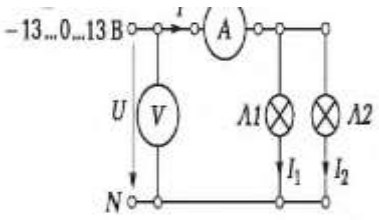
_____

_____

4.2. Формулалар және алдын ала есептеулер.

Жұмыс қалпындағы шам кедергісі R_A=_____

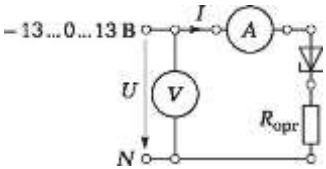
4.3. Электр тізбектерінің схемалары және кестелер.



Сурет Л4.1. Қызу шамының ВАС алып тастауға арналған ЭО схемасы

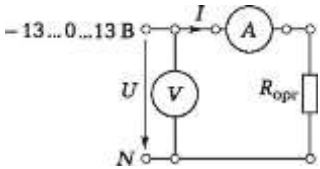
Кесте Л4.1						
±*U*, В	0	1	2	5	10	13
I, мА						
-*I*, мА						

Сурет Л4.2. Стабилитронның ВАС алып тастауға арналған ЭО схемасы



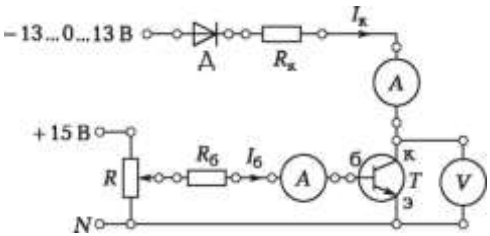
Кесте Л 4.2						
±*U*, В	0	1	2	5	10	13
I, мА						
-*I*, мА						

Сурет Л4.3. Резистордың ВАС алып тастауға арналған ЭО схемасы



Кесте Л 4.3						
±U, В	0	1	2	5	10	13
I, мА						
-I, мА						

Сурет Л 4.4. Транзистордың ВАС алып тастауға арналған ЭО схемасы



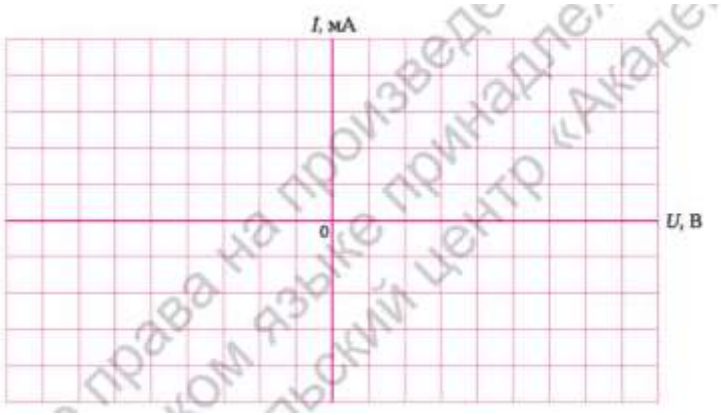
Кесте Л4.4

+U, В		0	1	2	5	10	13
4, мА, тоқ базасында	Iаб						
	$I_{б2}$						—
	$I_{б3}$					—	—

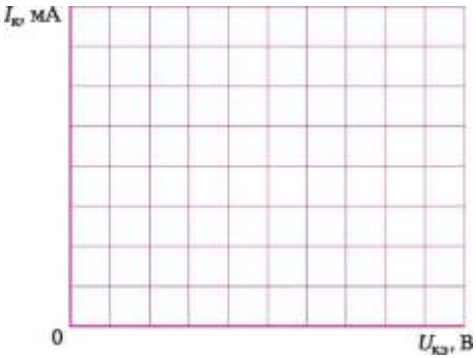
Топ _____Оқушы _____ Дата

Оқытушы _____

4.4. Есептеу-графикалық бөлім.



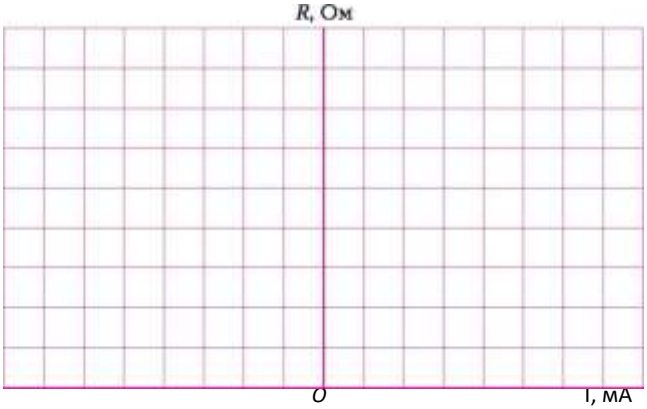
Сурет Л4.5. Қызу шамы, стабилитрон және резистордың ВАС



Сурет Л4.6. Транзистор ВАС

Кесте Л4.5

I, мА	80	60	40	20	0	-20	-40	-60	-80
R_{Δ},Ом									
$R_{огр}$, Ом									



Сурет Л4.7. Қызу шамы ($R_п$) мен резистор ($R_{огр}$) кедергісінің тоққа тәуелділігі

4.5. Қысқаша қорытынды

_____

_____

_____

_____

Оқушы _____ Оқытушы_____

5. Есептеменің есептеу-графикалық бөліміне қойылатын талаптар

5.1. Л4.1, Л4.2, Л4.3 кестелерінің деректеріне сәйкес Л4.5 суретінде бір жүйе координаталарының тәуелділігі*I(U)*.

5.2. Бір шам мен стабилитронның ВАС есептеу және сол жерде есептеу.

5.3. Л4.4 кестесінің деректеріне сәйкес Л4.6 суретінде $1_б$ = const. шамасындағы транзистор I_R (U) ВАС құрастыру.

5.4. **Қосымша тапсырма**. Тоқтың әр түрлі шамалары кезіндегі (Л4.5 кестесінің бірінші жолы)

шам*($R_л$) мен* резистордың *(R_{orp})*статикалық шамаларын есептеу. Деректерді Л4.5 кестесінің екінші және төртінші жолдарына енгізу. Есептеулер нәтижелері бойынша шам мен резистор үшін *R (I*) байланыс шамаларын Л4.7 суретінде құрастыру.

5.5. Сынақ нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай тәуелділік ЭО сызықтық және сызықтық емес деп анықтайды?
2. Қызу шамына жақындалатын кернеуді өзгеру кезінде кедергі қалай өзгереді?
3. Неліктен электр шамы үшін қосу режимі ең қауіпті болып келеді?
4. Сызықтық емес ВАС негізгі түрлерін атаңыз.
5. Сызықтық емес электр тізбектерін талдаудың негізгі әдістерін көрсетіңіз.

АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

2.1 АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК. ВЕКТОРЛЫҚ ДИАГРАММАЛАР. СЫЙЫМДЫЛЫҚ ЖӘНЕ ИНДУКТИВТІ КЕДЕРГІ ҰҒЫМЫ

ТЕОРИЯ

2.1.1. Негізгі түсініктер мен анықтамалар

Уақыт бойынша мерзімді түрде өзгеретін тогы бар тізбектер *айнымалы тоқтың электр тізбектері* деп аталады.

Өнеркәсіпте ең кеңінен таралған тізбектер – синусоидалық тоқ тізбектері. Осы тоқ шамалары синус заңына бағынады. Себебі синусоидалық тоқты алу тәсілі айтарлықтай жеңіл, ал синусоидалық емес токпен салыстырғанда синусоидалық токта жұмыс істейтін генераторлар, қозғалтқыштар, трансформаторлар, тарату жолдарының пайдалы әсер коэффициенті әлдеқайда жоғары болып келеді.

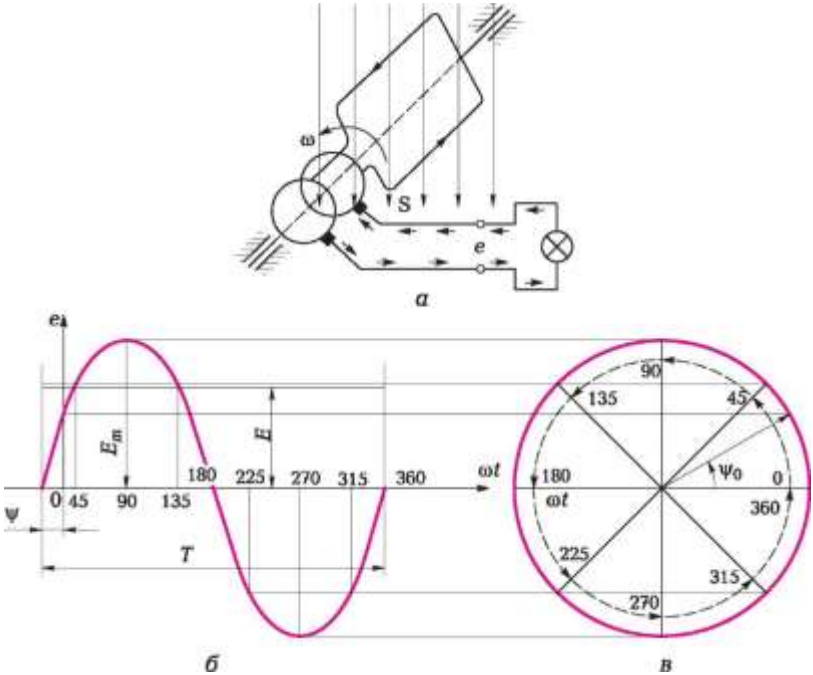
Егер жиектемені бірқалыпты магниттік өріске салып (Сурет 2.1, а), оны φ жиілігімен айналдыратын болсақ, онда электрмагниттік индукция заңына сәйкес электр қозғаушы күші (ЭҚК) айнымалы шамасы пайда болады (Сурет 2.1, б).

$$e = E_m \sin(\varphi t + y),$$

мұндағы e — ЭҚК лездік мәні, В; E_m — ЭҚК амплитудалық мәні, В; φ — бұрыштық жиілік, рад/с (радиан секундына); $t = 0$ кезінде e шамасын анықтайтын бастапқы фазасы, рад; (φt + y) — фазаның ағымдағы мәні, рад.

Сонда бұрышқтық жиілік $\varphi = 2pf = 2p/T$, мұндағы f— сызықтық жиілік, Гц; T— тербелістер периоды, с.

ЭҚК, тоқ және кернеудің синусоидалық лездік мәндерін пайдалынатын тізбектерді өлшеу процесі әлдеқайда күрделі болып табылады.



Сурет 2.1. Синусоидалық ЭҚК алу тәсілдері (а), оның уақытша (б) және векторлық (в) диаграммалары

Сондықтан лездік мәндерін әрекеттік мәндерге алмастырады. 2.1, *б* суретінде *E* — ЭҚК әрекеттік мәні, В.

*I*айнымалы тоқтың *әрекеттік* мәні — осы тоқтың уақыт бойынша өзгермейтін мәні, сонда *R*кедергісінде осы мерзім ішінде $i = I_m \sin\varphi t$ нақты синусоидалық тоқ кезінде сияқты бірдей жылу мөлшері бөлінеді .

Егер синусоидалық тоқ *i*өткізгішті, мысалы, 100 °С температурасына дейін жылытатын болса, онда синусоидалық тоқ амплитудасына тең шамалы ($I = I_m$) тұрақты тоқ дәл осы өткізгішті қаттырақ жылытады.Өткізгішті 100 °С дейін тұрақты тоқ арқылы жылыту үшін оның шамасын келесі мәнге дейін төмендету қажет:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

Айнымалы тоқты өлшеу аспаптарының шкалалары тоқ пен кернеудің әрекеттегі мәндеріне сәйкестендірілген.

Өнеркәсіптік желі розеткасына қосылған вольтметр 220 В кернеуді көрсетеді. Бұл амплитудалық мәні $220 \cdot \sqrt{2} = 311$ В тең синусоидалық кернеудің әрекеттегі мәні болып табылады.

Түзеткіш құрылғыларды есептеу кезінде ток, ЭҚК және кернеудің орташа мәндері қолданылады. Сонда орташа және амплитудалық мәндер арасындағы ара қатынас келесі өрнек арқылы белгіленеді: $I_{ср}=2I_m/\pi$

Әрекеттік мәннің орташа мәнге қатынасы *қисық сызық формасының коэффициенті* деп аталады. Синусоидтар үшін:

$$\frac{I}{I_{ср}} = \frac{I_m/\sqrt{2}}{2I_m/\pi} = 1{,}11.$$

Тек 1,11 ретте түзеткіші бар магниттік элетр жүйесі аспабының көрсеткіштері электрмагниттік жүйе аспабы көрсеткіштерінен төмен болады.

Сонда айнымалы тоқ ЭО келесі мәндері бар:

- ЭҚК, кернеу, тоқ және қуаттың лездік мәндері e, *u, i, p;*
- амплитудалық мәндер E_m, U_m, I_m, P_m;
- әрекеттік мәндер *E, U, I,* P,

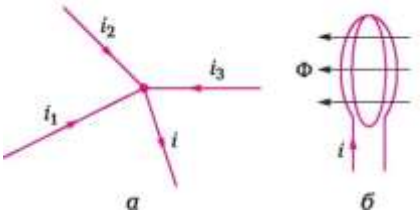
Синусоидалық тербелістердің негізгі параметрлері:

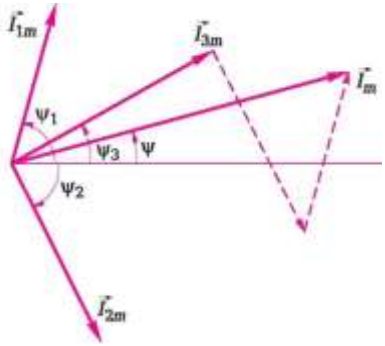
- амплитуда $A_т$;
- жиілік*f*немесе период *T*= 1/f;
- бастапқы фаза ψ.

Сызықтық тізбектерде синусоидалық ЭҚК синусоидалық тоқты белсенді кедергі бар тармақта, сыйымдылық пен индуктивтілігі бар тармақтарда жасайды. Дегенмен, тұрақты токқа қарағанда, айнымалы тоқ ЭО жеке бөліктерінде кернеу мен тоқ фаза бойынша сәйкес келмеуі мүмкін, яғни олардың бастапқы фаразалары ψ_u және ψ_i тең болмайды. Демек, олардың арасында фазалық жылжыту пайда болады $\varphi = \psi_u - \psi_i$. Ол ЭО ішінде кондесаторлар мен инерцияға ие реактивті кедергісі бар индуктивті шарғыларының бар болуымен түсіндіріледі.

2.1.2. Векторлық диаграммалар

Синусоидалық функция амплитуда және бастапқы фазамен анықталғандықтан, ол ұзындығы амплитудаға, ал полярлық бұрыш бастапқы фазаға пропорционалды вектор түрінде белгіленуі мүмкін (Сурет 2.1, *в*).





Сурет 2.2. ЭО торабы (а) және тогы бар контур (б) Сурет 2.3. Токтардың векторлық диаграммасы

Векторлар және векторлық диаграммаларды енгізу айнымалы тоқтың ЭО есептемелерін едәуір жеңілдетеді.

Мысалы, егер ЭО торабында токтар берілсе (Сурет 2.2, *а*)

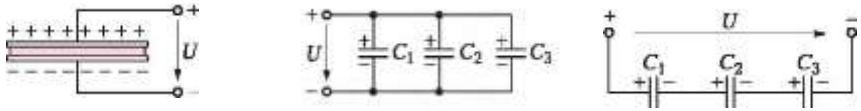
$$i_1 = I_{1m}\sin(\omega t + \psi_1),$$
$$i_2 = I_{2m}\sin(\omega t - \psi_2),$$
$$i_3 = I_{3m}\sin(\omega t + \psi_3),$$

онда Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес нәтижелеуші тоқ $i = i_1 + i_2 + i_3$.

Синусоидалық токтардың лездік мәндерін қосу іс жүзінде мүмкін емес, сондықтан векторлар көмекке келеді. Белгілі бір масштабта берілген векторларды параллелограмм ережесі бойынша немесе топографиялық әдіспен (бір вектордың шетінен басқасы басталады және т.б.) қосу арқылы, тоқтың жиынтық векторы анықталады, яғни, тоқтың амплитудалық мәні I_m және оның бастапқы фазасы ψ да анықталады (Сурет 2.3). Осы жағдайда нәтижелеуші тоқтың лездік мәні $i = I_m\sin(\varphi t + \psi)$, ал тоқтың әрекеттік мәні $I = I_m/\sqrt{2}$.

2.1.3. Сыйымдылық

Кез келген диэлектрикпен (ауа, слюда, қағаз, керамика және т.б.) бөлінген екі өткізгіш электрлік конденсаторды құрайды (Сурет 2.4, *а*). Ол өткізгіштерде (астарында) шамасы бойынша тең және таңбасы бойынша қарама-қарсы электр зарядтарын жинап, сақтай алады.



а б в

Сурет 2.4. Конденсатор (а); бірнеше конденсаторлардың параллель (б) және кезекті (в) байланысуы

Қоршаудың біреуінің q зарядының қоршаулар арасындағыU кернеуіне қатынасы конденсатор *сыйымдылығы* деп аталатын тұрақты шаманы айтады:

$$C = \frac{q}{U}.$$

Сыйымдылық фарадтармен өлшенеді (Ф). Бір фарад — бұл конденсатор сыйымдылығы, ал оның коршаулар арасындағы кернеу 1 В кезінде 1 Кл зарядқа тең болады. 1 Ф сыйымдылығы өте үлкен (Жер шарының сыйымдылығы 6 Ф), сондықтан іс жүзінде ол өлшеудің бөлшектік бірліктерімен пайдалынады: микрофарад (1 мкФ = 10^{-6} Ф), нанофарад (1 нФ = 10^{-9} Ф) және пикофарад (1 пФ = 10^{-12} Ф).

Конденсатордың сыйымдылығы оның өлшемдері, формасы және материалдарының салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштікпен ε анықталады. Тегіс конденсатор үшін

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d},$$

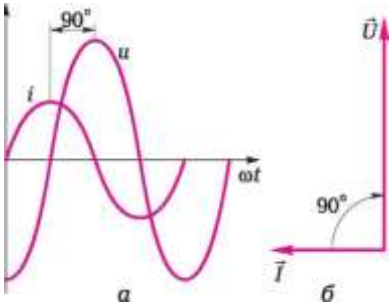
мұндағы ε_0— 8,86- 10^{-12} Ф/м тең электрлік тұрақты шама (вакуумның абсолюттік диэлектрлік өткізгіштігі); S— қоршау ауданы; d— қоршаулар арасындағы қашықтық.

Конденсатордың сыйымдылығын арттыру үшін салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштігі артық материалдар қолданылады. Керамиканың жеке түрлерінде ε бірнеше мыңға жетеді, мысалы, барий титанаты ($BaTiO_3$) 5 000 тең.

Сыйымдылықты арттыру қажеттілігі бар болса, бірнеше конденсаторлардың *параллель* байланысын пайдалануға болады (Сурет 2.4, *б*). Осы байланыста қоршаулар ауданы ұлғайып, жалпы сыйымдылығы әрбір конденсатордың сыйымдылықтары сомасына тең болады:

$$C_{общ} = C_1 + C_2 + C_3.$$

Конденсаторлардың *кезекті* байланысы жағдайында (Сурет 2.4, *в*) олардың жалпы сыйымдылығы азаяды. Ол келесі формула бойынша есептеледі:



Сурет 2.5. Конденсаторы бар ЭО үшін уақытша (а) және векторлық (б) диаграммалар

$$C_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}.$$

Конденсатор диэлектрикпен бөлінген екі өткізгіштерден тұратындықтан, тұрақты тоқ мұнда өтпейді. Конденсатордың кедергісі өте үлкен болып тұрады.

Егер конденсатор қысқыштарына синусоидалық кернеуді қосатын болсақ

$$u = U_m \sin \omega t,$$

онда конденсатор заряды синусоидалық түрде өзгереді:

$$q = Cu = CU_m \sin \omega t.$$

Электр тогы – зарядтың өзгеру жылдамдығы болғандықтан,

Сонда, конденсаторы бар электр тізбегіндегі тоқ кернеуді фаза бойынша 90° асатын синусоидалды түрде өзгереді (Сурет 2.5).

$I_m = \omega CU_m = U_m/(1/(\omega C))$ екендігін есепке алатын болсақ, сыйымдылықты кедергі үшін келесі өрнекті жазуға болады:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}.$$

ЭО сыйымдылығы мен кернеуі жиілігіне кері пропорционалды кедергі реактивті сыйымдылық кедергісі деп аталады. Белсенді кедергі сияқты олда омдармен өлшенеді (Ом).

Конденсатор жинайтын электр энергиясы,

$$W_C = \frac{CU^2}{2}.$$

2.1.4. Индуктивтілік

Синусоидалдық тоқ $i = I_m \sin\omega t$ өзі өтетін контурда синусоидалды магниттік тасқынды Ф жасайды (Сурет 2.2, *б*).

Осы магниттік тасқын токқа тура пропорционал болып келеді, яғни

$$\Phi = Li,$$

мұндағы L — магниттік тасқыны және тоқ арасындағы пропорционалдық коэффициенті.

Осы коэффициентті *индуктивтілік* немесе *өзіндік индукция коэффициенті* деп атайды. Индуктивтілік генримен өлшенеді (Гн). Ол контурдың мөлшері және формасы, сонымен қатар қоршаған ортаға тәуелді болады (магниттік өткізгіштік μ.). Шарғы үшін

$$L = \mu_0 \mu \frac{w^2 S}{l},$$

мұндағы μ_0= 4л- 10 ^{7} Гн/м — магниттік тұрақты шама (ауаның магниттік өткізгіштігі); w, *S*, *l* — сәйкесінше айналым саны, көлденең қима ауданы, м^2, және шарғы ұзындығы, м.

Контурды қиятын магниттік тасқын онда ЭҚК электрмагниттік индукциясы заңына сәйкес магниттік тасқынның өзгеру жылдамдығына тең өзіндік индукцияны e_L жасайды.

Осы ЭҚК қосымша кернеуді *u* теңістіріп, оған қарай бағытталған: $e_L = -u$.

Сонда

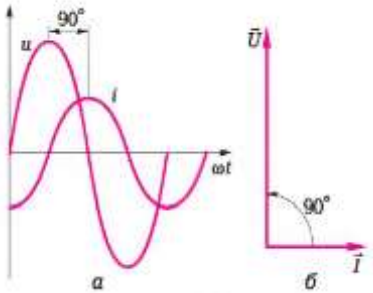
$$u = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = L\frac{\Delta i}{\Delta t} = L\frac{\Delta(I_m \sin\omega t)}{\Delta t} = \omega L I_m \cos\omega t = U_m \sin(\omega t + 90°).$$

Сөйтіп, индуктивтілік шарғысы бар электр тізбегіндегі кернеу синусоидалды түрде өзгереді де, токтан фаза бойынша 90° асады (Сурет 2.6). Есте сақтауға оңай болуы үшін: тоқ шарғы орамдарына «оралып», оның екінші нәтижесіне кейінірек келді.

$U_m = \omega L I_m$ есепке ала отырып, индуктивтілік кедергі үшін келесі өрнекті жазуға болады:

$$X_L = \omega L$$

Бұл кедергі ЭО қосымша кедергі мен индуктивтілігі тура пропорционалды болып келеді де, *реактивті индуктивті* кедергі деп аталады. Ол оммен өлшенеді.



Сурет 2.6. Индуктивтілік шарғысы бар ЭО үшін уақытша (а) және векторлық (б) диаграммалар

Электр тогының өтуі кезінде индуктивтілік шарғысы қамсыздандыратын магниттік энергия,

$$W_L = \frac{LI^2}{2}.$$

ТӘЖІРИБЕ

Типтік есептерді шешу мысалдары

1. *А* торабына (Сурет 2.7, а) жиілігі бірдей үш синусоидалды тоқ ағып кіріп, тораптан бір тоқ ағып кетеді. Ағып кіретін токтарды лездік мәндері белгілі: i_1= 2 sin(ωt + 30°); i_2= 2,7 sin(ωt - 45°); i_3 = 3,3 sin(ω*t* + 110°). Ағып кететін тоқтың *i* лездік мәні мен электрмагниттік жүйенің амперметр көрсеткіштерін анықтаңыз. Есептеуді векторлық диаграмма көмегімен жасаңыз.

Шешім. Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес *а* торабы үшін: $i = i_1 + i_2 + i_3$немесе векторларға қатысты: $I_m = I_{1m} + I_{2m} + I_{3m}$.

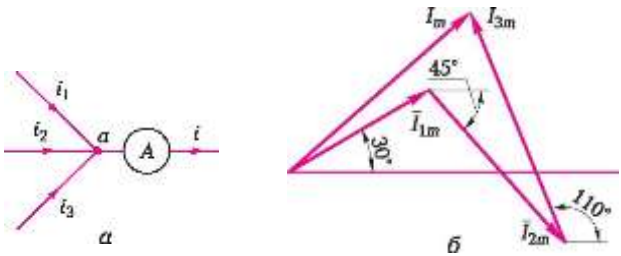
Есептеуді келесі тәсіл арқылы жасаймыз.

Токтардың масштабын таңдаймыз m_I= 0,1 А/мм.

Таңдалған масштабта горизонталдық оське қатысты сәйкес бұрыштарының астында векторларды қойып, токтардың векторлық диаграммасын құрастырамыз (Сурет 2.7, *б*).

Бірінші вектордың басы мен соңғы вектордың шетін байланыстыру арқылы нәтижелік вектор пайда боладыI_m.*Нәтижелік тоқтың амплитудалық мәніне* пропорционалды оның ұзындығын (31 мм) және полярлық бұрышын (40°) – тоқ *пен кернеу арасындағы фазалардың жылжу бұрышын* – анықтаймыз. Ағып кететін тоқтың лездік мәні үшін өрнекті жазамыз:

$$i = m_I \cdot 31 \sin(\omega t + 40°) = 0{,}1 \bullet 31 \sin(\omega t + 40°) = 3{,}1 \sin(\omega t + 40°).$$

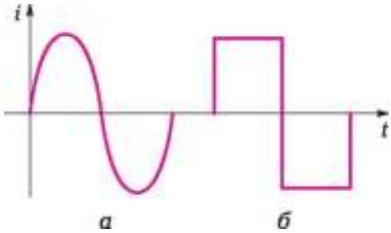


Сурет 2.7. ЭО торабы (а) және токтардың векторлық диаграммасы (б) 2.1 тарауының 1 есебіне берілген

i туындайтын тогы бар тармаққа қосылған амперметр тоқтың әрекеттік мәнін көрсетеді $I = I_m/\sqrt{2} = 2{,}2$ А.

Жауап. Туындайтын тоқтың лездік мәні амперметр $i = 3{,}1\sin(\omega t + 40°)$;

тоқтың әрекеттік мәнін көрсетеді *I*= 2,2 А.



Сурет 2.8. тоқ формалары (а, б) - 2.1 тарау, 2 есеп

2. 2.8, *а* және 2.8, *б* суреттерінде көрсетілген тоқтың әрекеттік мәні мен формалары бірдей ме?

Жауап. Жоқ, бірдей емес. Синусоидалық тоқ периодтың әрбір сәтінде өткізгішті әр түрлі жылытады, ал тікбұрышты тоқ болса бірдей жылытады. Ол дегеніміз өткізгішті тікбұрышты токпен жылыту синусоидалық токқа қарағанда көбірек ($\sqrt{2}$ есе) болады.

3. Амплитудасы бірдей, бірақ жиілігі әр түрлі екі синусоидалық токтардың әрекеттік мәндері бірдей бола ма?

Жауап. Бірдей, себебі тоқтың әрекеттік мәні $I = I_m\sqrt{2}$, мұндағы I_m— тоқтың амплитудалық мәні. Осы жағдайда екі тоқтың амплитудалық мәндері бірдей.

Өздігінен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

4. Айнымалы тоқтың ЭО шығарұштарына қосылған электрмагниттік жүйенің вольметрі 220 В көрсетеді. ЭО кернеуінің амплитудалық мәні неге тең?

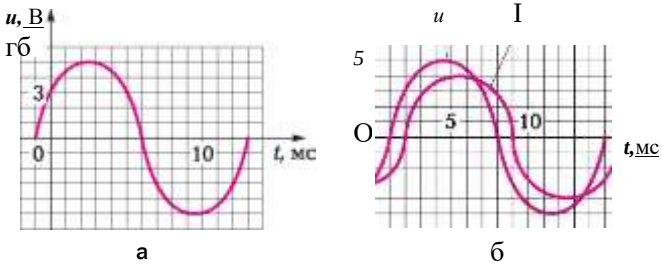
5. Жүргізу-реттеу аппаратурасының люминесценттік шамдарға арналған дросселінің индуктивтілігі 1,3 Гн тең. Оның 50 Гц өнеркәсіептік жиілігіндегі индуктивтік кедергісін анықтаңыз.

6. 50 Гц жиілігі кезінде Конденсатордың сыйымдылық кедергісі 318 Ом тең. Конденсатордың сыйымдылығын анықтаңыз.

7. 2.9, *а* суретінде осциллограммасы көрсетілген синусоидалық тоқтың жиілігі, бастапқы фазасы және амплитудасы неге тең?

8. 2.9, *а* суретінде осциллограммасы көрсетілген қуат көзінің қысқыштарына қосылған вольметрдің көрсеткіштері қандай болады?

9. 2.9, *б* суретінде осциллограммалары көрсетілген синусоидалық кернеу мен тоқ үшін бастапқы фазаларын анықтаңыз.



Сурет 2.9. Кернеу мен тоқ осциллограммалары: *а*– 2.1 тарауының 7, 8 есептері; *б*–2.1 тарауының 9–11 есептері

10. 2.9, *б* суретінде осциллограммалары көрсетілген синусоидалық кернеу мен тоқ арасындағы фазалық жылжытуды анықтаңыз.
11. 2.9, *б* суретінде тоқ пен кернеу осциллограммалары көрсетілген ЭО сипатын анықтаңыз.
12. Тізбектегі тоқ және кернеу келесі өрнектер арқылы сипатталады: i= = 22 sin(314t- 90°), А; u = 220 sin(314t - 90°), В. Айнымалы тоқтың жиілігі мен жүктелім сипатын анықтаңыз.
13. Тізбектегі тоқ және кернеу келесі өрнектер арқылы сипатталадыi = 24 sin 314t, А; u = 32sin314t, В. Тоқ, кернеу және қуаттың әрекеттегі мәндерін анықтаңыз.
14. Қуаты 660 Вт электр плитасы желіден қуат алады, ал оның кернеуі келесі өрнек арқылы анықталады u= 311sin314t, В. Желіге қосылған вольтметр және амперметр кернеу мен тоқтың қандай мәндерін көрсетеді?

Атауы	Белгілеу	Өлшем бірлігі
ЭҚК	*h Im<I*	Гн
Тоқ күші	И. $и_т$ и	А
Кернеу	*e*, $E_т$, *E*	В
Индуктивтілің	<P	град.
Сыйымдылық	*L*	Ф
Фазалардың жылжу бұрышы	*C*	В

Сурет 2.10. Физикалық шамаларының, олардың белгіленуі мен өлшем бірліктері арасындағы байланыстар 2.1 тарау, 15-есеп

15. 2.10 суретінде айнымалы тоқтың электр тізбегінің негізгі параметрлері, олардың белгіленуі мен өлшем бірліктерінің арасындағы байланыстарды тиісті сызықтармен көрсетіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Айнымалы тоқ қалай өзгереді?
   а) шама бойынша;
   б) бағыт бойынша;
   в) мерзімді түрде;
   г) барлық жауаптар дұрыс.
2. Синусоидалық тоқтың негізгі параметрлерін атаңыз.
   а) амплитуда;
   б) жиілік;
   в) бастапқы фаза;
   г) барлық жауаптар дұрыс.
3. Айнымалы тоқтың әрекеттік мәні дегеніміз не?
   а) осы тоқтың өту мерзімінде нақты синусоидалық тоқ кезінде сияқты бірдей жылу бөлінетін тұрақты шама;
   б) ток мәні амплитудалық мәнге қарағанда $\sqrt{2}$ есе кем;
   в) электрмагниттік жүйе аспаптары өлшейтін тоқ мәні;
   г) барлық жауаптар дұрыс.
4. Ток векторы айнымалы тоқтың қандай параметрлері арқылы анықталады?
   а) амплитуда және бастапқы фаза;
   б)жиілік пен амплитуда;
   в) бастапқы фаза және жиілік;
   г) период және жиілік.
5. Төменде келтірілген өрнектердің қайсысы сыйымдылық кернеуі үшін дұрыс?
   а) X_C = юС;
   б) X_C = 1/(юС);
   в) X_C = &L;
   г) XC = 1/(wL).

6. Конденсатор арқылы өтетін тоқ қоршаулардағы кернеуге қатысты қандай әрекет етеді?
   а) 90°-қа асады;
   б) 90° артта қалады;
   в) фаза бойынша сәйкес келеді;
   г) ең жеңіл жол табады.

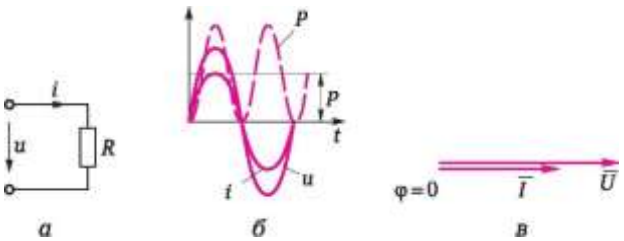
7. Төменде келтірілген өрнектердің қайсысы индуктивті кедергі үшін дұрыс?
   а) X_L= юС;
   б) X_L= 1/(юС);
   в) X_L= *&L;*
   г) X_L= *1/wL.*
8. Индуктивтілік шарғысынан өтетін тоқ ондағы кернеуге қатысты қандай әрекет жасайды?
   а) 90°-қа асады;
   б) 90° артта қалады;
   в) фаза бойынша сәйкес келеді;
   г) ең жеңіл жол табады.
9. Ток жиілігі екі есе ұлғайса, конденсатордың сыйымдылық кедергісі қалай өзгереді?
   а) екі есе ұлғаяды;
   б) өзгермейді;
   в) екі есе азаяды;
   г) болжау мүмкін емес.

2.2 БЕЛСЕНДІ КЕДЕРГІСІ, ИНДУКТИВТІЛІГІ ЖӘНЕ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫ БАР АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

ТЕОРИЯ

2.2.1. Белсенді кедергісі бар тізбек

*R*кедергісі бар ЭО (Сурет 2.11, а) синусоидалық кернеуu= $U_m$sinatартылған.Сонда тізбектегі тоқ таi= u/R = (U_m/R)sinωt = $I_m$sinωtсинусоидалық түрде өзгеріп, фаза бойынша қосымша кернеуге сәйкес келеді (Сурет 2.11, *б*).



Сурет 2.11. Белсенді кедергісі бар электр тізбегі:
а — ЭО схемасы; *б* — уақыт диаграммасы; *в* — векторлық диаграмма

Векторлық диаграмманың түрі 2.11, *в* суретінде келтірілген.

Белсенді кедергісі бар тізбектегі лездік қуат

$$p = ui = U_m I_m \sin^2 \omega t = \frac{U_m I_m}{2} - \frac{U_m I_m}{2} \cos 2\omega t = UI - UI \cos 2\omega t = P - P \cos 2\omega t.$$

Бұл белсенді кедергідегі лездік қуат *p* тұрақты құрамдас шама *P* және екілік жиіліктің айнымалы шамасынан тұратынын білдіреді. Сонымен қатар ол әрдайым оң болып келеді (2.11, *б* суретін қараңыз) де, 0-ден $P_m = U_m I_m$ дейін өзгереді. Демек, белсенді кедергісі бар тізбекте энергия барлық уақытта қуат көзінен пайдаланылады және қайтарымсыз түрде кедергі мен жылуға айналады.

Белсенді кедергісі бар тізбектегі қуат белсенді деп аталады және *P* таңбасымен белгіленіп, ваттармен өлшенеді (Вт).

2.2.2. Индуктивтілігі бар тізбек

ЭО (Сурет 2.12, а) индуктивтік шарғысының белсенді кедергісі өте аз және оны елемеуге болады деп алайық (индуктивтіліктің мінсіз шарғысы). Шарғыдағы тоқ синусоидалық заң бойынша өзгереді:

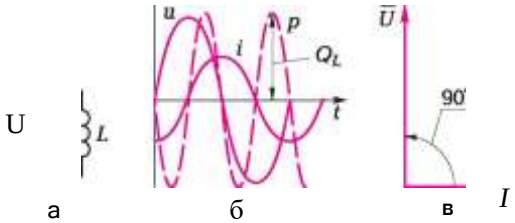
$$i = I_m \sin\omega t.$$

Жоғарыда көрсетілгендей, осы жағдайда шарғы қысқыштарындағы кернеу тоқты 90°-қа асып барады (Сурет 2.12, *б*). Мінсіз индуктивтілік шарғысы бар тізбектің векторлық диаграммасы 2.12, *в* суретінде келтірілген түрге ие болады.

Индуктивтілігі бар тізбектегі лездік қуат

$$p = ui = U_m \sin\omega t \, I_m \cos\omega t = \frac{U_m I_m}{2} \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t.$$

Лездік қуат қос жиілікпен өзгереді. Тоқтың ұлғаюы кезінде (оның бағытына қарамастан) желіден келіп тұратын магниттік өрісінің энергиясы жиналады.



Сурет 2.12. Мінсіз шарғысы бар электр тізбегі

а — ЭО схемасы; *б* — уақытша диаграмма; *в* — векторлық диаграмма

Жиналған энергия нөлден максималды шамаға дейін өседі. Осы жағдайда тізбек тұтынушы режимінде жұмыс істейді.

Тоқты азайту кезінде магниттік өрісінің энергиясы максималды шамадан нөлге дейін төмендейді. Жиналған энергия желіге қайта оралады, ал тізбек генератор режимінде жұмыс істейді.

Демек, мінсіз индуктивтілік шарғысы бар тізбектік энергия жұмсалмайды, ал керісінше желі мен индуктивтілік шарғы арасында энергиямен мерзімді алмасу процесі жүреді.

Период бойынша орташа қуат нөлге тең, белсенді қуат та P нөлге тең болады. Индуктивтілігі бар тізбектегі қуаттың максималды шамасын, әдетте, реактивті қуат деп атайды да, Q_L таңбасымен белгілейді;

$$Q_L = U_L I = I^2 \omega L = \frac{U_L^2}{\omega L}.$$

Реактивті қуаттың өлшем бірлігі Q— вольт-ампер реактивті (вар).

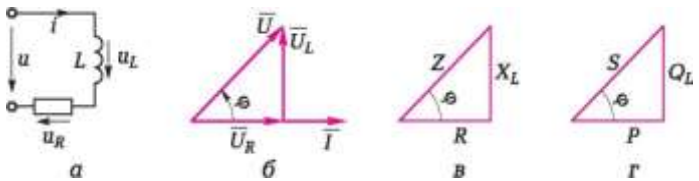
2.2.3. Индуктивтілік пен белсенді кедергісі бар тізбек

Нақты индуктивтілік шарғысында үнемі белсенді кедергіні болады (Сурет 2.13, *а*), себебі мыс немесе алюминий сымдарынан жасалған.

Сонда Кирхгофтың екінші заңына сәйкес $u = u_R + u_L$ немесе векторларға $U = U_R + U_L$ байланысты векторлық диаграмма 2.13, *б* суретінде келтірілген түрге ие болады.

Кернеу векторлары тікбұрышты үшбұрышты құрайды. Ол кернеу үшбұрышы деп аталады да, содан

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} \quad \text{или} \quad IZ = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L)^2}.$$



Сурет 2.13. Нақты индуктивтілік шарғысы бар электр тізбегі: *а* — ЭО схемасы; *б* — кернеу үшбұрышы; *в* — кедергілер үшбұрышы; *г* — қуаттар үшбұрышы

Осыдан кейін кедергілер үшбұрышы (Сурет 2.13, *в)* келесі өрнек түріне ие

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2},$$

болады

мұндағыZ, R, X_L— омдармен өлшенетін сәйкесінше толық, белсенді, индуктивті кедергілер.

φ бұрышы тек Rи X_L тізбек параметрлеріне тәуелді болып келетіні кедергілер үшбұрышынан анық болады. Бұрыш шамасы I тогының вектор бағытынан бастау алады.

Кедергілер үшбұрышы өрнегін тоқ күші квадратына көбейту арқылы, біз қуатты үшбұрышы өрнегін анықтай аламыз (Сурет 2.13, *г*):

$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2},$$

мұндағы S— вольт-амперлермен өлшенетін (В • А) толық (жорамал) қуат; P — ваттармен өлшенетін белсенді қуат (Вт); Q_L— вольтампер реактивтілермен өлшенетін индуктивті сипаттағы реактивті қуат (вар).

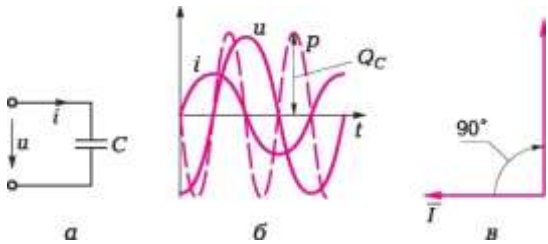
Қуаттар үшбұрышынан келесі өрнекті жазуға болады

$P = S\cos\varphi = UI\cos\varphi$.

Белсенді қуаттың толық қуатқа қатынасы $P/S=\cos\varphi$*қуат коэффициенті* деп аталады да, толық қуаттың қай бөлігі тиімді жұмыс жасай алатынын көрсетеді.

2.2.4. Сыйымдылығы бар тізбек

Егер конденсаторы бар ЭО қысқыштарында (Сурет 2.14, а) кернеу синусоидалық заң бойынша өзгеретін болса, яғни $u= U_m\sin \omega t$ болса, онда конденсаторы бар тізбектегі тоқ та, жоғарыда көрсетілгендей, синусоидалық заң бойынша өзгереді және кернеуді 90°-қа асып түседі (Сурет 2.14, *б*). Сыйымдылығы бар тізбектің векторлық диаграммасы 2.14, *в* суретінде келтірілген түрге ие болады.



Сурет 2.14. Сыйымдылығы бар электр тізбегі: *а*— ЭО схемасы; *б* — уақытша диаграмма; *в* — векторлық диаграмма

Сыйымдылығы бар тізбектегі лездік қуат

$$p = ui = U_m \sin\omega t\, I_m \cos\omega t = \frac{U_m I_m}{2}\sin 2\omega t = UI\sin 2\omega t,$$

яғни, индуктивтілігі бар ЭО сияқты лездік қуат қос жиілікпен өзгереді. Период бойынша орташа қуат нөлге тең, белсенді қуат та P нөлге тең болады.

Демек, сыйымдылығы бар тізбекте де, мінсіз индуктивтілік шарғысы бар тізбекте сияқты, энергия жұмсалмайды, ал керісінше қуат көзі мен сыйымдылық (конденсатор) арасында энергиямен мерзімді алмасу процесі жүреді

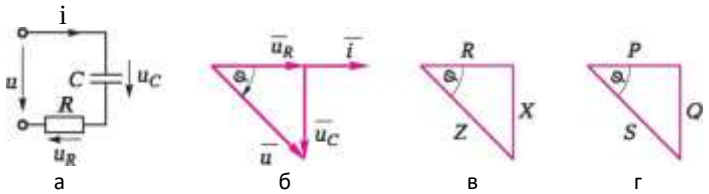
Сыйымдылығы бар тізбектегі максималды қуат шамасы реактивті қуат деп аталады

$$Q_C = U_C I = \frac{I^2}{\omega C}.$$

Реактивті қуатты өлшеу бірлігі — вольт-ампер реактивтік (вар).

2.2.5. Сыйымдылық пен белсенді кедергісі бар тізбек

Сыйымдылық пен белсенді кедергісі бар тізбектегі процестер (Сурет 2.15, *а*) индуктивтілік пен белсенді кедергісі бар тізбекпен ұқсастықтары бойынша талдана алады.



Сурет 2.15. Сыйымдылық пен белсенді кедергісі бар электр тізбегі: *а* — ЭО схемасы; *б* — кернеу үшбұрышы; *в* — кедергілер үшбұрышы; *г* — қуаттар үшбұрышы

Тек тізбектің кернеуі токтан φ бұрышы шамасына артта қалып отыратынына назар аударайық (Сурет 2.15, *б*). Сонда толық кедергіні $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ кедергілер үшбұрышынан тауып алуға болады (Сурет 2.15, *в*), ал толық қуатты $S = \sqrt{P^2 + Q_L^2}$ – қуаттар үшбұрышынан (Сурет 2.15, *г*).

ТӘЖІРИБЕ

Типтік есептерді шешу мысалдары

1. Люминесценттік шамдардың жүргізу-реттеу аппаратурасының дросселін тұрақты кернеуге 21 В қосу кезде амперметр тоқтың 0,7 А шамасын көрсетті. Дәл осы дросселді жиілігі 50 Гц айнымалы кернеу 220 В шамасына қосқан кезде амперметр көрсеткіші 0,5 А тең болды. Дроссельдің белсенді кедергісі мен оның индуктивтілігін анықтаңыз.

Шешім. Тұрақты тоқ кезінде ω=0 және, демек, $X_L = \omega L = 0$. Сондықтан дроссельдің белсенді кедергісін Ом заңына сәйкес анықтаймыз: $R_{др} = U/I = 21/0{,}7 = 30$ Ом.

Жиілігі 50 Гц айнымалы кернеу кезінде ω=2·3,14·50= 314 рад/с және, демек, $X_L = \omega L = 314L$. Дроссельдің толық кедергісі $Z_{др} = \sqrt{R_{др}^2 + X_L^2} = 220/0{,}5 = 440$ Ом.

Сонда $X_L = \sqrt{Z_{др}^2 - R_{др}^2} = \sqrt{440^2 - 30^2} = 439$ Ом, ал $L = X_L/314 =$
$= 439/314 = 1{,}4$ Гн.

2. $U_{раб} = 36$ В жұмыс кернеуіне жасалған, қуаты $P = 40$ Вт қызу шамын *Л* кернеуі $U = 220$ В, жиілігі 50 Гц желіге қосу қажет. Сөндіруші кедергі ретінде резистор пайдаланылады (Сурет 2.16). Резистордың кедергісі мен шашырау қуатын анықтаңыз.

Шешім. Шам арқылы өтетін, оның таза белсенді сипатын есепке ала отырып, жұмыс тогын есептейміз: $I = P/и_{раб} = 40/36 = 1{,}1$ А.

Кезекті түрде қосылған шам мен резистордан тұратын ЭО толық кедергісін табамыз: $Z = U/I = 220/1{,}1 = 200$ Ом.

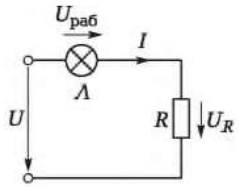
Шамның кедергісін есептейміз: $R_A = и_{раб}/1 = 36/1{,}1 = 32{,}7$ Ом.

Қызу шамы таза белсенді кедергіге ие болатының есепке ала отырып, резистордың кедергісін анықтаймыз: $R = Z - R_A = 200 - 32{,}7 = 167{,}3$ Ом.

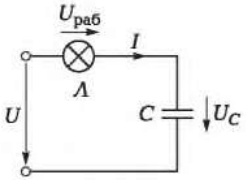
Резистор шашырайтың қуатты табамыз: $P = I^2R = 1{,}1^2 \cdot 167{,}3 = 202{,}4$ Вт.

Жауап. Кернеу 36 В кезінде шам кернеуі 220 В желіден қуат алуы үшін шаммен кезекті түрде кедергісі 167,3 Ом, шашырау қуаты 203 Вт, резисторды қосу керек.

Бұл едәуір үлкен қуатты дәнекерлеуіш қуатымен салыстыруға болады.



Сурет 2.16. ЭО схемасы - 2.2 тарау, 2 есеп



Сурет 2.17. ЭО схемасы - 2.2 тарау, 3 есеп

Шамның желідегі жұмысын басқаша қамтамасыз етуге бола ма? Болады, егер резистордың орнына конденсаторды қолдансақ.

3. $U_{раб}$ = 36 В жұмыс кернеуіне жасалған, қуаты P = 40 Вт қызу шамын *Л* кернеуі U= 220 В, жиілігі 50 Гц желіге қосу қажет. Сөндіруші кедергі ретінде конденсатор пайдаланылады (Сурет 2.17). Конденсатордың сыйымдылығы мен жұмыс кедергісін анықтаңыз

Шешім. Шам арқылы өтетін, оның таза белсенді сипатын есепке ала отырып, жұмыс тогын есептейміз: $I = P/U_{раб}$ = 40/36 = 1,1 А.

Кезекті түрде қосылған шам мен конденсатордан тұратын ЭО толық кедергісін табамыз: $Z = U/I$= 220/1,1 = = 200 Ом.

Шамның кедергісін есептейміз: $R_A = U_{раб}/1$ = 36/1,1 = 32,7 Ом.

Кедергілер үшбұрышынан сыйымдылық кедергісінің шамасын анықтаймыз: $X_c = \sqrt{Z^2 - R_Л^2} = \sqrt{200^2 - 32{,}7^2} = 197$ Ом

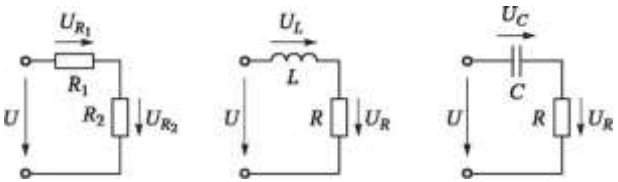
ӨрнектенX_C= 1/(юС) конденсатор сыйымдылыған табамыз: C=1/(ωX_C) = 1/(2·3,14·50·197) = 0,0000161 Ф = 16,1 мкФ.

Конденсатордың жұмыс кернеуі$U_C = X_C I$= 197·1,1 = 216,7 В.

Жауап. Кернеуі 36 В шам кернеуі 220 В желіден қуат алу үшін шаммен кезекті түрде сыйымдылығы 16 мкФ, 250 В жұмыс кернеуіне жасалған, конденсаторды қосу керек. Бұл шағын қағаз конденсатор жылуды мүлдем шашыратпайды.

Өздігінен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

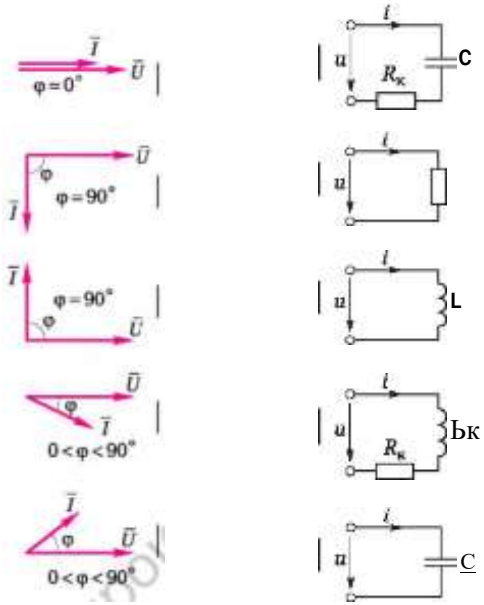
4. 2.18, *а* суретінде келтірілген электр тізбегінің схемасында, резисторлардың кедергісі R_1= 400 Ом, R_2= 300 Ом. Қуат көзі кернеуі U= 210 В, жиілігі 50 Гц. Әрбір резистордағы кернеудің төмендеуін есептеңіз.



а б в

Сурет 2.18. ЭО схемалары - 2.2 тарау, 4(а), 5(б) және 6(в) есептері

Сурет 2.19 ЭО схемалары мен векторлық диаграммалар арасындағы байланыстар (2.2 тарау, 8 есеп)



5. Электр тізбегі (Сурет 2.18, *б)* кернеуі 220 В және жиілігі 50 Гц өнеркәсіптік желіден қуат алады. Шарғының индуктивтілігі *L*0,95 Гн тең, ал резистор кедергісі *R*— 400 Ом. ЭО әрбір элементіндегі кернеудің төмендеуін анықтаңыз.

6. Конденсатор және резистордың кезекті қосылуы бар ЭО шығарұштарына (Сурет 2.18, *в*) қуат 36 В және жиілігі 50 Гц кернеу беріледі. Кедергісі *R*= 100 Ом резисторда кернеудің төмендеуі U_R= 25,5 В тең болып тұр. Конденсаторда кернеудің төмендеуін және конденсатор сыйымдылығын анықтаңыз.

7. Индуктивтілігі 0,2 Гн электрмагниттің орамы кернеуі 220 В және жиілігі 50 Гц желіге қосылған. Орам бойынша өтетін тоқтың амплитудалық мәнін анықтаңыз (орамның белсенді кедергісін есепке алмау).

8. Сол жақта 2.19 суретінде векторлық диаграммалар, ал оң жақта ЭО схемалары берілген. Әрбір схемадан диаграммаға қарай осы схемаға сәйкес тиісті тік сызықты өткізіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Белсенді кедергісі бар тізбектегі тоқ пен кернеу арасындағы фазалардың жылжуы неге тең?

а) 0;

б) 90°;
в) -90°;
г) 120°.

2. Индуктивтілігі бар тізбектегі тоқ пен кернеу арасындағы фазалардың жылжуы неге тең?
а) 0;
б) 90°;
в) -90°;
г) 120°.

3. Сыйымдылығы бар тізбектегі тоқ пен кернеу арасындағы фазалардың жылжуы неге тең?
а) 0;
б) 90°;
в) -90°;
г) 120°.

4. Белсенді қуаттың өлшем бірлігін белгілеңіз.
а) вар;
б) В- А;
в) Вт;
г) Дж.

5. Реактивті қуаттың өлшем бірлігін белгілеңіз.
а) Вт;
б) В- А;
в) Дж;
г) вар.

6. Толық қуаттың өлшем бірлігін белгілеңіз.
а) Вт;
б) вар;
в) Дж;
г) В- А.

7. ЭО жасайтын пайдалы жұмысын қандай қуат анықтайды?
а) толық;
б) белсенді;
в) реактивті;
г) барлық келтірілген қуаттар.

8. Айнымалы тоқтағы ЭО үшін кернеу, кедергі, өткізгіштік, токтар, қуаттар үшбұрыштары нені анықтайды?
а) ЭО белсенді және реактивті құрамдас бөліктерінің арасындағы байланысты;
б) ЭО толық кернеу, кедергі, өткізгіштік, ток, қуат;

в) қуаттылық коэффициентін;
г) барлық келтірілген көрсеткіштерді.

9. Келтірілген өрнектердің қайсысы қуаттар коэффициенті үшін қате болып келеді?
   а) cosφ = P/S;
   б) sinφ= Q/S;
   в) sinφ= Q/P;
   г) cosφ= *R/Z*.

2.3. КОНДЕНСАТОР ЖӘНЕ ИНДУКТИВТІЛІК ШАРҒЫСЫНЫҢ КЕЗЕКТІ ҚОСЫЛУЫ БАР АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ. КЕРНЕУЛЕР РЕЗОНАНСЫ

ТЕОРИЯ

2.3.1. Тербелістік контур

Индуктивтілік шарғысы мен конденсатордың бірге қосылуы белгілі бір жағдайларда тербелістік процесс пайда бола алатын ЭО алуға мүмкіндік береді. Ол конденсатордың индуктивтілік шарғысына токтан ажыратылып, электр энергиясын магниттік энергиясына өзгертіп, конденсаторға электр энергиясын қайтару арқылы, шарғының магниттік өрісінің конденсаторды қайта зарядтау мүмкіндігімен анықталады. Осындай тізбек *тербелістік контур* деп аталады. Онда өзіндік жиілігінің гармоникалық тербелістері пайда болады. Егер осы тербелістер қуат көзімен жасалатын еріксіз тербелістермен сәйкес келсе, онда олар өшпейтін тербелістерге айналуы мүмкін. Тербелістік контур индуктивтілік шарғысы мен конденсатордың кезекті қосылуы кезінде де, параллель қосылу жағдайда да пайда болуы мүмкін.

Омдармен өлшенетін *контурдың сипаттамалық кедергісі* $\rho = \sqrt{L/C}$ формуласы бойынша есептелінеді, мұндағы L— шарғы индуктивтілігі; C — конденсатор сыйымдылығы.

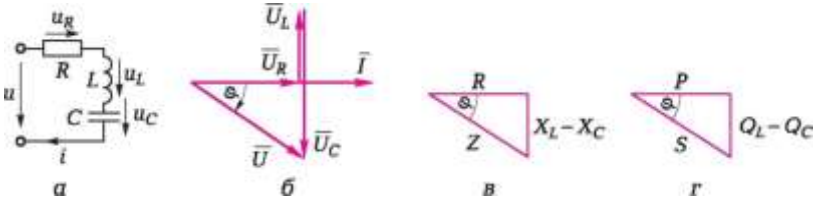
Контур сапалылығы $Q = U_L/U_R = \rho/R$, мұндағы U_L, U_R— индуктивтілік шарғысындағы сәйкесінше индуктивті және кернеудің белсенді құрамдас бөліктері.

2.3.2. Индуктивтілікшарғысы мен конденсатордың кезекті қосылуы

Белсенді кедергісі және сыйымдылығы бар конденсаторы бар индуктивтілік шарғысын қамтитын тармақталмаған ЭО үшін толық кедергі (Сурет 2.20, *а):*

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

Жүктелім сипаты X_L индуктивті және X_C сыйымдылық кедергілері арасындағы φ бұрышының белгісі және шамасына тәуелді болып келеді. Жалпы жағдайда φ бұрышы -π/2 және + π/2 аралығында өзгере алады.



Сурет 2.20. Нақты индуктивтілік шарғысы мен конденсаторы бар электр тізбегі: *а* — ЭО схемасы; *б* — кернеу үшбұрышы; *в* — кедергілер үшбұрышы; *г* — қуаттар үшбұрышы

Егер $X_L < X_C$ болса, онда ЭО сыйымдылық сипатқа ие болып, φ бұрышы < 0. Егер $X_L > X_C$, онда ЭО индуктивті сипатқа ие болып, φ бұрышы > 0.

Кирхгофтың екінші заңына сәйкес кернеулердің лездік мәндері үшін $u = u_R + u_C + u_L$ өрнегі, ал векторлар үшін — $U = U_R + U_C + U_L$ өрнегі ақиқат болып келеді. Кернеулердің векторлық диаграммасы барлық ЭО элементтері үшін *I* тогына қатысты салыстырмалы түрде ортақ болып құрастырылған (Сурет 2.20, *б*). Кедергілер үшбұрышы 2.20 *в* суретінде келтірілген, ал қуаттар үшбұрышы 2.20, *г* суретіндегі түрге ие болады.

2.3.3. Кернеулер резонансы

φ = 0 жағдайы тәжірибелік мүддеге ие болады. Ол $X_L = X_c$ жағдайында орын алуы мүмкін. Осы жағдайда ЭО пайда болатын өзіндік тербелістер қуат көзі жасайтын еріксіз тербелістерге сәйкес болып келеді. Сонда $U = IR$, яғни тоқ және кернеу арасында фазалардың жылжуы жоқ болады. тоқ $I = U/R$ максималды болып келеді, себебі тізбектің толық кедергісі минималды болып тұрады ($Z = R$). Осыған орай индуктивтілік шарғы мен конденсатордағы кернеулер бірдей болып келеді ($U_L = IX_L = U_C = IX_C$).

Олар максималды болып келеді және, егер $X_L = X_c \gg R$ болса, қуат кернеуінен өте асып кетуі мүмкін.

Техникада қуат көзі кернеуіне қатысты ЭО жеке элементтерінде кернеудің өсуі құбылысы *кернеулер резонансы* деген атауға ие болды.

Индуктивтілік шарғысы мен конденсаторы бар электр тізбектегі резонанстың жиілік, радиотехникада LC-контур деп аталады да, тізбекке әкелінген кернеу жиілігіне тең болып келеді.

$X_L = X_c$, немесе $2\pi fL = 1/2(\pi fC)$ шарттарынан резонанстық жиілік өрнегі пайда болады:

$$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

$f = 50$ Гц өнеркәсіптік жиілік үшін осыған жуық өрнек жазып алуға болады және ол резонанстық сыйымдылық пен индуктивтілікті өзара байланыстыратын болады:

$$C_{рез} = \frac{10}{L}, \text{ мкФ}.$$

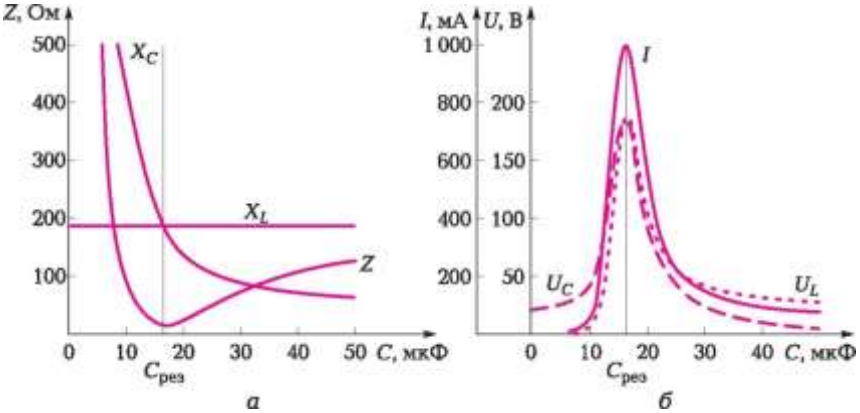
Кернеулер резонансы кезінде тізбектегі тоқ тек тізбек кедергісінің белсенді құрамдас бөлігі арқылы анықталғандықтан, тізбек пен қуат көзі арасында реактивті қуат алмасу процесі жоқ болады. Реактивті қуат контурдың ішінде индуктивтілік шарғысынан конденсаторға қарай және кері бағытта айналып жүреді. Сонымен қатар конденсатордың электр өрісінің энергиясы индуктивтілік шарғысының магнит өрісі энергиясына және керісінше алмасып тұрады. Қуат коэффициенті $\cos\varphi = P/S = 1$.

Тербелістік контурды қарастыру кезде, сонымен қатар, контурдың сипаттамалық кедергісі $p = \sqrt{L/C}$, Ом, және контур сапалылығы $Q = U_L/U_R = p/R$ ұғымдары қолданылады. Резонанс кезінде $p = X_L = X_c = X$ және $Q = X/R$, яғни, белсенді R қатысты реактивті кедергі X неғұрлым көр болса, контур сапалылығы соғұрлым жоғары болып келеді.

Демек, конденсатор және индуктивтілік шарғының реактивті кедергілері арасындағы теңдік кернеулер резонансының *шарты* болып табылады: $X_L = X_c$.

Ал резонанс *салдары*:

- ЭО толық кедергісінің минималды мәні ($Z = R$);
- ЭО тоқтың максималды мәні ($I = U/R$);
- ЭО таза белсенді тоқты пайдалану ($\varphi = 0$, $\cos\varphi = P/S = 1$);
- Реактивті элементтердегі кернеулердің теңдігі ($U_L = U_C$) және олардың қуат көзі кернеуін едәуір түрде асып кету мүмкіндігі.



Сурет 2.21. ЭО элементтерінде кедергілер (а), тоқ және кернеулердің (б) өзгеру графиктері

Кернеулер резонансын қуат көзі жиілігін өзгерту арқылы немесе индуктивтілік *L*және сыйымдылықты *C* өзгерту арқылы контурдың өзіндік жиілігін өзгерту арқылы алуға болады.

Іс жүзінде көбінесе айнымалы сыйымдылық конденсаторлары пайдаланылады. Ол резонансқа контурды баптап енгізуге мүмкіндік береді. Сонда индуктивтілік кедергі $X_L = 2\pi fL$тұрақты болып қалады, ал сыйымдылық кедергі $X_C = 1/(2\pi fC)$ гиперболикалық заңға сәйкес өзгереді. Нәтижесінде ЭО толық кедергісі (контур) өзгереді $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$(Сурет 2.21, а), ал бұл ЭО пайдалынатын тоқтың $I = U/Z$ және тізбек элементтеріндегі кернеудің өзгеруіне әкеледі$U_L = I X_L$ және $U_C = I X_C$ (Сурет 2.21, *б*).

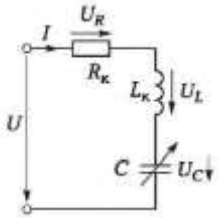
Кернеулер резонансы — қауіпті және зиянды құбылыс, себебі сымдар оқшаулануы мен конденсаторлардың бұзылуы мүмкін. Сонымен қатар радиотехникада осы құбылыс қабылдап-таратушы құрылғыларда резонанстық контурларды құрастыру үшін кең түрде қолданылады.

ТӘЖІРИБЕ

Типтік есептерді шешу мысалдары

1. 2.22 суретінде келтірілген ЭО кернеуі $U = 20$ В, өндірістік жиілігі $f = 50$ Гц, *C* конденсаторының сы йымдылығы 10-30 мкФ шегінде өзгереді, ал индуктивтілік шарғысының белсенді кедергісі $Я_к = 10$ Ом және индуктивтілігі L_R= 0,5 Гн. Резонанс кезінде сыйымдылықтың болжалды мәнін ($C_{рез}$) және, сонымен қатар, ЭО элементтеріндегі тоқ және кернеу мәндерін есептеңіз.

C сыйымдылығы 10-30 мкФ шегінде өзгеруі кезінде ЭО элементтерінде кедергі, тоқ және кернеудің өзгеру графиктерін 2.23 суретінде салыңыз. Сыйымдылық *C* = 15 мкФ кезінде кернеулердің векторлық диаграммасын 2.23 суретінде салыңыз. Сондағы ЭО сипатын анықтаңыз.



Сурет 2.22. ЭО схемасы - 2.3 тарау, 1 есеп

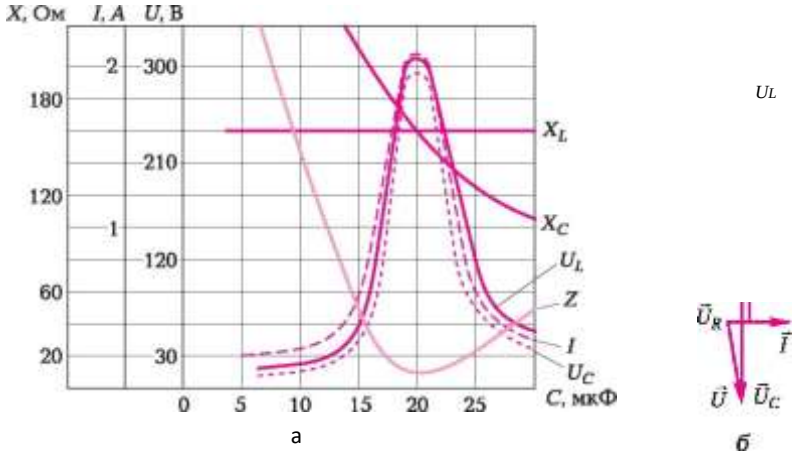
Шешім. Жуықтап алынған формулаы қолдана отырып, резонанс кезіндегі сыйымдылықтың болжалды мәнін есептейміз: $C_{рез}$ = 10/*L*= 10/0,5 = 20 мкФ.

$X_L = 2\pi fL$, $X_C = 1/(2\pi fC)$, $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$, $I = U/Z$, $U_L = IX_L$ және $U_c = IX_C$ формулалары арқылы элементтердің реактивті кедергілері, ЭО толық кедергісі, элементтердегі тоқ және кернеуді есептейміз. Алынған шамаларды 2.1 кестесінің $C_{рез}$ = 20 мкФ мәні бар жолға енгіземіз.

Дәл осылай С сыйымдылығының 10, 15, 25, 30 мкФ берілген параметрлері кезіндегі мәндерін есептеп, одарды 2.1 кестесінің тиісті жолдарына енгіземіз.

2.23, *а* суретінде 2.1 кестесінің деректері бойынша С сыйымдылығының кедергілері, тоқ және кернеулеріне байланысты олардың өзгеру графиктерін таңдалған масштабтарында саламыз.

C = 15 мкФ үшін 2.23, *б* суретінде кернеулердің векторлық диаграммасын саламыз. m_U= 20 В/см кернеулер масштабын таңдаймыз. *I* тогының бағытын горизонталды деп алып, кернеулер векторларының бағыттарын тоқ векторына қатысты аламыз.



Сурет 2.23. ЭО элементтерінде кедергілер, тоқ және кернеулердің (а) өзгеру графиктері және кернеулердің векторлық диаграммасы (б)

Кесте 2.1

С, мкФ	X_L, Ом	X_C, Ом	Z, Ом	I, A	U_L, В	U_C, В
10	157	318	161	0,124	20	39
15	157	212	56	0,357	56	75
срез = 20	157	159	10,2	1,96	307	311
25	157	127	32	0,625	98	79
30	157	106	52	0,385	60	41

Белсенді кедергідегі U_R кернеудің вектор бағыты тоқ векторы бағытымен сәйкес келеді. Индуктивтіктегі U_L кернеу векторы тоқ векторын 90°-қа асып түседі. Оны U_R векторының бір шегінен жүргіземіз. U_c сыйымдылықтағы кернеу векторы тоқ векторынан 90°-қа артта қалып тұрады. Оны U_L векторының бір шегінен жүрзіземіз. U_cвекторының шегі мен U_R векторының басымен қосу арқылы, түсірілген кернеу векторын U аламыз. Ол таңдалған масштабты есепке ала отырып $U = IZ = 0{,}357 \cdot 56 = 20$ В кернеуіне сәйкес болуы қажет. Пайда болған вектордың ұзындығы 1 см, ол $m_U = 20$ В/см масштабы кезінде 20 В мәнге ие болады. Сонда кернеулерің векторлық диаграммасы дұрыс құрастырылған болады.

2.23, *а* суретіндегі графиктер анализі резонанс кезінде (C = 20 мкФ) реактивті кедергілер бірдей, толық кедергінің мәне минималды және индуктивтілік шарғысының белсенді кедергісіне тең, тоқ шамасы максималды, ал реактивті элементтердің кернеуі бірдей, максималды және қуат кернеуін шамамен 15 есе асатынын көрсетеді.

Жауап. Резонанс кезіндегі сыйымдылық мәні 20 мкФ тең, резонанс кезінде тоқ шамамен 2 А, ал реактивті элементтердегі кернеу шамамен 300 В. C = 15 мкФ кезінде ЭО сыйымдылық сипатқа ие болады.

2. Келтірілген өрнектердің қайсысы ЭО кернеулер резонансының шарты болып табылады?

а) $I = I_{max}$; б) $X_L = X_c$; в) $Z = R$; г) $U_L = U_C$, д) φ = 0; е) $I = I_{min}$ ж) $P = S$; з) cosφ=1.

Жауап. б) өрнегі. Тек реактивті кедергілерінің тең болуы кезінде ғана толық кедергі белсенщі кедергіге тең болады ($Z = R$), тізбектегі тоқ өзінің максималды шамасына жетеді ($I = I_{max}$), элементтердегі кернеулер тең және максималды ($U_L = U_c$), *тоқ* және кернеу арасындағы фазалардың жылжу бұрышы нөлге тең (φ= 0), сонда сәйкесінше қуат коэффициенті максималды (cosφ=1) және белсенді қуат толық қуатқа тең болады ($P = S$),

Демек, а), в), г), д), ж) және з) өрнектері кернеулердің резонансы үшін ақиқат болады, бірақ бұның барлығы осы резонанс салдары болып табылады.

е) өрнегінің кернеулер резонансына ешбір қатысы жоқ, ол тоқ резонансына қатысты болады және ол туралы төменде айтылады (2.4.2 тарау бөлімінің қараңыз).

Өздігінен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

3. L= 10 мГн, C = 100 мкФ параметрлері бар бірізді тербелістік контурдың резонанстық жиілігін анықтаңыз.
4. Өнеркәсіптік жиіліктегі электр тізбегіндегі кернеулер резонансы $C_{рез}$ = 15 мкФ кезінде пайда болды. $L_{рез}$ кезіндегі индуктивтік мәнді есептеңіз.
5. L= 100 мГн, C = 50 мкФ параметрлері бар мінсіз тербелістік контурдың сипаттамалық кедергісі мен еркін тербелістер периодын, жиілікті анықтаңыз.
6. Егер тізбекке кернеу U= 220 В, f= 50 Гц түсірілген болса, R= 10 Ом, C= 50 мкФ, L= 202,9 мГн параметрлері бар кезекті тербелістік контур элементтерінде кернеудің төмендеуін анықтаңыз.
7. L= 10 мГн, C = 100 пФ, R= 5 Ом параметрлері кезінде контурдың еркін тербелістер жиілігі мен сапалығын анықтаңыз.
8. Егер қуат кернеуі 21 В, индуктивтілік шарғысының белсенді кедергісі 30 Ом, индуктивтігі 0,64 Гн болса, резонанс кезінде жұмыс істейтін ЭО үшін конденсаторды қандай жұмыс кернеуіне орнату керек?

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. R, L және C элементтерінің кезекті қосылуы бар ЭО толық кедергісі үшін дұрыс өрнекті белгілеңіз.
   а) $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$;
   б) $Z = R^2 + (X_L - X_C)^2$;
   в) $Z = R + X_L + X_C$;
   г) $Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2}$.
2. Резонанс кезінде конденсатор және индуктивтілік шарғысының бірізді қосылуы бар ЭО тогы қайда бағытталады?
   а) минималды мәнге;
   б) номиналды мәнге;
   в) максималды мәнге;
   г) ешқайда бағытталмайды — тұрақты болып қалады.

3. Резонанс кезінде конденсатор және индуктивтілік шарғысының кезекті қосылуы бар ЭО толық кедергісі қайда бағытталады?

а) минималды мәнге;
б) номиналды мәнге;
в) максималды мәнге;
г) ешқайда бағытталмайды — тұрақты болып қалады.

4. Кернеулер резонансы кезінде индуктивтілік шарғысындағы кернеу қайда бағытталады?

а) минималды мәнге;
б) номиналды мәнге;
в) максималды мәнге;
г) ешқайда бағытталмайды — тұрақты болып қалады.

5. ЭО кернеулерінің конденсатор және индуктивтілік шарғысындағы байланыстары мен олардың резонанс кезінде кезекті қосылуы үшін дұрыс қатынасты белгілеңіз.

а) $U_L > U_C$;
б) $U_L < U_C$;
в) $U_L = U_C$;
г) түсірілген кернеуге байланысты болады.

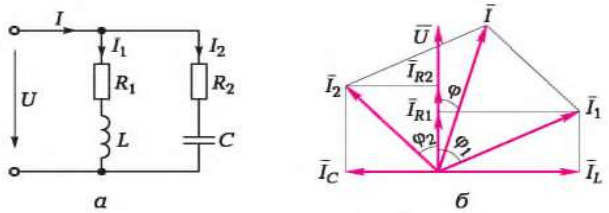
2.4. КОНДЕНСАТОР МЕН ИНДУКТИВТІЛІК ШАРҒЫСЫНЫҢ ПАРАЛЛЕЛЬ ҚОСЫЛУЫ БАР АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ. ТОКТАР РЕЗОНАНСЫ. ҚУАТ КОЭФФИЦИЕНТІН КӨТЕРУ ЖОЛДАРЫ

ТЕОРИЯ

2.4.1. Айнымалы тоқтағы өткізгіштік ұғымы

Айнымалы тоқ ЭО элементтерінің параллель байланысы кезіндегі тұрақты токпен ұқсастығы бойынша анализді өткізгіштік ұғымын пайдалана отырып жүргізу арқылы жеңілдетіледі. Айнымалы тоқ тізбектерінде өткізгіштіктің үш түрі бар — толық (*y*), белсенді (*q*) және реактивті (*b*).

2.24, *а* суретінде келтірілген схема ЭО үшін U, R_1, R_2, *L* және C параметрлері белгілі болсын.



Сурет 2.24. резистор (а) және векторлық диаграммасы (б) бар конденсатор мен индуктивтілік шарғысының параллель қосылуы бар ЭО схемасы

Тармақтардағы токтарды анықтау үшін және векторлық диаграммаларды құрастыру үшін келесі өрнектерді пайдаланамыз:

$$I_1 = U/Z_1\ ;\ I_2 = U/Z_2;$$

$$\cos\varphi_1 = R_1/Z_1;\ \cos\varphi_2 = R_2/Z_2;\ \sin\varphi_1 = X_L/Z_x;\ \sin\varphi_2 = X_c/Z_2,$$

Осы жағдайда токтардың белсенді және реактивті құрамдас бөліктері:

$$I_{R1} = I_1 \cos\varphi_1 = UR_1/Z_1^2 = U_{q1}; I_{R2} = U_{q2};$$

$$I_L = I_1 \sin\varphi_1 = UX_1/Z_1^2 = Ub_L;\ I_C = Ub_c,$$

мұндағы $q_1 = R_1/Z_1^2$ және $q_2 = R_1/Z_2^2$ — өткізгіштердің белсенді құрамдас бөліктері; $b_L = X_L/Z_1^2$ және $b_c = X_c/Z_2^2$ — өткізгіштердің реактивті құрамдас бөліктері (сәйкесінше индуктивті және сыйымдылықты); $Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_L^2}$ және $Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_C^2}$ – параллель тармақтарының толық кедергілері.

Толық өткізгіштік – толық кедергіге кері шама: $y = 1/Z$.

Векторлық диаграмманы құрастыруды (Сурет 2.24, *б)* кернеу векторынан U бастауға ыңғайлы болады. Себебі кернеу екі параллель тармақ үшін ортақ болып келеді.

Құрамдас токтардың векторлары тиісті бұрыштардың астынан жүргізіледі: белсенді құрамдас бөліктері үшін φ=0, реактивті құрамдас бөліктері үшін $\varphi_1 = 90°$ (индуктивті құрамдас бөлік) және $\varphi_2 = -90°$ (сыйымдылықтық құрамдас бөлік).

Токтардың белсенді және реактивті құрамдас бөліктерінің векторларын алғаннан кейін, I_1 және I_2 тармақтарындағы токтар векторларын құрастырамыз. Осыдан кейін параллелограмм ережесі бойынша тізбек пайдаланылатын ортақ тоқ I векторын және токпен кернеу арасындағы фазалардың жылжу бұрышын φ табам

2.4.1. Токтардың резонансы

Тербелгіш контурдың L және C элементтерін біріктіру кезінде (2.24, асур. қар.) токтардың резонансы құбылысы орын алуы мүмкін.

Жалпы жағдайда тізбектегі жалпы тоқтың векторы мен кернеуі арасындағы j бұрышы -p/2дан +p/2 дейін өзгеруі мүмкін. J бұрышының мағынасы индуктивтік пен сыйымдылықтың тармақтардың реактивті өткізгіштігі арасындағы қарым-қатынасына байланысты.

Реактивті өткізгіштіктердің $(b_L = b_C)$ теңбе-теңдігінің тәжірибелік маңызы бар- ол токтардың резонансының туындау шарты.

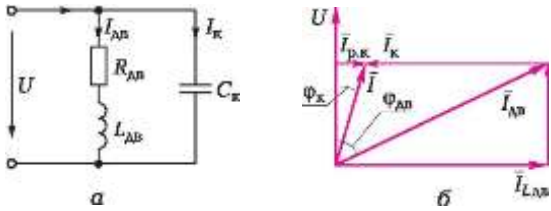
Бұл жағдайда j= 0, жалпы токI фазасы бойынша U көзініңкернеуімен сәйкес келеді. Сонымен қоса I тек ғана белсенді құрамдас бөлігі болады және белсенді өткізгіштігімен $q = R/Z^2$ анықталады.

$R_1 = R_2 = 0$ мінсіз жағдайда q белсенді өткізгіштік нөлге тең және $I = Uq$ жалпы тұтынылатын тогы сондай-ақ нөлге тең. Бірақ тармақтардағы I_Lжәне I_C белсенді токтары нөлден айырмашылығы бар және фаза бойынша қарама-қарсы болып табылады. $b_L = b_C$» q кезінде реактивті тоқ аса үлкен мағыналарға қол жеткізуі мүмкін, себебі токтардың резонансы орын алуы мүмкін.

2.4.2. Қуат коэффицентін арттыру жолдары

Ауыспалы тоқтың көптеген өндірістік тұтынушылары белсенді-индуктивті сипаттамалары бар және, сондықтан, айтарлықтай реактивті қуатын тұтынады. Оларға бірінші кезекте асинхронды қозғалтқыштар (сымды қозғалтқыштар металл кесетін станоктар), электрдәнекерлеу, жоғарыжиіліктегі шыныққан қондырғылар жатады.

Реактивті қуатын тұтуны cos j = P/S қуат коэффицентінің төмендеуіне әкеліп соғады, ол генераторлардың, тарату жолдарының және трансформатор қуатының жеткілікті пайдаланбауына себеп болады. Олар индукциялық сипаттағы реактивті токпен жүктеледі. Сонымен қоса, қуатының төменгі коэффиценті келтірілген желілердің көлденең қималарының үлкен аумағын талап етеді.



2.25. сурет. Қозғалтқышы оралған және паралель конденсаторлардың батареясы (а) мен векторлы диаграммасы қосылған (б) ЭТ схемасы

Мысалы, егер жұмыстарды жүргізу үшін U = 10 кВ кернеуі кезінде P =100 кВт қуаты талап етілсе, онда cos ср = 0,5 кезінде тұтынылатын токI = $P/(U$ cos р) = 100/(10- 0,5) = 20 А. cos ср до 0,9 артуы тұтынылатын тоқты 100/(10- 0,9) = 11 А дейін төмендетуге және осылайша сымдардың қиылу аумағын азайтуға мүмкіндік береді.

Токтардың резонансын пайдалану энергия көзінен арылуға және индуктивтілік пен конденсатор орамынан пайда болатын, контурда оларды тұйықтап, пайдасы жоқ энергия ауытқуынан арылуға мүмкіндік береді.

Осылайша, конденсатор батареяларының қозғалтқышын орауды қосу $C_к$ (2.25, а сурет) тоқтың реактивті құрамдас бөлігін азайтуға, сәйкесінше желіден тұтынылатын $Q = Q_L - Q_C$,реактивті қуатын азайтуға, және осылайша cos р қуатының коэффицентін мүмкіндік береді. Ұсынылған 2.25, суретте *б* векторлы диаграммада – реактивті тоқ компенсацияға дейін; $1_{рк}$ — реактивті тоқ компенсациядан кейін, $1_к$ — реактивті тоқ конденсаторы бар тармақтан; $p_к$ — фазаның жылжу бұрышы компенсацияға дейінгі тоқ пен кернеу арасында болып табылады.

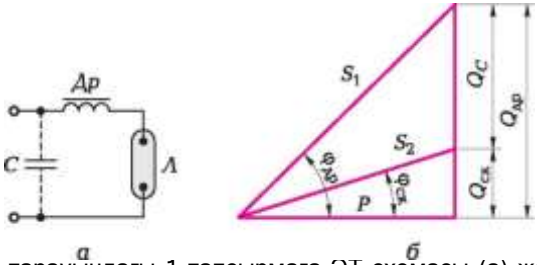
$p_к$ — фазаның жылжу бұрышы компенсациядан кейінгі тоқ пен кернеу арасында болып табылады.

Кәсіпорындарға айтарлықтай тоср (0,95 дан 0,98 дейінгі) белгілі бір мағынасын белгілейді. Аса төмен cos р кәсіпорындарға айыппұл салынады, сондықтан бас энергетиктар қуат коэффицентінің жүзден бір бөлігінің арттырылуына күресуде.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

1. Люминес центті шамдар желіге жүргізу-реттеу аппаратурасының (ЖРА) көмегімен желіге қосылады. Оның негізін дәйекті түрде Л шамымен қосылатын және үлкен индуктивті



2.26. сурет 2.4 тарауындағы 1 тапсырмаға ЭТ схемасы (а) және қуатының үшбұрышы (б):
Др – дроссель; *С* – конденсатор; *Л* – шам; $O_{др}$ – дроссельмен тұтынылатын, реактивті қуаты; Q_c – конденсатормен тұтынылатын, реактивті қуаты; Q^ – орны толтырылған реактивті қуаты;
S_1 және S_2 – орны толтырылғанға дейінгі және кейінгі қуаты; *Р* – белсенді қуаты; $ф_{др}$ және $ф_{ск}$ – компенсацияға дейінгі және кейінгі тоқ пен кернеудің арасындағы фазалардың жылжу бұрышы.

Сондықтан тоқтың индуктивті құрамдас бөлігі айтарлықтай және cos ф қуатының коэффиценті үлкен емес. ЖРА құрамындағы қуат коэффицентін арттыру үшін С конденсаторы енгізлген.
cos ф тан 0,95 дейін арттыруды қамтамасыз ететін, конденсатор сыйымдылығын есептеңіз, егер шағын люминесцентті шамдардың қуаты *P* = 40 Вт үшін L13.813H дроссель болса *P* = 40 Вт қуаты cos ф = 0,42 тең.

Шешім: Есептеуді қуат көзінің үшбұрышын пайдаланып, орындаймыз. (2.26, *б сурет*). Одан,

$$Q_C = Q_{др} - Q_{ск} = P(\mathrm{tg}\,\varphi_{др} - \mathrm{tg}\,\varphi_{ск}) =$$

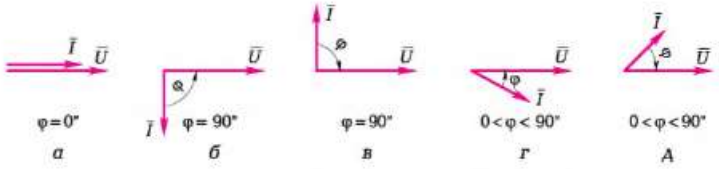
$$= P\left(\frac{\sin\varphi_{др}}{\cos\varphi_{др}} - \frac{\sin\varphi_{ск}}{\cos\varphi_{ск}}\right) = P\left(\frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi_{др}}}{\cos\varphi_{др}} - \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi_{ск}}}{\cos\varphi_{ск}}\right) =$$

$$= 40\,(2{,}16 - 0{,}32) = 73{,}6 \text{ вар.}$$

Осылайша, конденсатор желіден Q_c= 73,6 вар реактивті қуатын тұтынады. Жилігі 50 Гц 220 *U* = = 220 В жұмыс кернеуі кезінде,

$$Q_C = \frac{U^2}{X_C} = \frac{U^2}{1/(\omega C)} = U^2\omega C.$$

Одан, $$C = \frac{Q_C}{U^2\omega} = \frac{73{,}6}{220^2 \cdot 314} = 0{,}0000048\ \Phi = 4{,}8\ \text{мкФ}.$$



2.27. сурет 2.4 тараудың 2 тапсырмасына қатысты (а —*д)* векторлы диаграммасы

Жауап. Жүргізу реттеу аппаратурасы қуатының коэффицентін арттыру мақсатында қуат көзіне 250 В қа сыйымдылығы 4,8 мкФ конденсаторды орнату қажет.

2. Ток векторы ЭТ кернеуінің векторына қатысты жүргізеді:

а) резистормен;

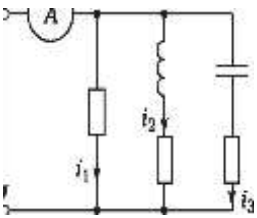
б) индуктивтілік орамымен;

с) конденсатормен?

Жауап. ЭТ тоқ векторының резисторымен (белсенді қарсылығымен) кернеу векторының бағыты бойынша сәйкес келеді (2.27, а сурет), индуктивтілік орамымен - 90° артта қалады (2.27, *б*сурет), конденсатормен – кернеу векторын 90° озады (2.27, в сурет). Индуктивтілік орамымен және тоқ векторының резисторымен 0 ден 90° диапазондағы бұрышында кернеу векторынан артта қалады (2.27, г сурет), ал конденсатор мен резистордың тізбегінде – осы диапазонда өзгеретін, бұрыш кернеуінің векторынан озады (2.27 д сурет).

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

3. Қарама-қарсы тербелмелі контур келесі параметрлерге ие:
Индуктивті орамының қарама-қарсылығы $Я_к$ =11 Ом,
оның индуктивтілігі $Я_к$ =11 Ом,
Кернеумен өткізгіштігі $Ь_к$ = 53,2 мГн,
С конденсаторының сыйымдылығын анықтау
Контурды резонансқа күйге келтіру кезінде болады.



4. Схемасы 2.28 суретте келтірілген, схеманың ЭТ жалпы тарауына қосылған, ауыспалы тоқтың амперметр көрсетікіші қандай болады, егер тараудағы токтардың жылдам мағынасы i_1= 0,6 sinrot; i_2 = 0,8 sin(wt - 60°);
i_3 = 0,4 sin(wt + 30°)?

5. Асинхронды қозғалтқыштың коэффицентін арттыру үшін

Қуаты:		
— толық	Q	Вт
— реактивті	p	В-А
— белсенді	S	вар

2.29. сурет. Ауыспалы тоқтың қуат түрлері арасындағы сәйкестік, олардың мағыналары және өлшем бірліктері (2.4 тараудағы 6 тапсырмаға)

Өткізгіштігі:		
— белсенді	b	Гн
— реактивті	y	См
— толық	g	Ом

2.30.сурет Ауыспалы тоқтың қуат түрлері арасындағы өткізгіштігі, олардың мағыналары және өлшем бірліктері (2.4 тараудағы 7 тапсырмаға)

оның орамдарымен қарама-қарсы 220 В кернеуі кезінде, 200 вар сыйымдылық сипаттағы сыйымдылықтың реактивті қуатын қамтамасыз ететін, конденсатор орнатылады. Конденсатордың сыйымдылығын есептеңіз.

6. 2.29 суретте ауыспалы тоқтың ЭТ қуатының түрлері арасындағы сәйкестікті көрсететін, желіні, оның мағыналарын және өлшем бірліктерін жүргізіңіз.

7. 2.30 суретте ауыспалы тоқтың ЭТ қуатының түрлері арасындағы өткізгіштігін көрсететін, желіні, оның мағыналарын және өлшем бірліктерін жүргізіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Конденсатор мен индуктивтілік шарғысын қосумен ЭТ толық өткізгіштігіне арналған дұрыс мағынасын көрсетіңіз.

а) $y = {}^{2} + Ъ - b_c)^2$;

б) $y = q^2 + (b_L\text{-be})^2$;

в) $y = q + bL + be$;

г) $y = V?^2 + (b_L + b_c)^2$.

2. Конденсатор мен индуктивтілік шарғысын қалай қосу кезінде токтардың резонансы болуы мүмкін?

а) жүйелі кезде;

б) аралас кезде;

в) кез келген кезде;

г) паралель қосылған кезде.

1. Токтардың резонансында конденсатор мен индуктивтілік шарғысын паралель қосу кезінде ЭТ тоғы қайда ұмтылады?

а) минималды мағынаға;
б) номиналды мағынаға;
в) максималды мағынаға;
г) ешқайда талпынбайды — өзгеріссіз қалады.

№ 5 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Синусоидалды кернеу кезінде индуктивтілік орамы мен конденсаторды жүйелі түрде жалғаумен электрлік тізбекті зерттеу

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Электрлік тізбектегі тоқ мағынасының конденсатор сыйымдылығы өзгерісінің оның элементтері мен қуатына әсер ететін кернеуін анықтау.

1.2. *Кернеу резонансы* құбылысын зерттеу.

1.3. Векторлы диаграммаларды қолданумен ЭТ талдау әдісімен танысу.

2. Сынақ объекті мен құралдары

Құрамында сыйымдылығы 1 мкФ конденсаторы және белсенділігі кедергі $R_к$ = 60 Ом индуктивті орамасы мен индуктивтілігі $L_к$ = 33 мГн сынақ объектісі болып табылады. ЭТ барлық элементтері теру аймағында жөнделеді және байланыс көзі мен істікшесі бар сымдардың көмегімен схемаға қосылуы мүмкін. Конденсатор сыйымдылығының өзгеруі C_1сыйымдылығы, C_2, C_3, C_4сыйымдылығынемесе C_1 конденсаторын ауыстырумен қолда бар конденсаторға қосумен жүзеге асырылады.

ЭТ қуат көзі болып жиілігі мен кернеуі U= 0... 12 В өзгеретін синусоидалды ауытқуларының генераторы қызмет атқарады.

Өлшеу аспаптары қосулы ЭТ схемасы Л 5.1 суретте келтірілген. Өлшеу аспабы ретінде амперметр (ЭТ толық тоғын өлшеу үшін) және вольтметр (ЭТ элементтерінде қуаты мен кернеуін өлшеу үшін) тәртібінде жұмыс істейтін, мультиметрлер пайдаланылады. Тұтынылатын ЭТ белсенді қуатын өлшеу үшін пайдаланылады.

3. Жұмыстың орындалу тәртібі

3.1. Л5.1 суретке сәйкес сыйымдылығы 1 мкФ конденсаторды пайдаланып, ЭТ жинау. «1 000 Гц» күйінде жиілік ретке келтіргіштігін және *U*= 12 В күйінде кернеу ретке келтіргішті орнату.

3.2. Жиналған ЭТ тексеруден кейін оқытушымен автоматты және УЗО ажыратқышын «Қосу» күйіне орнату. «Желі» ажыратқышының көмегімен, мультиметр мен ваттметрді ЭТ кернеуіне беру. Сонымен қоса сәйкес дабылдық шамдары жануы мүмкін.

Синусоидалды тербеліс генераторының жиілігін 1000 Гц дан үлкен немесе кішкентай жағына өзгерте отырып, максимум тогын көрсететін, кернеудің резонансына қол жеткізуге болады. Барлық аспаптардың көрсеткіштерін Л5.1 ($C_{рез}$ = 1 мкФ) кестесінің сәйкес жолағына енгізу.

Резонанс кезінде *P = UI* шарттарының орындалуын тексеру. Сыйымдылықты $C_{рез}$ = 1 мкФ үлкен немесе кіші жағына өзгертіп, барлық аспаптардағы көрсеткіштерді, Л5.1 кестесінде көрсетілген, оның алты мағынасындағы шешу. Мәліметтерді Л5.1 кестесіне енгізу.

3.3. Жұмыстарды орындау үдерісінде пайдаланылатын, өлшеу аспаптарынның негізгі ерекшеліктерін енгізіп, Л5.2 кестесіне толтырыңыз.

3.4. ЭТ оқытушысымен сынақ хаттамасы келісілгеннен кейін, өткізгіштер мен шағын-блоктарды токтан ажыратын және бөлшектеп орнына алып қойып, жұмыс орнын тәртіпке келтіру қажет.

3.5. Экспериментті мәліметтер алынғаннан кейін I (C), және $_{к}$(C), U_c(C), *P(C)* қарай Л5.2 суретін құрастыру.

4. Сынақ хаттамасы мен №6 жұмыс туралы есеп

Синусоидалды кернеу кезінде индуктивтілік шарғысы мен конденсаторды жүйелі түрде жалғаумен электрлік тізбекті зерттеу

4.1. Жұмыстың мақсаты _____

4.2. Формулалар мен алдын ала есептер.

Кернеулер резонансының шарттары: _____

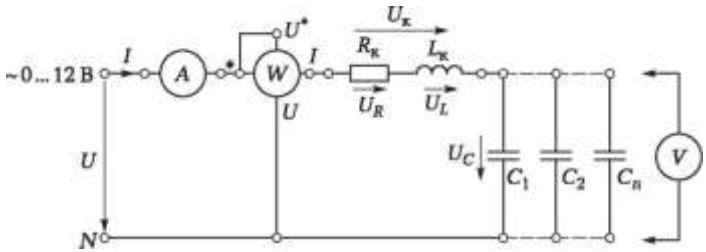
$1_{рез}$ резонансы кезіндегі ток=_____

Резонанс кезіндегі элементтердегі кернеу:

U_R = _____ ; U_L= _____ ; U_C =

4.3. Электрлік тізбек схемасы мен кестелер.

Як =.



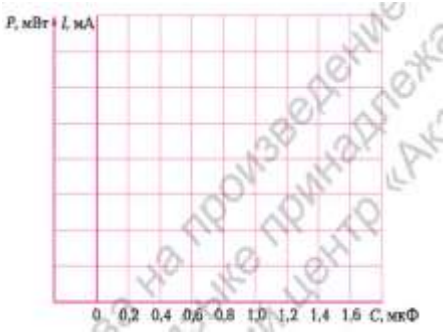
Л5.1. сурет Кернеу резонансын зерттеуге арналған ЭТ схемасы

Л 5.1 кестесі

С, мкФ	U, В	I, мА	U_K, В	U_C,В	Р, мВт
0,22					
0,47					
0,69					
C = 10 рез					
1,22					
1,47					
1,69					

Л 5.2 кестесі

Аспаптың атауы	Аспаптың типі	Дәлдік санаты	Номиналды мөлшері



Л5.2 сурет. Конденсатордың сыйымдылығына қарай тоқтың, кернеудің және қуаттың өзгеру кестесі

Топ_____ Оқушы_____Күні _____

Оқытушы _____

4.4. Есептеу – графикалық бөлігі.

Эксперимент мәліметтерін өңдеу үшін пайдаланылатын, формулалар:

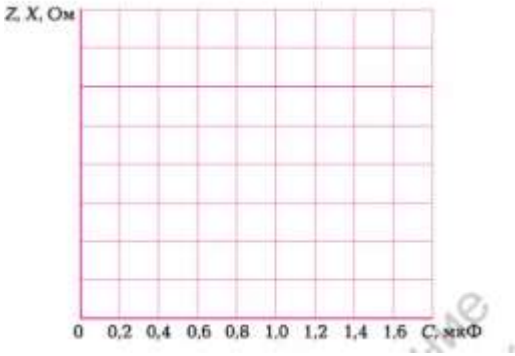
Ом заңы : $I = U/Z$; $U_C = IX_C$; $u_к = IZ_K$;

Кирхгофтың екінші заңы: $I = I_R + I_C$;

кедергінің үшбұрышы:

$$y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}\,;\; y_к = \sqrt{g^2 + b_L^2}\,;$$
$$X_L = 2\pi f L_к;\; X_C = 1/(2\pi f C);\; g = R_к/Z_к^2;$$
$$b_L = X_L/Z_к^2 \approx 1/X_L;\; b_C = 1/X_C;$$
$$Z = \sqrt{R_к^2 + (X_L - X_C)^2}\,;\; Z_к = \sqrt{R_к^2 + X_L^2}\,;\; b_L = \sqrt{y_к^2 - g^2}\,.$$

Л 5.3 кесте					
C, мкФ	Z, Ом	Z_K,Ом	X_C, Ом	X_L,Ом	cos j
0,22					
0,47					
0,69					
C= 1,0					
1,22					
1,47					
1,69					



Л 5.3. сурет. Конденсатордың сыйымдылығына қарай кедергінің өзгеру кестесі

Векторлық диаграмма m_v= _____ В/мм, mj=_____ мА/мм.

Л6.4. сурет Индуктивтілікшарғысы мен конденсаторды ретімен қосу арқылы ЭТ векторлы кернеу диаграммасы

4.5. Қысқаша қорытындылар _____

Оқушы: Оқытушы:

5. Есептің есептеу-графикалық бөлігіне қатысты талаптар

5.1. Л5.1 кестесіне енгізілген, эксперименттік мәліметтер негізінде Z, Z_R, X_C кедергі мағынасының әрбір ***C***мағынасы үшін есептеңіз. Есептеу қорытындысын Л6.3 кестесіне енгізіңіз. Резонанс кезінде $R_к = Z = U/I$ шарғысының белсенді кедергі мәліметін анықтап, мәліметтерді сынақ хаттамасына енгізіңіз.

5.2. Есептеу қорытындысын пайдалана отырып, Z(C), Z_R(C) немесе $X_L(C)$, $X_c(C)$қарай Л6.3 суретінде координатты бір жүйеде құрыңыз.

5.3. Оқытушымен хаттамада белгіленген, Л6.3 кестесінде *C* мағынасының біреуіне сәйкес масштабтағы кернеудің векторлы диаграммасы мен тогын құрыңыз.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындыны жасаңыз.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. **Кернеудің резонансына ЭТ қандай элементтері мен параметрлері әсер етеді?**
2. **Кернеудің пайда болу шарттарын жазыңыз.**
3. **Кернеу резонансының салдарын жазыңыз.**
4. **Толық, белсенді және реактивті кедергі арасындағы байланысты көрсетіңіз.**
5. **Векторлы диаграмманың көмегімен кернеу резонансының сәтін көрсетіңіз.**
6. **Егер X_L ден X_c (кіші) болған жағдайда тоқ тізбегінің тұтынылатын сипаты қандай?**

№ 6 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Синусоидалды кернеу кезінде индуктивтілік шарғысы мен конденсаторды паралель жалғаумен электрлік тізбекті зерттеу

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Электрлік тізбектегі тоқ пен қуатының мағынасына конденсатор сыйымдылығының өзгеру әсерін анықтау.

1.2. *Токтардың резонансы* құбылысын зерттеу.

1.3. Векторлы диаграммаларды қолданумен ЭТ талдау әдісімен танысу.

2. Сынақ объекті мен құралдары

Құрамында сыйымдылығы 1 мкФ конденсаторы және белсенділігі кедергі $R_к$ = 60 Ом индуктивті орамасы мен индуктивтілігі $Ь_к$ = 33 мГн сынақ объектісі болып табылады. ЭТ барлық элементтері теру аймағында жөнделеді және байланыс көзі мен істікшесі бар сымдардың көмегімен схемаға қосылуы мүмкін. Конденсатор сыйымдылығының өзгеруі C_1сыйымдылығы, C_2, C_3, C_4сыйымдылығы немесе C_1 конденсаторын ауыстырумен қолда бар конденсаторға қосумен жүзеге асырылады.

ЭТ қуат көзі болып жиілігі мен кернеуі U = 0... 12 В өзгеретін синусоидалды ауытқуларының генераторы қызмет атқарады.

Өлшеу аспаптары қосулы ЭТ схемасы Л6.1 суретте келтірілген. Өлшеу аспабы ретінде амперметр (ЭТ толық тоғын өлшеу үшін) және вольтметр (ЭТ элементтерінде қуаты мен кернеуін өлшеу үшін) тәртібінде жұмыс істейтін, мультиметрлер пайдаланылады. Тұтынылатын ЭТ белсенді қуатын өлшеу үшін пайдаланылады.

3. Жұмыстардың орындалу тәртібі

3.1. Л6.1 суретке сәйкес сыйымдылығы 1 мкФ конденсаторды пайдаланып, ЭТ жинау. «1 000 Гц» күйінде жиілік ретке келтіргішін және U= 12 В күйінде кернеу ретке келтіргішін орнату.

3.2. Жиналған ЭТ тексеруден кейін оқытушымен автоматты және УЗО ажыратқышын «Қосу» күйіне орнату. «Желі» ажыратқышының көмегімен, мультиметр мен ваттметрді ЭТ кернеуіне беру. Сонымен қоса сәйкес дабылдық шамдары жануы мүмкін.

Синусоидалды тербеліс генераторының жиілігін 1000 Гц дан үлкен немесе кішкентай жағына өзгерте отырып, максимум тогын көрсететін, кернеудің резонансына қол жеткізуге болады. Барлық аспаптардың көрсеткіштерін Л6.1 ($C_{рез}$ = 1 мкФ) кестесінің сәйкес жолағына енгізу.

Резонанс кезінде $P = UI$шарттарының орындалуын тексеру. Сыйымдылықты $C_{рез}$ = 1 мкФ үлкен немесе кіші жағына өзгертіп, барлық аспаптардағы көрсеткіштерді, Л6.1 кестесінде көрсетілген, оның алты мағынасындағы шешу. Мәліметтерді Л6.1 кестесіне енгізу.

3.3. Жұмыстарды орындау үдерісінде пайдаланылатын, өлшеу аспаптарынның негізгі ерекшеліктерін енгізіп, Л6.2 кестесіне толтырыңыз.

3.4. ЭТ оқытушысымен сынақ хаттамасы келісілгеннен кейін, өткізгіштер мен шағын-блоктарды токтан ажыратын және бөлшектеп орнына алып қойып, жұмыс орнын тәртіпке келтіру қажет.

3.5. Экспериментті мәліметтер алынғаннан кейін I (C), және $_к$(C), U_c(C), *P(C)* қарай Л 6.2 суретін құрастыру.

4. Сынақ хаттамасы мен №6 жұмыс туралы есеп

Синусоидалды кернеу кезінде индуктивтілік орамы мен конденсаторды паралель жалғаумен электрлік тізбекті зерттеу

4.1. Жұмыстың мақсаты _____

4.2. Формулалар мен алдын ала есеп.

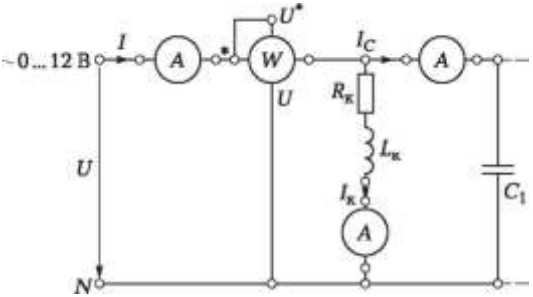
Токтар резонансының шарты: _____

Резонанс кезіндегі тоқ $1_{рез} = Uy = Ug =$_____

Резонанс кезіндегі тараулардағы токтар: $I_L = Ub_L =$; $I_C = Ub_C =$

4.3. Электрлік тізбек пен кестенің схемасы.

$R_K =$ ____ Ом.

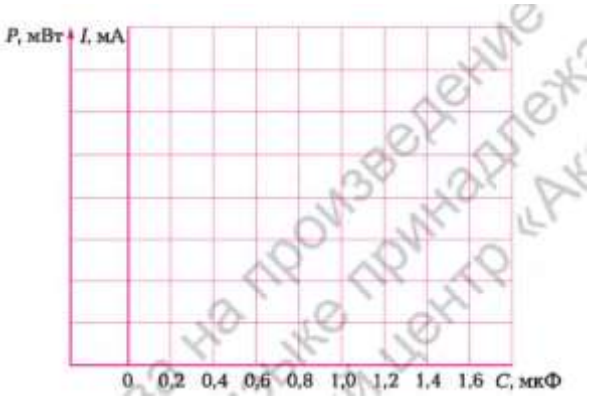


Л6.1сур. Токтардың резонансын зерттеуге арналған ЭТ схемасы

Кесте Л 6.1

С, мкФ	I, мА	$1_к$, мА	I_C,мА	Р, мВт
0,22				
0,47				
0,69				
C = 1,0				
1,22				
1,47				
1,69				

Кесте Л 6.2			
Аспаптың атауы	Аспаптың типі	Дәлдік санаты	Номиналды мөлшері



Л6.2 сурет. Конденсатор сыйымдылығына қарай тоқ пен қуатының өзгеру кестесі

Топ _____ Оқушы _____Күні _____
Оқытушы _____

4.4. Есептеу-графикалық бөлігі.

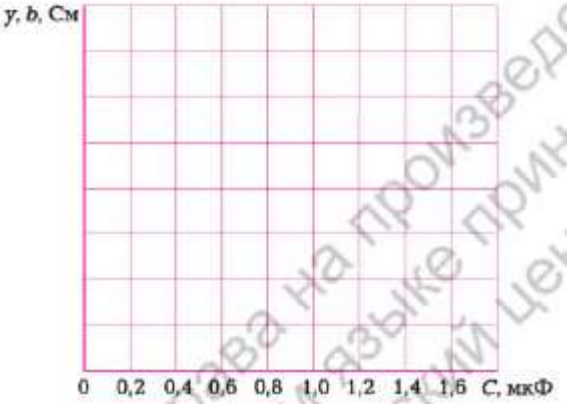
Эксперименттік мәліметтерді өңдеу үшін пайдаланылатын, формулалар:

Ом заңы: $I = Uy$, $1_к = Uy_K$ и Ub_L и U/X_L; $I_C = Ub_C = U/X_C$;

Кирхгофтың бірінші заңы: $I = 1_к + 1_C$; өткізгіштік үшбұрышы:

$$y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}\,;\; y_к = \sqrt{g^2 + b_L^2}\,;$$
$$X_L = 2\pi f L_к;\; X_C = 1/(2\pi f C);\; g = R_к/Z_к^2;$$
$$b_L = X_L/Z_к^2 \approx 1/X_L;\; b_C = 1/X_C;$$
$$Z = \sqrt{R_к^2 + (X_L - X_C)^2}\,;\; Z_к = \sqrt{R_к^2 + X_L^2}\,;\; b_L = \sqrt{y_к^2 - g^2}\,.$$

Таблица Л6.3				
C, мкФ	y, См	b_C, См	bL_φ, См	$\cos\varphi$
0,22				
0,47				
0,69				
$C_{рез} = 1,0$				
1,22				
1,47				
1,69				



Л6.3 сурет. Конденсатор сыйымдылығына қарай өткізгіштіктің өзгеру кестесі

Векторлы диаграмма m_v= _____ В/мм, m_I= _____ мА/мм.

Л6.4 сурет. Индуктивтілік шарғысы мен конденсаторды паралель қосумен ЭТ токтардың векторлы диаграммасы

4.5. Қысқаша қорытындылар

Оқушы_____ Оқытушы _____

5. Есептің есептеу-графикалық бөлігіне қатысты талаптар

5.1. Л6.1 кестесіне енгізілген, эксперименттік мәліметтер негізінде y, b_L, b_c өткізгіштік мағынасының әрбір $\boldsymbol{C}$ мағынасы үшін есептеңіз. Есептеу қорытындысын Л6.3 кестесіне енгізіңіз. Резонанс кезінде $R_K = Z = U/I$ шарғысының белсенді кедергі мәліметін анықтап, мәліметтерді сынақ хаттамасына енгізіңіз.

5.2. Есептеу қорытындысын пайдалана отырып, $y(C)$, $b_L(C)$, $b_c(C)$ қарай Л6.3 суретінде координатты бір жүйеде құрыңыз.

5.3. Оқытушымен хаттамада белгіленген, Л5.3 кестесінде $\boldsymbol{C}$ мағынасының біреуіне сәйкес масштабтағы кернеудің векторлы диаграммасы мен тоғын құрыңыз.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындыны жасаңыз.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. **Токтардың резонансы ұғымы нені білдіреді?**
2. **Токтардың резонансының пайда болу шарттары мен салдарын жазыңыз.**
3. **Толық, белсенді және реактивті өткізгіштік арасындағы байланысты көрсетіңіз.**
4. **Токтардың резонансы сәтін векторлы диаграмманың көмегімен көрсетіңіз.**
5. **Резонанс кезіндегі тізбекпен тұтынылатын қуаттың сипаты қандай?**
6. **Қуаттың коэффиценті дегеніміз не?**
7. **Токтардың резонансы құбылысы қайда пайдаланылады?**

ҮШФАЗАЛЫ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТЕР

3.1. НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАР МЕН АНЫҚТАМАЛАР. ЭЛЕКТР ҚУАТЫНЫҢ КӨЗІ МЕН ҚАБЫЛДАҒЫШ ФАЗАЛАРЫНЫҢ ЖАЛҒАУ ӘДІСТЕРІ

ТЕОРИЯ

3.1.1. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар

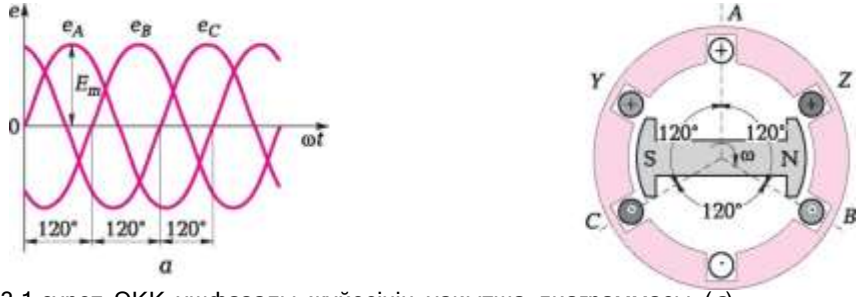
Заманауи электро энергетикада үшфазалы тізбек келесі артықшылықтардың арқасында кеңінен таралды:

- жоғарғы ПӘК (Пайдалы әрекет коэффиценті) мен өндірістің үнемділігі мен электр қуатын беру;
- екі пайдалану кернеуін алу мүмкіндігі - фазалы және желілі;
- үшфазалы асинхронды қозғалтқыш құрылысының қарапайымдылығы — өндірістегі негізгі тарту қоғалтқышы.

Үшфазалы тізбектер — бір-біріне қатысты фаза бойынша бұрышы 120° қа орнынан қозғалтылған, синусоидалды ЭҚК амплитудасы мен жиілігі бойынша үш бірдей әсер ететін тараудағы тізбектер.

Үшфазалы жүйеге кіретін, бірфазалы тізбектің әрқайсысын фаза деп аталады (үшфазалы жүйенің бұл элементі векторды жылжыту бұрышынан айырмашылығы бар). Бірфазалы тізбек тәрізді үшфазалы генератордан (үшфазалы), беру желісінен (үшфазалы) және қабылдағыштан (үшфазалы сондай-ақ бірфазалы тәрізді).

Бұған дейін көрсетілгендей, бірфазалы синусоидалды кернеуді алу үшін магнитті аймақта кернеудің арналуы пайдаланылатын. Егер магнитті ω жылдамдығының бұрышымен айналдырып, оның жанында орамды орналастырса, онда заңға сәйкес электромагнитті индукцияда синусоидалды ЭҚК болады.



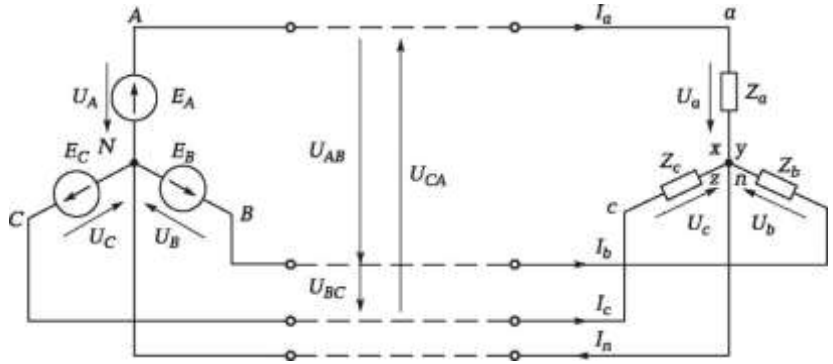
3.1.сурет ЭҚК үшфазалы жүйесінің уақытша диаграммасы (*а*) және генератордың конструктивті схемасы (*б*)

Егер үш орамды бір біріне қатысты 120° бұрышта орналастырса, онда оларда үш синусоидалды ЭҚК 120° бұрышқа жылжытылып ықпалдандырылады. (3.1 а суреті). Орамды іші қуыс болат цилиндрдің ішіне орналастырып (статорлар – 3.1 б сурет), ауыспалы тоқтың қарапайым үшфазалы машинасын (аталған жағдайда - генератор) аламыз.

Фаза көзінің бастауы *A, B, C,*фазаның соңы — X, *Y, Z.*У фазаның басталу энергиясының қабылдағышы *a, b, c,*соңых, *y, z.*

3.1.2. Фаза көзін байланыстыру әдісі

Үшфазалы көзі, ережеге сәйкес *жұлдыз* схамасы бойынша қосылады. Сонымен қосаN бейтарап нүктесін құрап, X, *Y, Z* фазаларының ұштары бірге қосылады, ал *A, B, C*фазалары жүктемеге апаратын, сымдарға қосылады (3.2 сурет).



3.2. сурет Үшфазалы қуат көзі мен қабылдағышты жұлдыз тәрізді жалғау схемасы

Егер *N* көзінің бейтарап нүктесі п қабылдағышының бейтарап нүктесімен жалғанған болса, онда тізбек төртсымды, ал төртінші сым бейтарап атауына ие.

Егер әрбір фазаның ЭҚК тең және бір біріне қатысты бұрышы 120° жылжытыған болса, жүйе *симметриялы* деп аталады.

Нөлге тең А фазасынан бастапқы фазаны қабылдаса (3.1 а суретін қараңыз), келесі жағдайда фазадағы ЭҚК дереу мағынасын білдіруге болады:

$$e_A = E_m \sin\omega t;$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120°);$$

Фазалардағы ЭҚК б $e_C = E_m \sin(\omega t - 240°)$ а қарай (Х тан А қарай), ал кернеуі басынан соңына қарай (3.3 а суреті) қабылданады. ЭҚК үшфазалы жүйесінің векторлы диаграммасы 3.3, *б.*суретте келтірілген сыртқы түрі болады. Одан барлық фазалардың ЭҚК векторларының геометриялық соммасы нөлге тең:

Сәйкесінше уақыттың кез келген сәтінде және генератордың ЭҚК мағыналарының алгебралы $\overline{E}_A + \overline{E}_B + \overline{E}_C = 0$ тең:

Жұлдызбен жалғау кезінде үшфазалы тізбекте ажырату қажет:

E_a, $E_в$, E_C — көзінің фазалық ЭҚК;

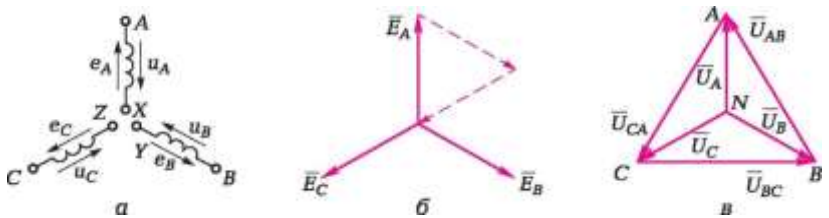
U_A, U_B, U_C— көзінің фа $e_A + e_B + e_C = 0.$

U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}— көзінің желілі кернеуі;

I_A, I_B, I_C— көзінің фазалы және желілі токтары;

U_a, U_b, U_c—жүктеменің фазалық кернеулері;

U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}— жүктеменің желілі кернеуі;



3.3. суреті Генератордың үш фазасы (а); ЭҚК векторлы диаграммасы (б); кернеудің фазалық және желілік векторлы диаграммасы (в)

I_a, I_b, I_c — жүктеменің фазалы және желілі токтары фазные и линейные токи нагрузки;

I_n— тоқ бейтарап сымда;

U_{nN}— бейтарапты жылжыту кернеуі.

3.2 суретте келтірілген, ЭТ схемасы үшін Кирхгофтың екінші заңына сәйкес жазуға болады:

$$U_{AB} = U_A - U_B;$$

$$U_{BC} = U_B - U_C;$$

$$U_{CA} = U_C - U_A.$$

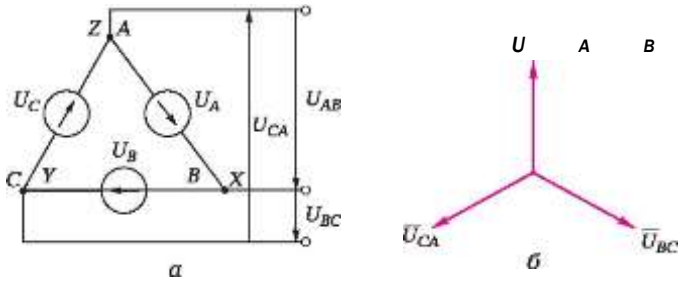
Үшфазалы қуат көзі жүктеменің мөлшері мен сипатына қарай симметриялық жүйесін ұсынады, себебі оның ішкі қарсылығы өте аз. Қуат көзі кернеуінің векторлы диаграммасы 3.3 в суретінде ұсынылған. Диаграммада көрсетілгендей, желілі және фазалы кернеулер өзара байланысы бар екендігін білдіреді:

$$U_A = \sqrt{3U\phi}$$

Мемлекеттік стандартпен кернеудің желілі $и_л$ (660, 380, 220 В) және фазалы $U_ф$ (380, 220, 127 В) номиналды мағынасы қарастырылған. Ол үшін көрсетілген 660/380 = 380/220 = 220/127 = $\sqrt{3}$ тәуелділіктің орындалатындығына көз жеткізуге болады.

Үшбұрышпен генератор фазаларын жалғау кезінде бір фазаның басын екінші фазаның соңына жалғайды, қорытындысында фаза көзінің жүйелі жалғауы пайда болады (3.4 а сурет).

Бұл қысқаша тұйықталу емес, себебі бір-біріне қатысты 120° бұрышқа жылжытылған ЭҚК дереу мағынасының соммасы, кез – келген сәтте нөлге тең болуы мүмкін. Кернеу көзінің фазалы және векторлы үшбұрышын жалғау кезінде бір-біріне сәйкес келеді (3.4 б сурет):$U_A = U_{AB}$, $U_B = U_{BC}$, $U_C = U_{CA}$.



3.4 сурет.Фазалардың көзін үшбұрышпен жалғау: *а* — схема; *б* — векторлы диаграмма

A, B, C фаза белгілерінің жүйелілігі кездейсоқтық емес, себебі бұдан әрі біз көретіндей, фазалық ЭҚК өзгеру жүйелілігін анықтайды, және үшфазалы электроқозғалтқыштардың айналу бағыты болып табылады.

3.1.3. Жүктеменің түрлері. Жүктеме фазаларының үшбұрышпен жалғануы

Үшфазалы тізбекте жүктеме болуы мүмкін:

- *симметриялы,* фазалардағы толық кедергі (Z_a= = Z_b= Z_c)жәнеолардың сипаттамалары бірдей (j_a= j_b=j_c). Мысал ретінде үшфазалы асинхронды немесе синхронды қозғалтқыш қызмет атқаруы мүмкін, статор орамдарды белсенді және индуктивті кедергі бірдей мағынасы болады;
- *бірқалыпты,* фазалардағы толық кедергі (Z_a= = Z_b= Z_c)бірдей,бірақ олардың сипаттамалары (j_aФ j_bФj_c) әртүрлі. Мысалы, бір фазаға модулі бойынша бір-біріне әртүрлі, белсенді жүктеме қосылған, ал басқасына индуктивті, үшіншісіне – сыйымдылықты;
- *біртекті,* фазадағы жүктеме сипаттамасы бірдей (j_a= j_b= =j_c), бірақ толық кедергі (Z_aФZ_bФZ_c) әртүрлі. Мұндай жүктеменің мысалы ретінде барлық фазаларда жарықтандыру шамдарықосылған, бірақ олардың сандары әртүрлі, өндірістік және тұрмыстық ғимараттардағы жарықтандыру жүйесі қызмет атқаруы мүмкін.

Бірқалыпты және біртекті жүктемелер симметриялы емес жүктемелерге жатады.

Қабылдағыштың кернеу сымдарының кіші кедергісін елеместей болған жағдайда үшбұрыш жүктемеге жалғау кезінде қуат көзінің кернеуі бірдей болады. Сонымен қоса фазалық кернеу желіге теңдей, ал ЭТ екі түрлі тоқ болады: фазалы *1ф* (I_{ab}, I_{bc}, I_{ca})және желілі I_A (I_a, I_b, I_c)(3.5, а сурет).

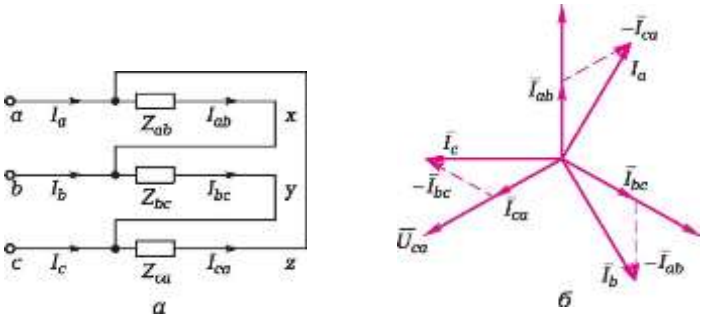
!ф и I_Aарасындағы ара-қатынасын ЭТ арналған Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес жазып, векторлы диаграмманың көмегімен табамыз:

$$\overline{I}_a = \overline{I}_{ab} - \overline{I}_{ca};$$

$$\overline{I}_b = \overline{I}_{bc} - \overline{I}_{ab};$$

$$\overline{I}_c = \overline{I}_{ca} - \overline{I}_{bc}.$$

Векторлы диаграммамен келтірілген негіздегі симметриялық жүктеме үшін фазалық тоқтың векторлары, бір-біріне қарай 120° жылжытылғандығы туралы қорытынды жасауға болады.



3.5.сурет. Үшбұрыш жүктеменің фазаларын жалғау: *а* — ЭТ схемасы; *б* — векторлы диаграмма

Желілі токтардың векторлары сондай-ақ өзара 120° бұрышқа жылжытылған, ал фазалық токтардың векторларына қатысты – бұрышына 30°.

Желілі және фазалық токтар ара - қатысымен байланысты

$$I_л = \sqrt{3} I_{фз}$$

Танымал *Цф* және *1ф*тұтынылатын әрбір фаза үшін, белсенді, реактивті және толық қуатымен белгіленуі мүмкін:

$$P_ф = U_ф I_ф \cos\varphi_ф;\ Q_ф = U_ф I_ф \sin\varphi_ф;\ S_ф = U_ф I_ф.$$

Симметриялы үшфазалы жүктемемен тұтытынылатын, қуаттары:

$$P_{ЭЦ} = 3P_ф;\ Q_{ЭЦ} = 3Q_ф;\ S_{ЭЦ} = 3S_ф.$$

Желілік кернеуі мен токтарға арналған.

$$P_{ЭЦ} = \sqrt{3} U_л I_л \cos\varphi_ф;\ Q_{ЭЦ} = \sqrt{3} U_л I_л \sin\varphi_ф;\ S_{ЭЦ} = \sqrt{3} U_л I_л.$$

Егер фазалардың қарама-қарсылығы өзара бірдей болмаса (жүктеме симметриялы емес), онда үшфазалы ЭТ есебі әрбір фаза үшін жүргізілуі тиіс, себебі фазалық токтар, фазалық қуаты, жалпы фазалардың жылжу бұрыштары әртүрлі.

Фазалық және желілі токтардың мағыналары, сондай-ақ векторлы диаграмманың көмегімен фазалық және желілі кернеулердің және фазалық кедергілердің белгілі мағыналары кезіндегі қуатын табуға болады.

Атап көрсетілген параметрлер сондай реттілікте анықталады.

1. m_v (В/мм) масштабында фазалық кернеу жұлдызын құрады.
2. Фазалық кернеулер мен токтардың арасында фазалардың жылжу бұрышын анықтайды: cos фф = Rф/Zф, яғни cos $ф_{аb}$ = R_{ab}/Z_{ab}және т.б.
3. Фазалық токтардың қолданыстағы мағынасын табады: *1ф* = *Uф/Zф*.

4. Фазалық кернеулердің векторларына қатысты U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}масштабта$ш_{ь}$(А/мм) фазалық тоқтың векторлары I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}.сәйкес бұрышқа j_{ab},j_{bc}, $ф_{ca}$ келеді.

5. ЖелілікI_a, I_B, I_c.Токтардың қолданыстағы мағынасын анықтайтын, токтардың фазалық векторларының ұштарын жалғау.

6. Әрбір фазаның белсенді, реактивті және толық қуатын табады. Үшфазалы ЭТ суммарлы белсенді қуаты $P_{ЭТ} = P_{ab} + + P_{bc} + P_{ca}$;, реактивті $0_{ЭТ} = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca}$;толық $S_{3q} = S_{ab} + S_{bc} + S_{ca}$.. Сонымен қоса индуктивті жүктемесі бар тізбектің реактивті қуаты оң, ал сыйымдылығы бар – кері екендігін есте сақтау қажет.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

1. А фазасындағы генератор кернеуінің дереу мағынасы u_A = 311 sin(rof + 30°) тең. В және С фазаларындағы кернеудің дереу мағынасына арналған кескінін жазыңыз және жұлдыз бен үшбұрыш жүктемесін жалғау кезінде үшфазалы симметриялық жүйесіндегі жүктемедегі фазалық кернеудің дереу мағынасына арналған мағынасын жазыңыз. Кернеудің векторлы диаграммасын бейнелеңіз.

Шешім. В және *С* фазаларында

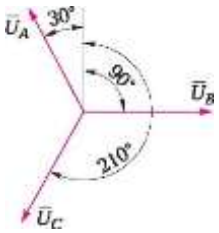
А фазасына қатысты бұрыштары:

$$ф_B = (30 - 120) = -90°; ф_C = (30 - 240) = -210°.$$

В және *С* фазаларындағы кернеудің дереу мағынасы: u_B = 311 sin(raf - 90°); u_C = 311 sin(raf - 210°).

Жұлдызбен жалғау кезіндегі кернеудің қолданыстағы мағынасы: :

$$U_Ф = U_{Фmax}/\sqrt{2} = 311/\sqrt{2} = 220 \text{ В}; U_л = \sqrt{3}U_Ф = \sqrt{3}\cdot 220 \approx 380 \text{ В}.$$



3.6.сурет 3.1 тар. 1 тапсырмасына қатысты кернеудің векторы

Үшбұрышпен жүктемені жалғау кезінде қуат көзінің желілік кернеуі жүктемеге қатысты фазалық кернеуіне тең болады: U_A= ^ = 380 В.

Вектолық диаграмманы кернеу масштабын таңдап m_U= 13 В/мм, тік осіне қатысты құрамыз. (3.6 сурет). Бұл жағдайда

кернеудің әрбір векторы 17 мм тең.

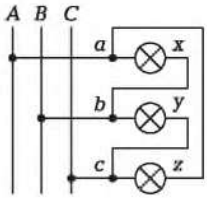
Жауабы: В және *С* фазалардағы дереу кернеу мағынасы:

U_B = 311 sin (rof- 90°); U_C = 311 sin (rof- 210°).

Желілі кернеудің қолданыстағы мағынасы 380 В, жұлдызбен жалғау кезіндегі фазалық кернеу – 220 В, үшбұрышпен жалғау кезінде – 380В.

2. Үшбұрышпен үшфазалы желіге үш шамды қосу схемасын сызыңыз.

Шешім. Бір фазаның ұшын үшбұрышпен қосу кезінде (х) екіншінің басымен қосады (Ь), екіншінің ұшын (у) – үшіншісінің басымен (с), үшіншісінің (z) соңымен – біріншісінің басымен (а) жалғайды. Фазалардың басын (а, Ь, с) желілік сымдарға (А,В,С) қосады. Схема 3.7 суретте келтірілген.



3.7 сурет. Үшбұрышпен үшфазалы желіге шамды қосу схемасы (3.тараудың 2 тапсырмасына)

3. Үшфазалы генератор симметриялық жүктемеге жұмыс істейді. Генератордың қуатының коэффиценті 0.8, әрбір фазаның толық қарсылығы – 10 Ом, фазалық тоғы – 10А. Жүктемемен тұтынылатын, белсенді қуатын анықтаңыз.

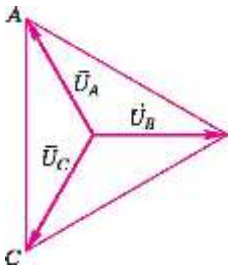
*Шешім.*Әрбір фазамен тұтынылатын, белсенді қуаты, *Рф* = = *Цф1ф*cos фф = -/<ф£ф cos фф. Үш фазамен тұтынылатын толық симметриялық жүктемеге арналған белсенді қуаты

$$P_н = 3P_ф = 3/ф£_ф\cos ф_ф = 3 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 0{,}8 = 2\ 400\ Вт.$$

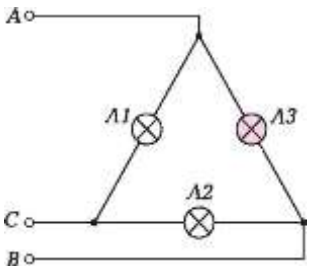
Жауабы: жүктемеден тұтынылатын, белсенді қуаты 2 400 Вт тең.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

4. Генератордың орамдарын жұлдызбен жалғанған. 3.8 суретте келтірілген, векторлы диаграмманы пайдаланып, егер^ = 311 sin(w *t* + 30°) фазалық кернеудің дереу мағынасы болған жағдайда, u_{CA},желілік кернеуінің дереу мағынасына арналған анықтаманы жазыңыз.



3.8 сурет. 3.1 тарауға арналған 4 тапсырмаға векторлы диаграмма



3.9. сурет 3.1 тарауға арналған 6 және 7 тапсырмаға арналған шамды жалғау схемасы

5. Кернеуі 220 В үшфазалы желінің үшбұрышына қосылған қуаты бойынша 100 Вт үш шам қосылған. ЭТ желілі тоқты анықтаңыз.

6. Кернеуі 220 В үшфазалы желінің үшбұрышына қосылған қуаты бойынша 100 Вт үш шамның біреуі күйіп кетті (Мысалы,3.9 суреттегі Л3) ЭТ желілі тоғы қалай өзгереді?

7. Кернеуі 220 В үшфазалы желінің үшбұрышына қосылған қуаты бойынша 100 Вт үш шамның біреуі күйіп кетті (Мысалы,3.9 суреттегі Л3) және қуаты 200 В шамға ауыстырылды.ЭТ желілі тоғы қалай өзгереді?

8. Үшфазалы жүктемеден тұтынылатын толық қуаты S= = 1 000 В • А, реактивті қуаты Q= 600 вар. Қуатының коэффиценті неге тең?

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Үш фазалы электр тізбегін құру не үшін керек болды?
   а) үшфазалы трансформаторды қосу үшін;
   б) айналатын магнитті өрісін алу үшін;
   в) орамдарды жұлдыз бен үшбұрышты жалғауға мүмкіндік болу үшін;
   г) ЭТ сенімділігін арттыру үшін.

2. Үшбұрышпен жалғанған, үшфазалы симметриялық ЭТ тоғы қай жерде көп: желілік немесе фазалық?
   а) желілік;
   б) фазалық;
   в) токтар бірдей;
   г) айтуға қиын.

3. Желілік сымдардың арасындағы және екі фазаның басындағы және екі фаза ұшының арасындағы кернеу бірдей Жүктеме қандай схема бойынша қосылған?

4.
   а) бейтарап сымы бар жұлдыз;
   б) бейтарап сымы жоқ жұлдыз;
   в) үшбұрыш;
   г) бейтарап сымы бар үшбұрыш.

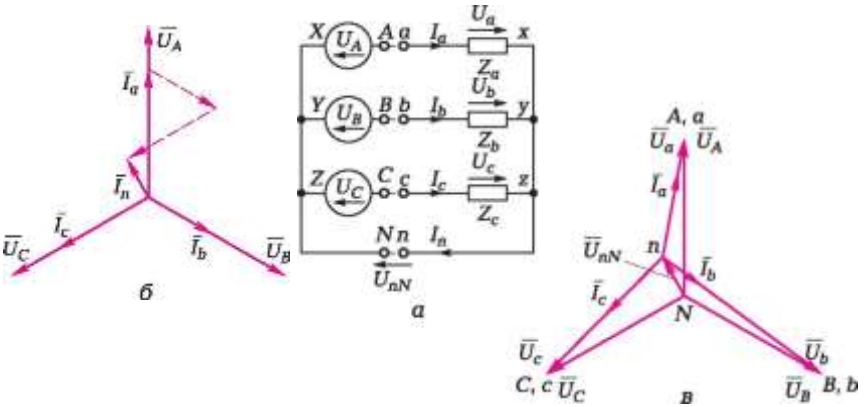
5. Іске қосу токтарды төмендету үшін іске қосу кезінде қысқатұйықталған ротормен үшфазалы асинхронды қозғалтқышы жиі жұлдызбен қосылады, үшбұрышпен жалғау іске қосу төмендетілгеннен кейін қосылады, Ол не үшін жасалады?
   а) сенімділігін арттыру үшін;
   б) қызмет көрсету қолайлығы үшін;
   в) дамытатын қуатын арттыру үшін;
   г) бейтарап сымды алып тастау үшін.

3.2. ЖҰЛДЫЗБЕН ЖҮКТЕУ ФАЗАСЫН ЖАЛҒАУ. ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІНІҢ ҮШФАЗАЛЫ ҚУАТЫ. ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

ТЕОРИЯ

3.2.1. Жұлдызбен қосылған, симметриялық жүктеме

Бейтарап сымы бар үшфазалы жүйесінің төртсымына арналған жұлдызбен қабылдау фазасын жалғау (3.10, а сурет)



3.10 сурет. Жүктеме фазасын жұлдызбен жалғау:

а — ЭТ схемасы; *б* —белсенді жүктемесі бар төртсымды ЭТ арналған кернеу мен тоқтың векторлы диаграммасы; *в* —үшсымды ЭТ арналған кернеу мн тоқтың векторлы диаграммасы

$$U_ф = U_л/\sqrt{3} \text{ и } I_ф = I_л.$$

Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес бейтарап сымындағы тоқ векторлардың геометриялық соммасы ретінде анықталады:

$$\dot{I}_n = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c.$$

Симметриялық жүктеме боолғандықтан $I_a = I_b = I_c$,то $I_n = 0$, яғни бейтарап сым қажет емес. Сәйкесінше, бейтарап сымның үзілуі қандайда ЭТ өзгерісіне әкеліп соқпайды.

Тізбектегі белсенді, реактивті және толық қуаты келесі мағыналармен белгіленеді:

$$P_{ЭЦ} = 3U_ф I_ф \cos\varphi_ф = \sqrt{3}U_л I_л \cos\varphi_ф;$$
$$Q_{ЭЦ} = 3U_ф I_ф \sin\varphi_ф = \sqrt{3}U_л I_л \sin\varphi_ф;$$
$$S_{ЭЦ} = 3U_ф I_ф = \sqrt{3}U_л I_л.$$

3.2.2. Жұлдызы қосылған, симметриялы жүктеме. Бейтарап сымның рөлі

Бейтарап сым болған жағдайда қабылдағыштар қуат көзінің фазалық кернеуіне тең:

$$U_a = U_A U_b = U_B; U_c = U_C.$$

Осылайша, қабылдағыштың фазалық кернеуі өзара тең және фазадағы жүктеме мөлшерлемесіне байланысты емес. Сонымен қоса *Щ*= $U_A A/3$ қарым-қатынасы әділетті болып қалады.

Фазалық токтар фазалық жүктеме мөлшерлемесімен анықталады және жалпы алғанда өзара тең емес:
$Ia = Ua/Za;\ Ib = Ub/Z_b,\ I_c = Uc/Z_c$

Векторлыдиаграмманы құру кезінде фазалық токтардың векторлары фазалық кернеулердің векторларына қатысты φ_a, φ_b, φ_c ($\cos\varphi_\varphi = R\varphi/Z\varphi$) сәйкес бұрыштарына бөлініп шығады. Диаграмманың 3.10 б суретінде ұсынылғандай векторлы диаграмманың көмегімен белгіленуі мүмкін I_n,тоғы бейтарап сымның симметриялық емес жүктемеде ($\varphi_\varphi = 0$, яғни әрбір фазадағы тоқтың векторы мен кернеуі сәйкес келеді) белсенді жүктемесі бар ЭТ төртсымға арналған диаграммалар.

Бейтарап сымның үзілуі U_{nN},бейтарап кернеуінің жылжуына әкеліп соғады, ол өз кезегінде фазалық кернеу теңдестігінің бұзылуына — фазалардың «қисаюына» (3.10, в суреті) әкеліп соғады.

AXNnxa контурға арналған Кирхгофтың екінші заңына сәйкес (3.10, а сур.қараңыз) $U_a = U_A - U_{nN}$;; контур үшін *BYNnyb* $U_b = U_B - -U_{nN}$;контур үшін *CZNnzc* $U_c = U_C - U_{nN}$.

Симметриялық емес жүктемесі кезіндегі тізбектің (белсенді, реактивті немесе толық) қуаты әрбір фазаның сәйкес қуатына сәйкес сумма ретінде белгіленеді:

$$P_{ЭЦ} = P_a + P_b + P_c;$$

$$Q_{ЭЦ} = Q_a + Q_b + Q_c;$$

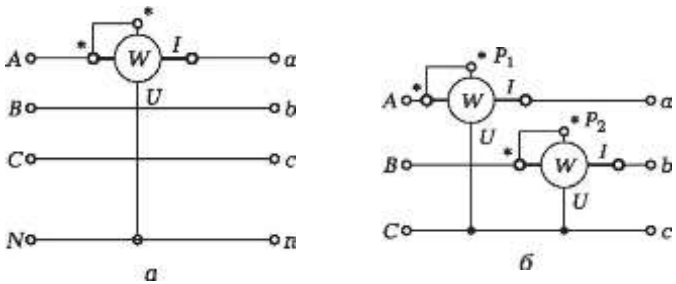
$$S_{ЭЦ} = S_a + S_b + S_c.$$

Симметриялық емес жүктемесі бар үшсымды ЭТ қолдану, жұлдыз қосулы болған жағдайда жол берілмейді, себебі фазалардың «қателігі» жүктемесі кезінде жабдық жұмысы тәртібінің өзгеруіне әкеліп және оны істен шығаруы мүмкін.

Жұлдызбен қабылдағыштарды жалғау кезінде бейтарап сымдарды пайдалану фазалық кернеулерді симметриялаудан шығаруға және фазадағы жүктемелерді өзгертуге мүмкіндік береді.

3.2.3. Үшфазалы электр тізбегінің қуаты мен оны өлшеу әдістері

Симметриялы төртсымды жүйесіне арналған, үшфазалы қабылдағышымен тұтынылатын қуаты, әрбір фазамен тұтынылатын, үш есе көбейтілген қуатына тең. Осылайша, ЭТ үшфазалы төртсымды қуатын өлшеу үшін бір фазаның қуатын өлшеу жеткілікті (3.11 а суреті), содан соң ваттметр көрсеткіштерін үшке көбейту қажет. Ваттметрдің жылжымалы бөлігінің айналмалы сәті жүйенің белсенді қуатына тепе-тең: $M_{вр} = kUI \cos$ ср. Ваттметр оның тоқ орамдарды бойынша фазалы тоқ өтетіндей,



3.11 сурет. Үшфазалы ЭТ симметриялы төртсымды (а) және симметриялы емес үшсымды (б) қуатын өлшеу.

Ал, кернеудің шарғысы фазалық жүктемеге қосулы болатындай етіп қосады. Бұл ретте * белгісімен белгіленген аспаптар жалғануы тиіс.

Симметриялы емес төртсымды жүйесінің қуаты әрбір өзінің фазасына қосылатын, үш ваттметрдің көмегімен өлшенеді. Бұл жағдайда ЭТ тұтынылатын, толық белсенді қуаты, барлық ваттметрлердің көрсеткіш суммасына тең.

Симметриялы емес төртсымды жүйесі үшін қуатын өлшеу екі ваттметр әдісімен орындалуы мүмкін (3.11 б сурет). Сонымен қоса олардың тоқ шарғылары бойынша желілі тоқ өтетіндей, ал кернеудің орамдарына желілі кернеулер өтетіндей етіп қосады.

Аталған жағдайла дереу қуаты екі қуатының соммасы ретінде анықталып, желілі тоқтың желілі кернеуінің өтуіне белгіленуі мүмкін. Егер дереу қуатынан белсендіге ауысып және дереу мағынасын қолданыстағы U және I, онда $P_{ЭТ} = P_1 + P_2$өткізуге болады.

Өндіріс үш немесе төртсымды жүйесінде қуатын өлшеу үшін тағайындалған, үшфазалы ваттметрлерді шығарады (екі немесе үшфазалы ваттметрлердің әдістері бойынша).

3.2.4. Үшфазалы электр тізбектерінің есептеу әдістері

Үшфазалы жүктеме симметриялы болса, жүйені есептеу бір фаза үшін орындайды. Сонымен қоса желілік кернеудің U_Aжәне фазадағы жүктемелердің = yj^Rф + $(X_{1ф}$ - $X_Cф)^2$ мағыналары беріледі.

Егер жүктемесі бар қабылдағыштар Z\$^ жұлдызбен жалғанған және желілі кернеуге $и_л$, қосылған болса, онда

$$U_ф = \frac{U_л}{\sqrt{3}};\ I_л = I_ф;\ I_ф = \frac{U_ф}{Z_ф} = \frac{U_л}{\sqrt{3}Z_ф};\ \cos\varphi_ф = \frac{R_ф}{Z_ф}.$$

ЭТ тұтынылатын, толық қуаты:

$$S_{ЭЦ}^{л} = 3S_ф = 3\frac{U_ф^2}{Z_ф} = \frac{U_л^2}{Z_ф}.$$

Егер жүктеме үшбұрышпен жалғанған және сол желілі кернеуге $и_л$, қосылған болса онда,

$$U_л = U_ф;\ I_л = \sqrt{3}I_ф;\ I_ф = \frac{U_ф}{Z_ф} = \frac{U_л}{Z_ф};\ \cos\varphi_ф = \frac{R_ф}{Z_ф}.$$

$$S^{\Delta}_{ЭЦ} = 3S_{ф} = 3\frac{U_{ф}^2}{Z_{ф}} = 3\frac{U_{л}^2}{Z_{ф}}.$$

Белсенді және реактивті қуаты сонымен қоса,

$$P_{ЭЦ} = S_{ЭЦ}\cos\varphi_{ф};$$

$$Q_{ЭЦ} = S_{ЭЦ}\sin\varphi_{ф}.$$

Бірдей желілі кернеу қуатында, тұтынылатын жүктемемен (мысалы, электроқозғалтқышпен), үшбұрышпен жалғанған фазалар, жұлдызбен фазаларды жалғаған кездегінен, 3 есе көп. Сәйкесінше дамитын қуаты да 3 есе көп.

Егер жүктеме симметриялы емес ал қабылдағыштар бейтарап сымдары бар жұлдызбен жалғанған болса, есепті әрбір фаза үшін сол жүйелілікте жүргізіледі.

- фазалық токтарды есептейді ($I_a = U_a/Z_a$ және т.б.);
- векторлардың фазалық бұрышының жылжуын есептейді (TOS $j_a = R_a/Z_a$ және т.б.);
- фазалық кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасын құрады;
- векторлы диаграмма бойынша бейтарап құқығындағы де I_n тоқты анықтайды;
- фазалық қуатының соммасы ретінде ЭТ тұтынылатын қуатын есептейді.

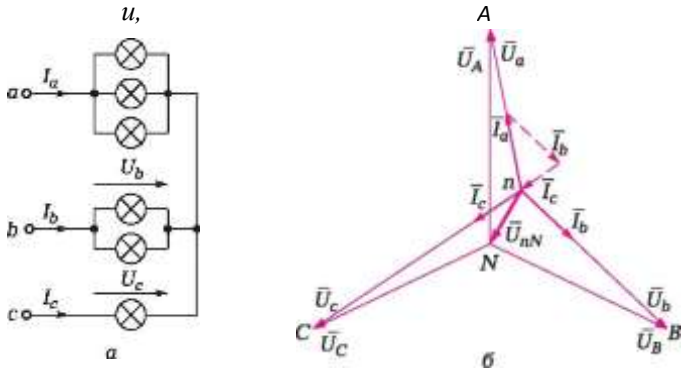
Егер жүктемелер симметриялы емес және қабылдағыштар үшбұрышпен жалғанған болса, есепті әрбір фазаға ұқсас орындайды. Желілі токтар векторлы диаграмма бойынша графикалық түрді орындайды.

Мысал ретінде жұлдызы қосылған, симметриялы емес жүктемемен, үшфазалы үшсымды ЭТ есептеу алгоритмдерін қарастырамыз.

Бірінші нұсқа. Берілген желілі кернеу бойынша $и_л$ және фазадағы жүктеме бойынша (ережеге сәйкес, белсенді R_a, R_b, R_c) векторлы диаграмманың кернеуі мен токтарының көмегімен жүйелі жақындай әдісі арқылы ($I_n = I_a + I_b + I_c = 0$ ескере отырып) U_{nN} бейтарабының жылжуын анықтаймыз және жүктеме бойынша U_a, U_b, U_c *фазалық* кернеуді күтеміз. Сонымен қоса, n жылжуының бейтарап нүктесі қарсылығы аз фаза кернеулерінің шектелген аумағына жылжиды.

Әртүрлі шамды жүктемесі бар үшсымды ЭД берілген (3.12 а сурет).

Фазалық кернеуді жүктемесі бойынша анықтау қажет.



3.12 сурет. Симметиялы емес жүктемесі бар үшсымды үшфазалы ЭТ: *а* — ЭТ схемасы; *б* — кернеу мен токтардың векторлы диаграммасы.

Есепті келесі жүйелілікте орындаймыз:

- m_Uмасштабында генератордың фазалық кернеу жұлдызын құрамыз $U_A = U_B = U_C =$ $и_д л/3$ (3.12, *б*сурет);
- бұған дейін мәлімделген ұсыныстардың п нүктесінің күйін, *A, B, C,*нүктелерімен жалғап, U_a, U_b, U_c жүктемесіндегі фазалық алдын ала кернеу мағынасын табамыз;
- $I_a = U_a/R_a$; $I_b = U_b/R_b$; $I_c = U_c/R_c$ фазалық нүктелерді есептейміз және m_I масштабында токтардың векторлы диаграммасын құрамыз;
- Тепе-теңдік $Ia+Ib+Ic = 0$ орындалатындығын тексереміз. Егер ол орындалмаса, п нүктесін басқа жерге ауыстырамыз және әрекет сипаттамасын қайта қайталаймыз. Тепе-теңдік орындалғаннан кейін, *n* нүктесін *N* мен жалғаймыз және бейтараптың жылжуын $_{UnN}$,сондай-ақ жүктемесі бойынша *Ua, Ub, Ua* фазалық кернеуді анықтаймыз.

Екінші нұсқа. эксперимент фазалық кернеу бойынша U_a, U_b, U_c,фазалық токтар I_a, I_b, I_cжәне желілік кернеу бойынша U_Aсол жүйеліліктегі фазаларда симметриялы емес белсенді жүктемеге арналған векторлы диаграмманы құрамыз:

- m_U масштабындағы *N* нүктесінен U_A, U_B, U_C генераторының фазалық кернеу жұлдызын құрамыз,
- нүктесінен желінің үшсымды желіге арналған циркульмен таңба жасай отырып, A, B, C, нүктелерінен U_a, U_b, U_cқабылдағыштың бейтарап нүктесіндегі күйін табамыз. *N* нүктесін *N* мен жалғаймызжәне бейтараптың жылжуын $_{UnN}$, сондай-ақ жүктеме бойынша $_{Ua}$, $_{Ub}$, $_{Ua}$фазалық кернеуді анықтаймыз.
- m_I масштабында п нүктесінен I_a, I_b, I_cфазалық токтардың векторлы диаграммасын құрамыз. Олардың геометриялық соммасы нөлге тең болуы тиіс.

(белсенді жүктеме кезінде фазалық тоқтың векторы бағыты бойынша фазалық кернеудің векторымен сәйкес келеді).

U_{nN}= 0 *төрт сымды* желіге арналған, яғни *n* нүктесі N нүктесімен сәйкес келеді. Сондықтан m_I масштабындағы токтардың векторлы диаграммасынN нүктесінен құрамыз. Токтардың геометриялық соммасы I_n бейтарап сымы тоқтың мағынасын анықтайды. Симметриялық жүктеме кезінде бұл сомма нөлге тең, ал симметриялық емес тоқ бейтарап сымда нөлге тең емес және векторлы диаграмма бойынша табылуы мүмкін.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

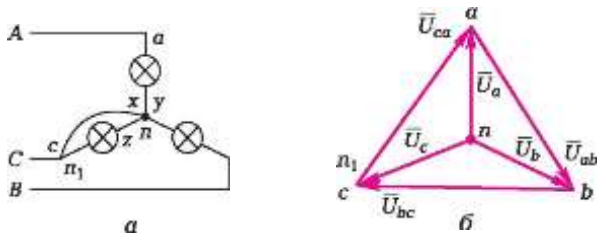
1. Номиналды қуаты 50 кВт, желілі кернеуі 6 кВ и қуатының коэффиценті 0,8 үшфазалы асинхронды қозғалтқышымен тұтынылатын, желілі тоқты анықтаңыз.

Шешім. Үшфазалы асинхронды электроқозғалтқыш симметриялы жүктемеден тұрады, сондықтан есептеу үшін 1_A = = $P_{дв}$/(л/3 Ц cos $ф_ф$) = 50/(л/3-6- 0,8) = 6 А бар, $P_{дв}$ = -√3 $U_A I_A$ cos фф мағынасын пайдалануға болады.

Жауап. Электроқозғалтқышпен тұтынылатын, желілі тоқ 6 А тең.

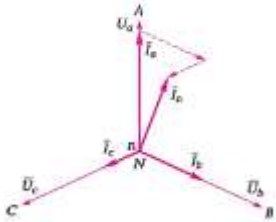
2. Жұлдызбен жалғанған симметриялық жүктемесі бар үшсымды ЭТ, фазаларының біреуі тұйықталған, мысалы С (3.13 а сурет). Қалған екі фазаларда не болады?

Жауабы. Фазалық кернеу желіліге дейін өседі. Шындығында, фазалардың бірі тұйықталу кезінде *n* бейтарап нүктесі тұйықталған фазаның басына орналасады (с нүктесіне), ол n_1 нүктесі болады. Демек, U_aжәне U_b фазалық кернеулер, U_{ca}и U_{bc} желіліге тең болады (3.13 б сурет).



3.13 сурет. 3.2 тарауының 2 тапсырмасына қатысты ЭТ схемасы (а) мен векторлы диаграммасы (б)

3.14 сурет. 3.2 тараудың 3 тапсырмасына фазалық кернеу мен токтардың векторлы диаграммасы



3. Үшқабатты қаласыртындағы үй желілік кернеуі U_A= = 380 В үшфазалы трансформаторынан электрқуатын алады. Барлық жүктемені (жарықтандыру аспаптар, электроплита, фидео-радиоаппаратура, басқа да «ақылды үйдің» электрожабдықтары) белсенді деп есептеуге болады.

Бірінші қабат А фазасына қосылған және P_a = 8,8 кВт қуатын тұтынады; екінші қабат - *В* ($P_ь$ = 4,4 кВт) фазасына, үшінші қабат - *С* (P_c = 2,2 кВт) фазасына қосылған.

Бейтарап сымдағы I_{nN} тоғын анықтаңыз және бейтарап сымы үзілген жағдайда не болатындығын көрсетіңіз.

Шешім: Фазалық кернеулерді есептейміз: иф = $и_л$Л/э = 220 В.

Жүктеменің таза белсенді сипатын есептеп, фазалық токтарды табамыз: (cos j = 0): I_a= P_a/$и_ф$= 8 800/220 = 40 А; $1_ь$= $P_ь$ /$и_ф$ = 4 400/220 = = 20 А; I_c= P_c/$и_ф$ = 2 200/220 = 10 А.

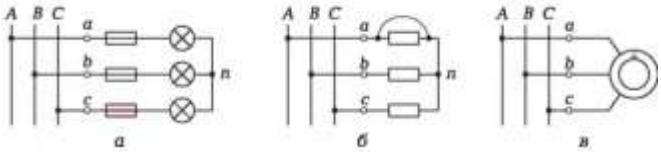
Токтардың мастштабын қабылдап m_I= 1,65 А/мм, фазалық кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасын құрамыз (3.14 сурет).

Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес *n* нүктесі үшін токтардың топографиялық диаграммасын құрамыз және бейтарап сымдағы тоқты анықтаймыз: I_n= m_I-17 мм = 28 А.

Жауап: Бейтарап сымда I_n= 28 А тоғы өтеді. Бейтарап сымы өзілген кезде фазалардың «қателігі» жүреді және *n* қабылдағышының бейтарап нүктесі диаграмма жылжып I_n. тоғының векторы бағытына жылжиды. Бұл А фазасындағы кернеу азаяды және шамдар әлсіз жанатын болады, ал С фазасындағы кернеуі өседі, ал шамдар күйіп кетеді. Үйдің электршамдары дұрыс емес орындалған. Оны үш фазаның жүктемелерді бірдей болатындай етіп құру керек.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

4. Төртсымды үшфазалы тізбектік өткізгішіне 380 В желілі кернеу қосылған. Фазалардың қарсылығы 10,10 және 20 Ом тең. Бейтарап күйіндегі тоқты анықтаңыз.



3.15. сурет 3.2 тарауындағы 6 (а), 7 (б), 8 (в) тапсырмаларына ЭТ схемасы

5. 100 Вт қуаты бар үш бірдей шамдар желілік кернеуі 380 В төртсымды желінің әрбір фазасына қосылған. Шамдардың біреуі күйіп кеткен жағдайда, бейтарапты сымдағы тоқ неге тең болады?

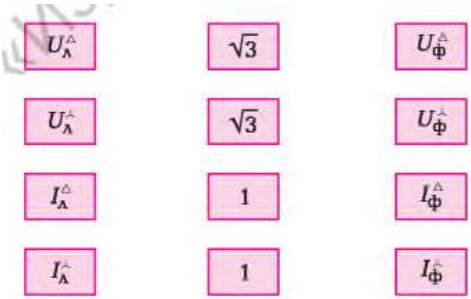
6. Жұлдызбен және желілік кернеуі 220 В симметриялық кернеуінде, симметриялық жүктемесі бар үшсымды ЭТ *с* фазасының сақтандырғышы күйіп кетті. *а* және b фазаларындағы кернеулер неге тең болады?

7. Жұлдызбен және фазалық кернеуі 220 В симметриялық жүктелісі бар үшсымды ЭТ (әрбір фазаның қарсылығы 100 Ом) фазадағы *а* жүктемесі тұйықталды (3.15 б сурет). *b*және *с* фазаларындағы кернеулер неге тең болады?

8. Үшфазалы асинхронды электроқозғалтқыштың орамдары жұлдызбен үшсымды ЭТ қосылған (3.15 в сурет). Жұмыс барысында қозғалтқыш орамның біреуі тұйықталды. Егер *ЬІф* = 220 В, *f*= 50 Гц, Яф = 10 Ом, Ьф = = 0,156 Гн, екі орамда қандай токтар өтетін болады. а

9. Қуаты 40,60 және 75 Вт үш шам фазалық кернеуі 220В төртфазалы үшсымда жүйесінің үш фазасына қосылған. Бейтарап сымдағы тоқты анықтаңыз.

10. 3.16 суретте жұлдыз бен үшбұрыштың жалғау арқылы желілі және фазалық кернеу мен тоқтың қатынасындағы тікелей желісінің көмегімен көрсетіңіз.



3.16 сурет. 3.2 тарауындағы 10 тапсырмаға қатысты желілі және фазалық кернеудің және токтардың арасындағы ара-қатынасы

(мысалы, егер желілі кернеу фазадан >/3 есе көп, символдары бар тікбұрыштан желінің бұл кернеулерін, егер желілік және фазалық кернеу тең болған жағдайдатікбұрышқа апару қажет – 1 бейнесі бар тікбұрышқа).

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Бейтарап сымы жұлдызбен жалғаннан, симметриялық жүктемесі бар ЭТ схемасында, фазалардың біреуінің сақтандырғышы күйіп кетті. Қалған екі фазалардағы токтар қалай өзгереді?
   а) $\sqrt{2}$ есе артады;
   б) өзгермейді;
   в) нөлге тең болады;
   г) болжап болмайтындай өзгереді.
2. Бейтарап сымы жұлдызбен жалғаннан, симметриялық жүктемесі бар ЭТ схемасында, фазалардың екі сақтандырғышы күйіп кетті. Қалған фазалардағы токтар қалай өзгереді?
   а) $\sqrt{3}$ есе артады;
   б) өзгермейді;
   в) нөлге тең болады;
   г) болжап болмайтындай өзгереді.
3. Фазалық қарсылығы 100 Ом 380 В кернеуі бар төртсымды симметриялы ЭТ бейтарап сымы қосылған, амперметр қандай мағынадағы тоқты көрсетеді?
   а) 3,8 А;
   б) 0;
   в) 2,2 А;
   г) амперметр күйіп кетеді.
4. Жұлдызбен жалғанған, үшфазалы симметриялы ЭТ желілі немесе фазалық токтардың арасындағы қатынасы қандай?
   а) желілі кернеу фазаға тең;
   б) желілі тоқ фазадан $\sqrt{3}$ есе үлкен;
   в) $\sqrt{3}$ фазалық тоқ желіліден үлкен;
   г) $\sqrt{2}$ желілі тоқ фазадан үлкен.
5. Жұлдызбен жалғанған, үшфазалы симметриялы ЭТ желілі немесе фазалық токтардың арасындағы қатынасы қандай?
   а) желілі кернеу фазаға тең;
   б) желілі тоқ фазадан $\sqrt{3}$ есе үлкен;
   в) фазалық кернеу желіліден $\sqrt{3}$ есе үлкен;
   г) $\sqrt{3}$ фазалық тоқ желіліден үлкен.

6. Розеткаға қосылған вольтметр қандай кернеуді көрсетеді?
   а) желілі;
   б) фазалы;
   в) аспапты қосу схемасына қарай;
   г) болжап болмайтындай өзгереді.

7. Фазалық кернеу мен төртсымды ЭТ өлшеу үшін, вольтметрді қандай нүктелерге қосу қажет.
   а) желілі сымдардың арасында;
   б) екі фазаның ұштарының арасында;
   в) екі фазаның басының арасында;
   г) желілі сым мен бейтарап нүктесінің арасында.

№ 7 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Жұлдызбен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштарды белсенді жүктеу кезінде үшфазалы электрлік тізбегін зерттеу

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Эксперимент жолмен жұлдызбен жалғанған, бірфазалы қабыдағыштар үшін желілі және фазалы токтармен және кернеулердің арасындағы қарым-қатынас арқылы тексеру.

1.2. Жұлдызбен жалғанған, жүктемесі бар үшфазалы ЭТ бейтарап сымның рөлін бағалаңыз.

1.3. Векторлы диаграммаларды қолданумен, жұлдызбен жалғанған, белсенді жүктемесі бар үшфазалы ЭТ талдау әдісімен танысу.

2. Сынақ объекті мен құралдары

Сынақ объектісі болып жүктеменің белсенді сипаты бар үш бірфазалы қабылдағыш болып табылады – Ыф = 0 ... 8 В фазалық кернеуі бар үшфазалы синусоидалды кернеуімен ретке келтіретін көзіне қосылатын, тұрақты резисторлар.

ЭТ барлық элементтері стендтің теру аймағында монтаждалады және байланыс ұяшығының және штекері бар сымдардың көмегімен қосылуы мүмкін. Өлшеу аспаптары ретінде ауыспалы тоқтың амперметрі мен вольтметрі тәртібінде жұмыс істейтін, мультиметрлер пайдаланылады. Амперметр тізбекке «А» шағынблогының көмегімен қосылады.

3. Зертханалық жұмысқа тапсырмалар

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмыстарды орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теоретикалық мәліметтермен танысу, Жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын әзірлеу.

3.2. *Яф* = 330 Ом және $и_л$ = 11,4 В симметриялы жүктемесіне арналған ЭТ алдын ала есебін орындау. Таңдалған масштабта алдын ала есеп бойынша Л7.1 суретте кернеу мен тоқтың векторлы диаграммасын бейнелеңіз. Бейтарап сымдағы тоқты анықтаңыз (бейтараптарды).

Зертханада орындалады

3.3. Л7.2 суретте келтірілген, схемаға сәйкес ЭТ жинау. Әрбір фазаға қарсылығы 1 кОм бірдей резисторларды қосу (симметриялы жүктеме). ЭТ үшфазалы қуат көзіне қосыңыз.

3.4. Жиналған ЭТ тексеруден кейін оқытушымен автоматтарды және «Қосу» күйіне УЗО ажыратқышын орнату. ЭТ және мультиметр кернеуіне «Желі» ажыратқышының көмегімен беру. Сонымен қоса сәйкес дабыл шамдары жануы тиіс.

Үшфазалы қуат көзінің берілісінде фазалық кернеудің максималды мағынасын орнатыңыз. 12,0 ... 14,6 В диапазонында жатуы тиіс $и_л$, желілі кернеуін өлшеңіз. Қабылдағыштардағы U_a, U_b, U_c кернеуін, I_a, I_b, I_c, желілі токтарын I_n бейтарап токтарын өлшеңіз. Қорытындыларын Л7.1 кестесінің бірінші жолағына енгізіңіз. Қуат көзінің бейтарап сымын ажыратыңыз (N қысуы) және фазалық кернеу мен тоқты қайта өлшеңіз, сондай-ақ *n*және *N* нүктелерінің арасындағы U_{nN} бейтарапының кернеуін өлшеңіз. Қорытындыларды Л7.1 кестесінің екінші жолағына енгізіңіз.

3.5. ЭТ қуатын ажыратыңыз. 330 Ом қарсылығы бар резисторды 1 кОм қарсылығы бар резистордың орнына *b фазасы үшін, симметриялы емес* жасап, фазалардағы жүктемені – 470 Ом ға өзгертіңіз. ЭТ кернеуін беріңіз және фазалық кернеуді, бейтараптағы желілі токтар мен токтарды өлшеңіз. Мәліметтерді Л7.2 кестенің бірінші жолағына енгізіңіз.

Қуат көзінің бейтарап сымын ажыратыңыз жәнефазалық кернеу мен токтарды өлшеңіз, сондай-ақ *n*және *N* арасындағы U_{nN} бейтарабының жылжу кернеуін өлшеңіз. Қорытындыны Л7.2 кестенің екінші жолағына енгізіңіз.

3.6 ЭТ оқытушысымен сынақ хаттамасын келісілгеннен кейін токтан ажыратыңыз және бөлшектеңіз. Шағын - блоктарды орнына алып тастаңыз, жұмыс орнын тәртіпке келтіріңіз.

4. Сынақ хаттамасы мен № 7 жұмыс туралы есеп

Жұлдызбен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштарды белсенді жүктеу кезінде үшфазалы электрлік тізбегін зерттеу

4.1. Жұмыстың мақсаты_____

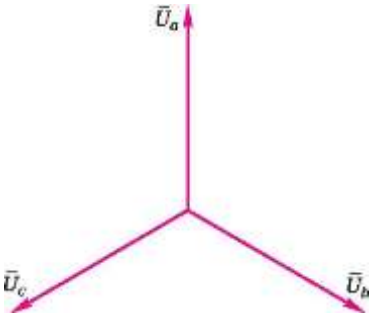
4.2. Формулалар мен алдын ала есептер.

$U_л = \sqrt{3}U_ф$; $I_л = I_ф$; $Z_ф = U_ф/I_ф$; $\varphi = \mathrm{arctg}\, X/R$; $P = 3U_ф I_ф = \sqrt{3}U_л I_л$.

Берілген: $U_л$ = _____ В; $R_ф = R_a = R_b = R_c$ = _____ Ом;

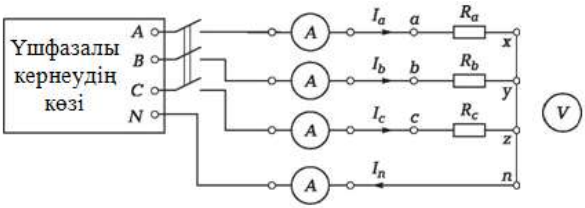
$U_ф = U_л/\sqrt{3}$ = ____ В; $I_ф = U_ф/R_ф$ = ____ мА; $I_л$ = ____ мА; P = ____ мВт.

$m_U = 0{,}24$ В/мм, $m_I = 1$ мА/мм



Л 7.1 сурет. Жұлдызбен жалғанған, белсенді жүктемесі бар бірфазалы қабылдағышты, үшфазалы ЭТ кернеуі мен токтардың векторлы диаграммасы (жұмысқа дайындық кезінде құрылады).

4.3. Электрлік тізбек пен кестенің схемасы.



Л7.2 сурет. Жұлдызбен жалғанған, белсенді жүктемесі бар бірфазалы қабылдағышы бар, ЭТ схемасы

Симметриялық жүктеме ($R_a = R_b = R_c$).

Л7.1 кесте								
Жалғау схемасы	U_a,В	U_b,В	U_c,В	I_a,мА	I_b,мА	I_c,мА	I_n,мА	U_{nN},В
Бейтарап сымымен								—
Бейтарап сымсыз							—	

Симметриялы емес жүктеме ($R_a \Phi R_b \Phi R_c$).

Л7.2 кесте								
Жалғау схемасы	Ua, В	Ub, В	Uc,В	Ia,мА	Ib,мА	I_c,мА	In,мА	U_{nN},В
Бейтарап сымымен								—
Бейтарап сымсыз							—	

Топ _____Оқушы _____ Күні

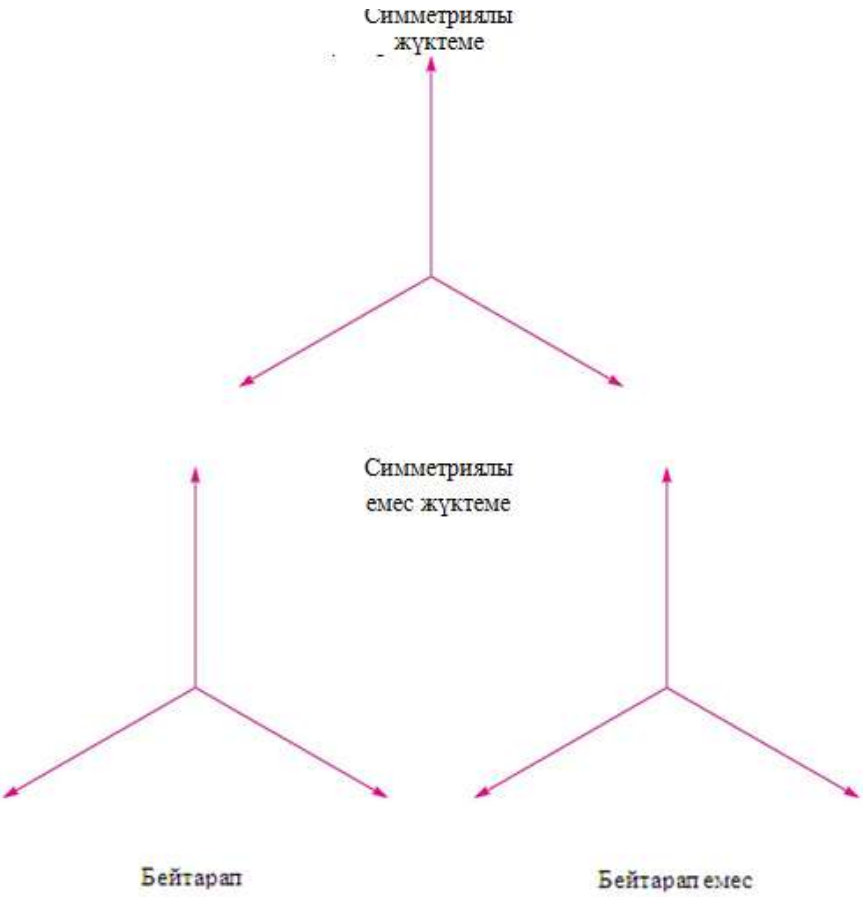
Оқытушы _____

4.4. Есептеу – графикалық бөлігі.

Л7.1 және Л7.2 кестеге енгізілген, эксперимент мәліметтерін өңдеуге үшін пайдаланылатын, формулалар:

$$Z_{ф} \quad \frac{U_{ф}}{ф} \quad \Phi = \text{arctg}.$$

Л7.3 кесте									
Жүктеме	Жалғау схемасы	Za, Ом	Zb, Ом	Zc, Ом	Фа' град.	Фb' град.	Ф^ град.	In, мА	U_{nN}, В
Симметриялы жүктеме ($R_a = R_b = R_c$)	Бейтарап								—
	Бейтарап емес							—	
Симметриялы емес жүктеме ($R_a \Phi R_b \Phi R_c$)	Бейтарап								—
	Бейтарап емес							—	



Л7.3 сурет. Жұлдызбен жалғанған, белсенді жүктемесі бар бірфазалы қабылдағышты, үшфазалы ЭТ кернеуі мен токтардың векторлы диаграммасы (сынақ қорытындысы бойынша құрылады).

4.5.Қысқаша қорытындылар

Оқушы_____ Оқытушы_____

5. Есептің есептеу – графикалық бөлігіне қатысты талаптар

5.1. Л7.1 және Л7.2 кестесінің мәліметтері негізінде Z_a, Z_b, Z_c фазалық қарсылығының мағынасын және j_a, j_b,j_cфазаларының жылжу бұрышын есептеу. Есептемелердің қорытындыларын Л7.3 кестесіне енгізіңіз.

5.2. Л7.1, Л7.2 және Л7.3 кестесінің мәліметтерін пайдаланып, Л7.3 суретте m_U және m_I масштабына сәйкес бейтарап сымы бар және бейтарап сымы жоқ симметриялық және симметриялық емес жүктемеге арналған кернеу мен токтардың векторлы диаграммасын құру. Векторлық диаграммалардың көмегімен U_{nN}, бейтарабының жылжу кернеуі мен I_n бейтарап сымында токтарды анықтап, алынған мағыналарды Л7.3 кестеге енгізу.

5.3. Бейтарап сымы мен бейтараптың кернеуінің жылжу мағынасын салыстырып, эксперимент және есептік жолмен алынған мәліметтерді салыстырыңыз.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындыларды жасаңыз.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Байланыстың үшсымды желісі төртсымдыдан қалай ажыратуға болады?
2. Бейтарап сымның рөлі қандай?
3. Бірфазалы жүктемені жұлдыз етіп қалай қосуға болады?
4. Қандай кернеулер (токтар) желілі және фазалы деп аталады?
5. Бейтараптың жылжуы қандай жағдайда туындайды?
6. Егер танымал фазалық кернеулер мен кедергілер бейтарап сымдағы тоқты және бейтараптағы жылжу кернеуін қалай оңай шешуге болады?
7. Жарықтандыру желісіндегі бейтарап сымы қажет па?

№ 8 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Жұлдызбен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштардың белсенді-реактивті жүктемені үшфазалы электрлік тізбегін зерттеу

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Белсенді-реактивті жүктемесі бар үшфазалы ЭТ жұмысын зерттеу, бейтарап сымдағы тоқты анықтау және жұлдызбен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштарға арналған бейтараптардың жылжу кернеуін анықтау.

1.2. Жұлдызбен жалғанған, белсенді-реактивті жүктемесі бар үшфазалы ЭТ бейтарып сымының рөлін бағалау.

1.3. Векторлы диаграмманы қолданумен, жұлдызбен біріктірілген, белсенді-реактивті жүктемесі бар үшфазалы ЭТ талдау әдісімен танысу.

2. Сынақтың объектісі мен құралдары

Сынақ объектісі жиілігі 50 Гц Цф = 0 ... 8 В фазалық кернеуімен ретке-келтірілетін үшфазалы синусоидалды кернеуінің көзіне қосылатын, белсенді (*a* — x фазасы), индуктивті (*b*— y фазасы) және сыйымдылықты (*c* — z фаза) үшфазалы қабылдағышы болып табылады.

Барлық ЭТ элементтері стендтің теру аймағында монтаждалады және байланыс ұяшығының және штекері бар сымдардың көмегімен схемаға қосылуы мүмкін. Өлшеу аспаптары ретінде ауыспалы тоқтың амперметрі мен вольтметрі тәртібінде жұмыс істейтін, мультиметрлер пайдаланылады. Амперметр тізбекке «А» шағынблогының көмегімен қосылады.

3. Зертханалық жұмысқа қатысты тапсырмалар

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмыстарды орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теоретикалық мәліметтермен танысу. Жұмыс дәптеріне сынақ хаттамасын әзірлеу.

3.2. R_a= 320 Ом, L_b=1 Гн, C_c = 10 мкФ и $Ц_л$ = 11,1 В.R_a= 320 Ом, L_b=1 Гн, C_c = 10 мкФ и $Ц_л$ = 11,1 В параметрлері бар бірқалыпты жүктемеге арналған ЭТ бастапқы есептілігін орындау.

Таңдалған масштабтағы есептіліктің қорытындылары бойынша Л8.1 суретінде кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасын бейнелеу. Бейтарап сымдағы (бейтартар) тоқты анықтау.

Зертханада орындалады

3.3. Л8.2 суретте келтірілген, схемаға сәйкес ЭТ жинау. *a*— *x* фазасына 330Ом қарсылығы бар резисторды қосу, *b*— *y* фазасына – ферромагнитті жүрекшемен жиналған индуктивтілік орамасын (*w*= 900 орам саны), *C* = 10 мкФ сыйымдылығын *c* — z— конденсатор фазасына. ЭТ үшфазалы қуат көзінің үшфазасына қосу.

3.4. Схеманы тексеруден кейін оқытушымен «Қосу» күйіне УЗО автоматы мен ажыратқышын орнату. ЭТ мен мультиметрлерге «Желі» кернеуінің ажыратқышының көмегімен беру. Сонымен қоса сәйкес дабылдық шамдар жануы тиіс. Қорытындысында фазалық кернеудегі үшфазалы қуат көзінің максималды мағынасының мағынасын орнату. 12,0 ... 14,6 В диапазонында болуы тиіс $Ц_л$, желілі кернеуін өлшеу. Қабылдағыштардағы U_a, U_b, U_c фазалық кернеулерді, бейтараптағы I_a, I_b, I_c, тоғын I_nбейтараптарын өлшеу. Қорытындыларды Л8.1 кестенің бірінші жолағына енгізіңіз.

Қуат көзінен бейтарап сымды ажыратыңыз (*N* қысқышы) және фазалық кернеулерді, желілі токтарды, сондай-ақ *n* және*N* нүктелерінің арасындағы U_{nN} кернеудің бейтарап жылжуын қайта өлшеу. Қорытындыларды Л8.1 кестенің екінші жолағына енгізу.

3.5 ЭТ қуат көзін ажыратыңыз. Конденсаторды *b*— у фазасына, ал индуктивтілік орамын *c*— *z* фазасына орнатып фазадағы жүктемелерді орындарымен ауыстырыңыз. Бейтарап сымын қосып, қуат көзін беріп және Фазалық кернеулерді, желілі токтарды және бейтараптағы токтарды өлшеу. Мәліметтерді Л8.2 кестенің бірінші жолағына енгізіңіз.

Қуат көзінің бейтарап сымын ажыратыңыз жәнефазалық кернеу мен токтарды өлшеңіз, сондай-ақ *n*және *N* арасындағы U_{nN} бейтарабының жылжу кернеуін өлшеңіз. Қорытындыны Л7.2 кестенің екінші жолағына енгізіңіз.

3.6 ЭТ оқытушысымен сынақ хаттамасын келісілгеннен кейін токтан ажыратыңыз және бөлшектеңіз. Шағын - блоктарды орнына алып тастаңыз, жұмыс орнын тәртіпке келтіріңіз.

Сынақ хаттамасы мен № 7 жұмыс туралы есеп

Жұлдызбен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштардың белсенді-реактивті жүктеменің үшфазалы электрлік тізбегін зерттеу

3.5. Жұмыстардың мақсаты _____

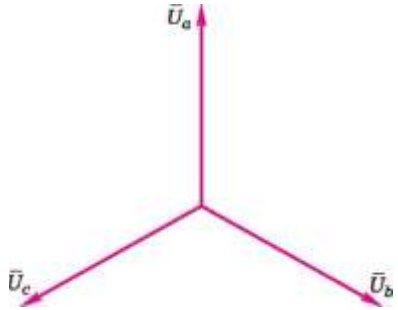
3.6. Формулалар мен алдын ала есептер.

$U_Л = \sqrt{3}U_Ф$; $I_Л = I_Ф$; $Z_Ф = U_Ф/I_Ф$; $\varphi = \mathrm{arctg}\, X/R$; $P = P_a + P_b + P_c$

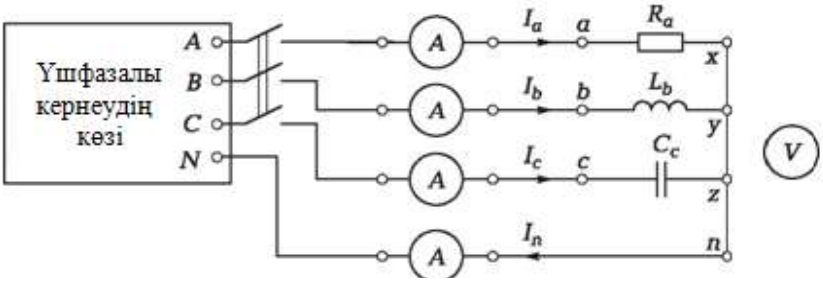
Берілген: $U_Л = 11{,}1$ В; $Z_Ф = R_a = X_b = X_c = 320$ Ом;

$U_Ф = U_Л/\sqrt{3} =$ ___ В; $I_Ф = U_Ф/Z_Ф =$ ___ мА; $I_Л =$ ___ мА; $P =$ ___ мВт.

$m_U = 0{,}24$ В/мм, $m_I = 1$ мА/мм



Л8.1.сурет Жұлдызбен жалғанған, белсенді-реактивті жүктемесі бар бірфазалы қабылдағыштағы кернеулер мен токтардың үшфазалы ЭТ векторлы диаграммалары (жұмысқа дайындық кезінде құрылады)



Л8.2. сурет Жұлдызбен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштардың белсенді-реактивті жүктемесі бар ЭТ схемасы

Фазадағы жүктемесі: *a*— *x белсенді*, *b*— *y*— индуктивті, *c*— z — сыйымдылықты.

Л8.1 кесте								
Жалғау схемасы	*Ua*,В	*Ub*,В	*Uc*,В	*la*,мА	4, мА	I_c,мА	4, мА	*UnN*,В
Бейтарап сымымен								—
Бейтарап сымсыз							—	

Фазадағы жүктемесі: *a*— *x*белсенді, *b*— *y* — сыйымдылықты, *c* — z — индуктивті.

Л8.2 кесте								
Жалғау схемасы	*Ua*,В	*Ub*,В	*Uc*,В	4, мА	4, мА	I_c,мА	*In*,мА	*UnN*,В
Бейтарап сымымен								—
Бейтарап сымсыз							—	

Топ_____ Оқушы_____Күні

Оқытушы _____

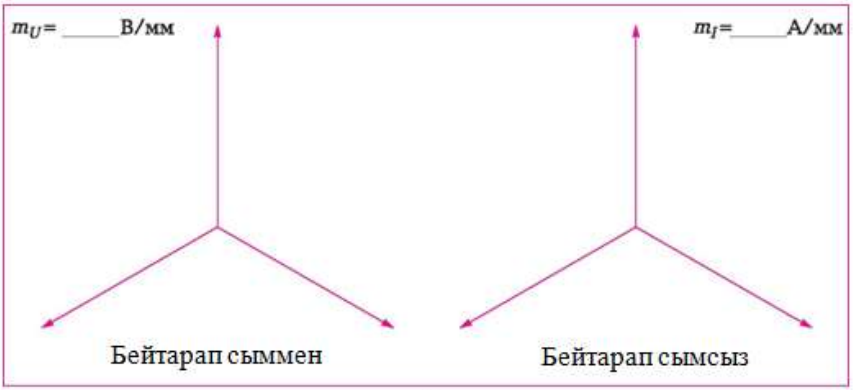
4.4. Есептік-графикалық бөлігі.

Л8.1 және Л8.2 кестеге енгізілген, эксперимент мәліметтерін өңдеуге пайдаланылатын, формулалар:

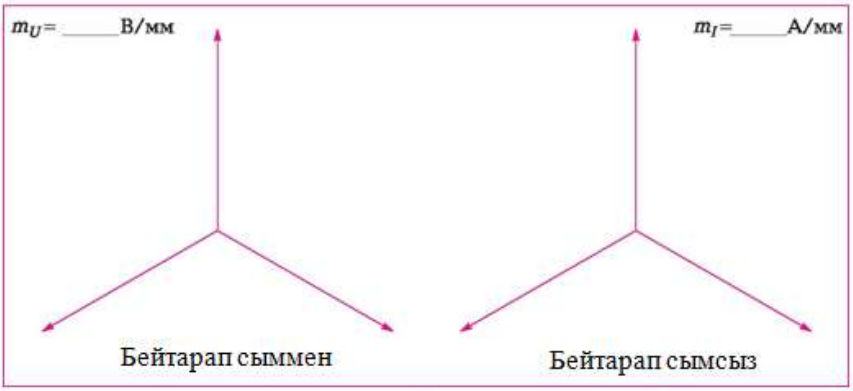
$$z_{Ф} - \frac{Ц_{Ф.}}{1_{ф.}} \quad j\text{- arctg.}$$

Л 8.3 кесте

Жүктеме	Жалғау схемасы	Z_a, Ом	Z_b, Ом	Z_c, Ом	φ_a, град.	φ_b, град.	φ_c, град.	I_n, мА	U_{nN}, В
R - X_L - X_C	Бейтарапты								–
	Бейтарапсыз							–	
R - X_C - X_L	Бейтарапты								–
	Бейтарапсыз							–	



а



б

Л8.3 сурет. Жұлдызбен жалғанған, белсенді-реактивті жүктемесі бар бірфазалы қабылдағыштағы кернеулер мен токтардың үшфазалы ЭТ векторлы диаграммалары (сынақ қорытындысы бойынша құрылады):
а — фазадағы жүктеме: *а*— *х*белсенді, *b*—*у*— индуктивті, *с*—*z* — сыйымдылықты; *б* — фазадағы жүктеме: *а*— *х*белсенді, *b*—*у*— сыйымдылықты*с*—*z* — индуктивті

4.5.Қысқаша қорытындылар

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есептің есептеу-графикалық бөлігіне қатысты талаптар

5.1. Л8.1 және Л8.2 кестесінің мәліметтері негізінде Z_a, Z_b, Z_cфазалық қарсылығының мағынасын және j_a, j_b,j_cфазаларының жылжу бұрышын есептеу. Есептемелердің қорытындыларын Л8.3 кестесіне енгізіңіз

5.2. Л8.1, Л8.2 және Л8.3 кестесінің мәліметтерін пайдаланып, Л8.3 суретте m_U жәнеm_I масштабына сәйкес бейтарап сымы бар және бейтарап сымы жоқ симметриялық және симметриялық емес жүктемелерге арналған кернеу мен токтардың векторлы диаграммасын құру. Векторлық диаграммалардың көмегімен U_{nN}, бейтарабының жылжу кернеуі мен I_n бейтарап сымында токтарды анықтап, алынған мағыналарды Л8.3 кестеге енгізу.

5.3. Бейтарап сымы мен бейтараптың кернеуінің жылжу мағынасын салыстырып, эксперимент және есептік жолмен алынған мәліметтерді салыстырыңыз.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындыны жасаңыз.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай жүктеме бірқалыпты деп аталады?
2. Қандай жүктеме біртекті болып табылады?
3. Бейтараптың жылжу кернеуі қандай жағдайда туындайды?
4. *b — y* және *c—z* фазаларында жүктеме орны ауыстырылғаннан кейін бейтарап сымындағы тоқ өзгереді?
5. Фазалардың әртүрлі кезектесу тәртібінде екі генератордың жұмысын паралель қосуға болама ма?

№ 9 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Үшбұрышпен біріктірілген, бірфазалы қабылдағышты белсенді жүктеу кезінде үшфазалы электр тізбегін зерттеу

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Үшбұрышпен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштарға арналған желілі және фазалы токтар мен кернеулердің арасындағы ара қатынасты эксперимент жолмен тексеру.

1.2. Үшфазалы тізбекте өлшем әдістері мен қуатын есептеуді игеру.
1.3. Векторлы диаграммаларды қолданумен, үшбұрышпен жалғанған, жүктемесі бар үшфазалы ЭТ талдау әдісімен танысу.

2. Сынақ объекті мен құралдары

Сынақ объектісі болып жүктеменің белсенді сипаты бар үш бірфазалы қабылдағыш болып табылады – Ыф = 0 ... 8 В фазалық кернеуі бар үшфазалы синусоидалды кернеуімен ретке келтіретін көзіне қосылатын, тұрақты резисторлар.

Барлық ЭТ элементтері стендтің теру аймағында монтаждалады және байланыс ұяшығының және штекері бар сымдардың көмегімен схемаға қосылуы мүмкін. Өлшеу аспаптары ретінде ауыспалы тоқтың амперметрі мен вольтметрі тәртібінде жұмыс істейтін, мультиметрлер пайдаланылады. Амперметр тізбекке «А» шағынблогының көмегімен қосылады.

3. Зертханалық жұмысқа қатысты тапсырмалар

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмыстарды орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теоретикалық мәліметтермен танысу, жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын әзірлеу.
3.2. *Яф* = 330 Ом және *Цф* = 6,6 В симметриялы жүктемесіне арналған ЭТ алдын ала есебін орындау. Таңдалған масштабта алдын ала есеп бойынша Л7.1 суретте кернеу мен тоқтың векторлы диаграммасын бейнелеңіз. Диаграммада желілі токтардың векторларын құру.

Зертханада орындалады

3.3. Л9.2 суретте келтірілген, схемаға сәйкес ЭТ жинау. Әрбір фазаға қарсылығы 1 кОм бірдей резисторларды қосу (симметриялы жүктеме). ЭТ үшфазалы қуат көзіне қосыңыз.
3.4. Жиналған ЭТ тексеруден кейін оқытушымен автоматтарды және «Қосу» күйіне УЗО ажыратқышын орнату. ЭТ және мультиметр кернеуіне «Желі» ажыратқышының көмегімен беру. Сонымен қоса сәйкес дабыл шамдары жануы тиіс.

Үшфазалы қуат көзінің берілісінде фазалық кернеудің максималды мағынасын орнатыңыз. 12,0 ... 14,6 В диапазонында жатуы тиіс $и_л$, желілі кернеуін өлшеңіз. Қабылдағыштардағы U_a, U_b, U_c кернеуін, I_a, I_b, I_c, желілі токтарын I_n бейтарап токтарын өлшеңіз. Қорытындыларын Л9.1 кестесінің бірінші жолағына енгізіңіз.

3.5. Қуаты ЖЦ тұтынылатын, екі ваттметрлердің әдісін өлшеңіз. Бұл үшін «U» еркін өткізгішін *C,* желілі сыммен жалғап, ваттметрдің тоқ тізбегін кабелдің көмегімен алдымен коаксиалды ажыратқышымен А желілік сымына қосып және P_1 көрсеткіштерін алып, содан соң В желілік сымға жалғап және P_2 көрсеткішін шешу. Қорытындыларды Л9.1 кестенің бірінші жолағына енгізу.

3.6. ЭТ қуатын ажырату. Оны симметриялы емес жасап, фазалардағы жүктемені өзгерту, ол үшін *a*— *b* және *b*— *c* фазаларында 1 кОм қарсылығы бар резисторларының орнына, сәйкесінше 470 және 330 Ом қарсылығы бар резисторларды орнату. Сондай-ақ ЭТ тұтынылатын фазалық кернеуді, желілі және фазалық токтарды қайта өлшеу. Мәліметтерді Л9.1 кестенің екінші жолағына енгізу.

3.7. ЭТ оқытушысымен сынақ хаттамасын келісілгеннен кейін токтан ажыратыңыз және бөлшектеңіз. Шағын - блоктарды орнына алып тастаңыз, жұмыс орнын тәртіпке келтіріңіз.

4. Сынақ хаттамасы мен № 9 жұмыс туралы есеп

Үшбұрышпен жалғанған, бірфазалы қабылдағыштың белсенді жүктемесі кезіндегі үшфазалы электрлік тізбегін зерттеу

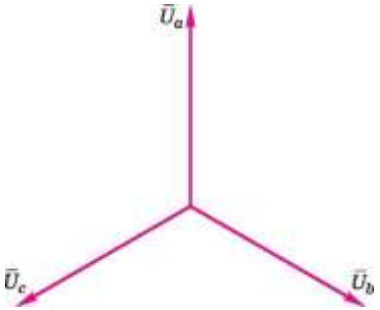
4.1. Жұмыстың мақсаты _____

4.2. Формулалар мен алдын ала есептер.

$U_л = U_ф$; $I_л = \sqrt{3} I_ф$; $P = 3U_ф I_ф = \sqrt{3} U_л I_л$.

$U_л =$ _____В; $R_ф = R_{ab} = R_{bc} = R_{ca} =$ _____Ом;

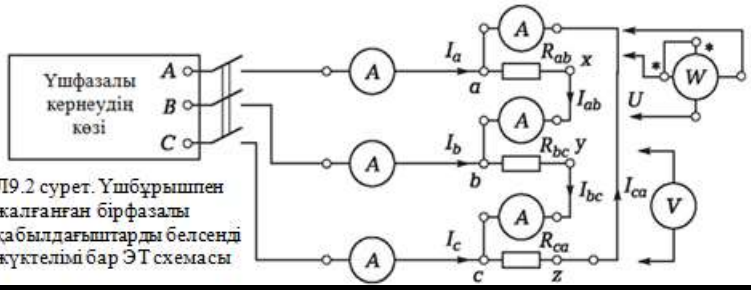
$I_ф =$ _____мА; $I_л =$ _____мА; $P =$ _____мВт.



m_U= 0,24 В/мм, m_J= 1 мА/мм

Л9.1.суретҮшбұрышпен жалғанған, белсенді жүктемесі бар бірфазалы қабылдағыштың кернеу мен үшфазалы ЭТ векторлы диаграммасы (Жұмысты әзірлеу кезінде құрылады)

4.3. Электрлік тізбек схемасы мен кестелер.



Л9.2 сурет. Үшбұрышпен жалғанған бірфазалы қабылдағыштарды белсенді жүктелімі бар ЭТ схемасы

Л9.1 кесте												
Жүктеме	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}	I_{ab}	I_{bc}	I_{ca}	I_a	I_b	I_c	P_1	P_2	$P_{ЭЦ}$
Симметриялы ($R_{ab} = R_{bc} = R_{ca}$)												
Симметриялыемес ($R_{ab} * R_{bc} * R_{ca}$)												

Топ _____ Оқушы _____ Күні

Оқытушы _____

4.4. Есептік-графикалық бөлігі.

Л9.2 кесте										
Жүктеме	R_{ab}	R_{bc}	R_{ca}	P_{ab}	P_{bc}	P_{ca}	J_a	J_b	J_c	$P_{ЭТ}$
Симметриялы ($R_{ab} = R_{bc} = R_{ca}$)										
Симметриялыемес ($R_{ab} * R_{bc} * R_{ca}$)										

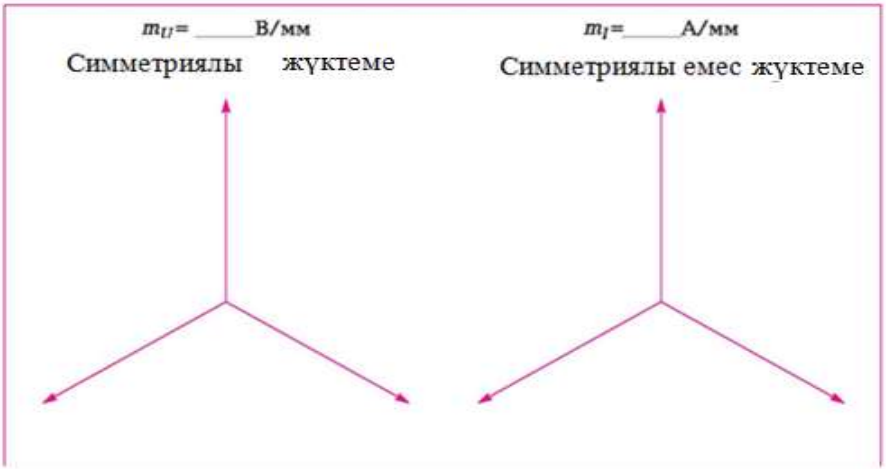


Рис. Л9.3. Үшбұрышпен жалғанған, белсенді жүктемесі бар бірфазалы қабылдағыштың кернеу мен үшфазалы ЭТ векторлы диаграммасы (сынақ қорытындысы бойынша құрылады)

4.5. Қысқаша қорытындылар

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есептің есептеу-графикалық бөлігіне қатысты талаптар

5.1. Л9.3 суретте m_U және m_I масштабына сәйкес бейтарап сымы бар және бейтарап сымы жоқ симметриялық және симметриялық емес жүктемеге арналған кернеу мен токтардың векторлы диаграммасын құру. Векторлық диаграммалардың көмегімен U_{nN}, бейтарабының жылжу кернеуі мен I_a, I_b, I_c,бейтарап сымдарындағы токтарды анықтап, алынған мағыналарды Л9.3 кестеге енгізу.

5.2. Л9.1 кестесінде келтірілген, эксперимент мәліметтерін пайдаланып, R_{ab}, R_{bc}, R_{ca} фазалық кедергі мағыналары мен P_{ab}, P_{bc}, P_{ca}, қуатын, сондай-ақ барлық тізбекпен тұтынылатын қуатын есептеңіз.

5.3. Л9.1 және Л9.2 кестесінде келтірілген параметрлердің өлшем бірліктерін көрсетіңіз.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындыны жасаңыз.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Бірфазалы қабылдағышты үшбұрышпен қалай жалғаймыз?
2. Үшбұрышпен жалғанған, қабылдағыштардың симметриялық жүктеме кезінде желілік және фазалық кернеулердің арасындағы арақатынасы қандай?
3. Үшбұрышпен жалғанған, қабылдағыштардың симметриялық жүктемесі кезінде желілік және фазалық токтардың арасындағы арақатынасы қандай?
4. Екі ваттметр әдісімен ЭТ қуатын қалай өлшеуге болады?

№ 10 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Үшфазалы электр тізбегінің апаттық тәртіпте жұмыс істеуін зерттеу

1. Жұмыстың мақсаты

Үшфазалы тізбек жұмысының апатты жұмысын имитациялап және экспериментті түрде тексерген жағдайда ЭТ параметрлері өзгере ме?

2. Сынақ объектісі мен құралдары

Сынақ объектісі болып жүктеменің белсенді сипаттамалары бар үш бірфазалы қабылдағыштар болып табылады - тұрақты резисторлар бірдей кедергімен. Бірфазалы қабылдағыштар жұлдызбен жалғанған және үшфазалы синусоидалды кернеудің көзіне қосылған.

ЭТ барлық элементтері, шағын-блок түрінде орындалған, стендтің теру аймағында монтаждалады және контактылы ұяшық пен штекерлері бар сымдардың көмегімен қосылуы мүмкін. ЭТ қуаты үшфазалы көзден t/ф = 0 ... 8 В фазалық кернеулермен жүзеге асырылады. Өлшеу аппараты ретінде ауыспалы тоқтың амперметрі мен вольтметрі тәртібінде жұмыс істейтін, мультиметр пайдаланылады.

3. Қысқаша теориялық мәліметтер

Кернеудің жоғалуына немесе тоқтың дереу артуына әкеліп соғатын, желілер мен жүктемеде сымдардың үзілуі немесе қысқа тұйықталуы бірфазалы ЭТ апатты тәртіптерге әкеліп соғуы мүмкін. Әйтпесе үшфазалы ЭТ апаттық жағдайларда өздерін басқаша ұстайды, сымдардың ұзілуі немесе қысқа тұйықталуы,

бөлек фазалардағы кернеу мен токтардың қайта үлестірілуіне әкеліп соғуы мүмкін. Үшфазалы ЭТ апаттық тәртіптеріндегі аса белгілі мысалдарына тоқтаймыз.

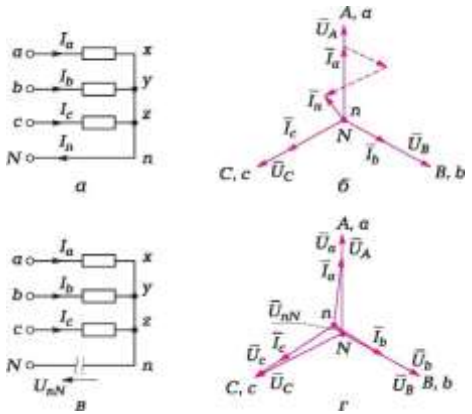
Жұлдызбен жалғау кезінде бейтарап сымның үзілуі. *Симметриялық жүктеме* кезінде бейтарап сымында тоқ болмайды, сондықтан оның үзілуі ЭТ параметрлерінің өзгеруіне әкеліп соқпайды.

Симметриялық емес жүктеме кезінде бейтарап сымда I_n, бейтарап тоғы өтеді, сондықтан сымның үзілуі әрбір фазада – фазалардың «қателігіне» кернеулер мен токтардың өзгеруіне әкеліп соғады. Бір фазалардағы кернеулер номиналды мағынасын айтарлықтай арттыруы, ал басқада – номиналдыдан төмен мағынаға дейін азаюы мүмкін.

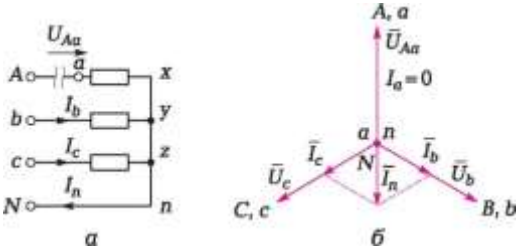
Л10.1, *а* суретте симметриялы емес ЭТ төртсымды схемасы сәйкесінше, әртүрлі фазалық токтармен келтірілген. I_n бейтарап сымындағы тоқ Л10.1, *б* суретте көрсетілген, векторлы диаграммасының көмегімен анықталуы мүмкін.

Л10.1, *в* суретте бейтарап сымының үзілуі болған, ЭТ схемасы келтірілген. Қабылдағыштың *n* бейтарап нүктесі бұл жағдайда I_n векторлы тоқтың бағытында векторлы диаграмма орналастырылады.

(Л10.1, г сурет). U_{nN}, кернеуінің жылжуы пайда болады, ол фазадағы кернеудің артуына әкеліп соғатын кернеу пайда болып, b—y (U_b) фазасындағы кернеудің артуына және a— x (U_a) фазасындағы кернеудің кемуіне әкеліп соғады.



Л10.1 сурет. Жұлдызбен жалғау кезінде бейтарып сымның үзілуі: *а* — төртсымды ЭТ шығыс схемасы; *б* —төртсымды ЭТ жүктемесінде симметриялық емес жүктеме кезінде кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасы; *в* — төртсымды ЭТ схемасы (бейтарап сым үзілген); *г* —үшсымды ЭТ кернеулері мен токтарының векторлы диаграммасы.

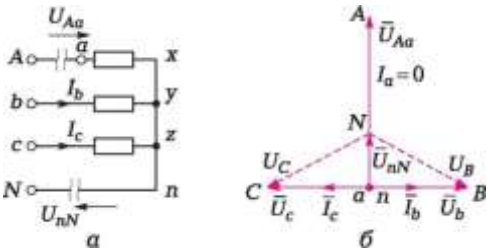


Л10.2 сурет. төртсымды ЭТ жұлдызды жалғау кезінде желілі сымның үзілуі: *а* — үзіліс болған ЭТ схемасы; *б* — кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасы.

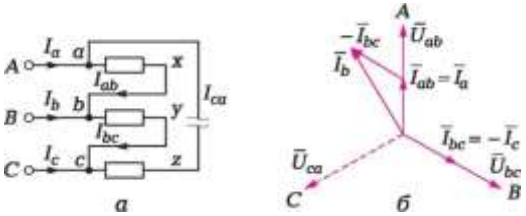
Жұлдызбен жалғау кезінде желілі сымның (фазалық жүктеменің) үзілуі. Төртсымды ЭТ желілі сымының үзілуі кезінде, мысалы *а*— *х* фазаларында (Л10.2, а суреті) аталған фазада тоқ жоғалады, бірақ қалған екі фазаларда кернеуде тоқ та өзгермейді. Бейтарап сымда I_n тогы пайда болады (Л10.2, *б сурет*).

Желілі сым үзілген кезде үшсымды ЭТ (бейтарап сымсыз), мысалы *а*— *х* фазасында (Л10.3 а суреті) қалған екі фазадағы жүктеме біртіндеп желілі кернеуде қосылатын болады. Симметриялық жүктемеде бұл фазалардағы кернеу бірдей және(V3/2) Цф.ном, құрайды, бұл жерде, Цф.ном – номиналды фазалық кернеу, ал бейтарап жылжуының кернеуі Цф.ном /2 тең, (Л10.3, *б сурет*).

Үшбұрышпен жалғау кезіндегі фазалық сымның үзілуі. Фазалық сымның үзілуі кезінде, мысалы *с*— *а* (Л10.4, а сурет), $I_{ca\ тоқ}$ нөлге тең болады, бірақ екі фазада қалған токтар (Iab *және* I*bc) өзгермейді.* Iа*и* 1с желілік токтар, бұл фазаларда фазаға тең болады, яғни \/3 есе азяды,
I_b тоғы өзгермейді (Л10.4, *б* сурет*)*.



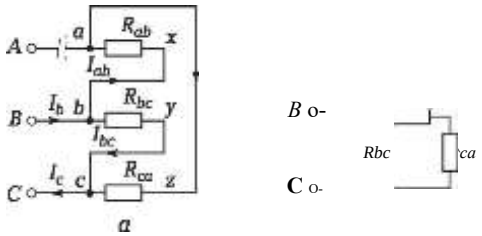
Л10.3 сурет. Үшсымды ЭТ жұлдызбен жалғау кезінде желілік сымның үзілуі: *а* — үзілуі болған ЭТ схема, *б* —кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасы.



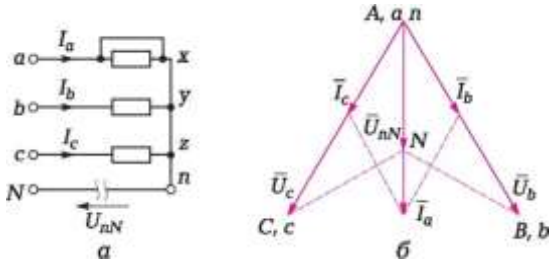
Л10.4.сурет Үшбұрышпен жалғау кезіндегі фазалық сымның үзілуі *а* — үзілуі болған ЭТ схема, *б* —кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасы

Үшбұрышпен жалғау кезінде желілі сымның үзілуі.
Желілі сым үзілу кезінде, мысалы А (Л10.5, а сурет), ЭТ U_{bc} желілі кернеуіне қосылған, бірфазалы болады (Л10.5, б сурет). Бір фазадағы кернеу (біздің жағдайда *b*— с) желіліге тең, ал қалған екеуінде – симметриялық жүктемеде желіліктің жартысы.

Желілі сымдардың арасындағы қысқа тұйықталу. Жұлдыз бен үшбұрышты қосу кезінде кез келген желілі сымдардың арасындағы қысқа тұйықталу (бірфазалы тізбектегі фазалық және нөлдік өткізгіштіктің арасындағы қысқа тұйықталу) қорғаныс құрылғыларымен жүктеменің апатты өшірілуіне әкеліп соғады.
Жұлдызбен жалғау кезінде фазалық жүктеменің қысқа тұйықталуы. Бейтарап сымы бар тоқ ЭТ фазалық жүктемесіндегі қысқа тұйықталу кезінде дереу өседі, ол қорғаныс құралдарының іске қосылуына және қуат көзінің өшірілуіне әкеліп соғады. ЭТ бейтарап сымынсыз қорғаныс іске қосылмайды, себебі фаза арасында кернеу мен токтардың қайта үлестірілуі жүреді.



Л10.5 сурет. Үшбұрышпен жалғау кезінде желілі сымның үзілуі: а үзілуі болған ЭТ схема; *б* —желілі сымды үзу кезіндегі балама схема



Л10.6 сурет. Жұлдызбен жалғау кезінде фазалық жүктеменің қысқа тұйықталуы

а — қысқатұйықталған фазасы бар үшсымды ЭТ схемасы; *б* — кернеулер мен токтардың векторлы диаграммасы

Мысалы, *а*— *х* фазасындағыдай(Л10.6 сурет) жүктеменің қысқа тұйықталуы кезінде, ондағы кернеу нөлге тең болады және *n* бейтарап Нүктесі векторлы диаграмма бойынша а нүктесіне жылжиды- қысқа тұйықталу фазасының басына (Л10.6, *б* сурет). Бейтарапты жылжу кернеуі фазалық кернеуге (U_{nN}= t/ф) тең болады, ал қалған екі фазаның кернеуі – желілі кернеуге (яғни -√3 өседі). Қысқатұйықталған фазадағы ток $I_a = I_b + I_c$. қалған фазалардағы,токтардың геометриялық соммасына тең.

4. Зертханалық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады.

4.1. Зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теоретикалық мәліметтермен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын әзірлеу.

Зертханада орындалады

4.2. Жұлдызбен жалғанған, үшфазалы тізбекте апатты тәртіптерді ұқсастыру үшін, Л10.7 суретінде көрсетілгендей, ЭТ схемаға сәйкес жинау. Жүктеме ретінде бірдей кедергілері бар резисторларды пайдалану: $R_a = R_b = R_c$= 1 кОм.

4.3. Жиналған ЭТ тексерілгеннен кейін оқытушы стендті қосып және 8В фазалық кернеуді орнатады. Аспаптардың көрсеткіштері шешіп және қорытындыларды Л10.1 кестесінің бірінші жолағына енгізу. Стенд қуатын ажырату.

4.4. Үшфазалы қуат көзінен А фазасынан желілі сымды ажыратып, жұлдызды жалғау кезінде желілі сымның үзілуін ұқсастыру үшін. Стенд қуатын қосу.

Аспаптың көрсеткіштерін шешу., қорытындыларын Л10.1 кестенің екінші жолағына енгізу. Стенд қуатын қосу.

4.5. Үшфазалы қуат көзінен бейтарап сымды ажырату (*N* қысқышы*)*. Аспаптың көрсеткіштерін шешу., қорытындыларын Л10.1 кестенің үшінші жолағына енгізу. Стенд қуатын қосу

4.6. Үшфазалы қуат көзінен А фазасынан желілі сымды ажыратып, жұлдызды жалғау кезінде желілі сымның қысқа тұйықталуын ұқсастыру үшін. (бейтарап сым қосылмаған). А(R_a= 0) фазасындағы жүктеме жалғастырғышын қысқарту. Стенд қуатын қосу. Аспаптың көрсеткіштерін шешу., қорытындыларын Л10.1 кестенің төртінші жолағына енгізу.

4.7. *N* нүктесіндегі бейтарап сымын қосу, аспаптың көрсеткіштері қалай өзгеретіндігін бақылау. қорытындыларын Л10.1 кестенің бесінші жолағына енгізу.

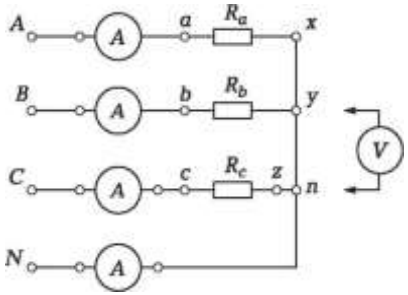
4.8. ЭТ оқытушысымен сынақ хаттамасы келісілгеннен кейін, өткізгіштер мен шағын-блоктарды токтан ажыратын және бөлшектеп орнына алып қойып, жұмыс орнын тәртіпке келтіру қажет.

5. Сынақ хаттамасы мен № 10 жұмыс туралы есебі

Үшфазалы электр тізбектерінде апатты жұмыс тәртібін зерттеу

5.1. Жұмыстың мақсаты _____

5.2. Электрлік тізбек пен кестенің схемасы



Л10.7.сурет. Апаттық тәртіптерді ұқсатуға арналған ЭТ схемасы

Л10.1 кесте									
№ п/п	Тәртіп	U_a, В	ub, В	Uc, В	un№В	дмА	4, мА	4, мА	4, мА
1	R_a= R_b= R_c= 1 кОм (бейтараппен)								
2	R_a= R_b= R_c= 1 кОм (бейтарап; желілі сымның үзілуі)								
3	R_a= R_b= R_c= 1 кОм (без бейтарап; желілі сымның үзілуі)								
4	R_b= R_c= 1 кОм; R_a= 0 (бейтарапсыз)								
5	R_b= R_c= 1кОм; R_a= 0 (с бейтарапсыз)								

Топ _____ Оқушы _____ Күні

Оқытушы _____

5.3. Қысқаша қорытындылар

Оқушы _____ Оқытушы _____

6. Есептің есептеу-графикалық бөлігіне қатысты талаптар

6.1. Эксперимент алынған, қорытындыларды талдау, себебі олар бұған дейін келтірілген теоретикалық мәліметтермен келісіледі.

6.2. Жұмыс бойынша қысқа қорытындылар жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Үшфазалы ЭТ апатты тәртіптерінің негізгі түрлерін атап көрсетіңіз.
2. Қандай апаттық тәртіптер қауіпті және қайсысы электрожабдықтың бұзылуына әкеліп соғады?
3. Қандай апаттық тәртіптер ЭТ параметрлерін өзгертеді, бірақ электрожабдықтың істен шығуына әкеліп соқпайды.

МАГНИТТІ ТІЗБЕКТЕР

4.1. МАГНИТТІ ӨРІСІ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

ТЕОРИЯ

4.1.1. Магнитті өрістің индукциялы және күштік әсер етуі

Көптеген – электроқозғалтқыштар, генераторлар, құрылғылар, трансформаторлар, электромагниттер, релелер, электромеханикалық өлшеу аспаптарының электромеханикалық түрлендіргіш жұмысының негізіне – магнитті өрістердің индукциялық және күш салатын әсерлері салынған.

Индукциялық әсеріне Фарадея формуласы бойынша анықталатын, ЭҚК ықпалдандырылатын, магнитті өрісте қозғалатын, өткізгішке негізделген.

$$e = lBv,$$

бұл жерде, l — өткізгіштің ұзындығы; B— магнитті өрістің индукциясы (4.1.2 тарауын қараңыз); v— өткізгіштің қозғалу жылдамдығы.

Бұл принципте электрлік генераторлар құрылған.

Күш салатын әсері А. М. Ампердің формуласы бойынша анықталатын, электромагнитті күші әрекет ететін, магнитті өрісіне орналасқан, ферромагнитті материалынан әзірленген және тоғы бар өткізгіштерге негізделген.

$$F_{ЭМ} = lBI,$$

Бұл жерде I — өткізгіштегі тоқтың күші Бұл принципте электроқозғалтқыштар, электромагниттер, реле мен өлшеу аспаптары құрылған.

Барлық атап көрсетілген құрылғылар мен аспаптар электромагнитті немесе магниттіэлектрлік түрлендіргіштер болып табылады. Олардың құрамына ферромагнитті материалдар мен тоғы бар өткізгіштерден жасалған бөлшектер кіреді.

Талап етілетін ЭҚК немесе электромагнитті күшін алу үшін белгілі сипаттамалары бар магнитті өрісті құру қажет.

4.1.2. Магнитті өрістің негізгі сипаттамалары

Өткізгіш бойынша *I* тоғы өтуі кезінде өткізгіштің жанында шоғырлас магнитті желілер, *Вмагнитті индукция векторымен* белгіленетін қарқындылығы мен бағытында өткізгіштің жанында пайда болады (4.1 сурет). В магнитті индукциясы тесламен өлшенеді (Тл).

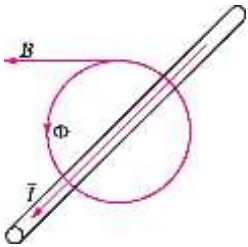
I тогының кему кезінде *w* айналымдарының санымен (4.2 сурет) магнитті күш салатын желілердің саны, сәйкесінше, В индукциясы *w* есе артады. Айналым санының тоқ күшін жүргізу магниттелетін күштеріне (н.с.) немесе магнитті қозғайтын күштер (МДС)

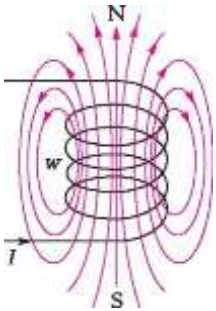
$$F_M = Iw.$$

Бұл күштер ампермен өлшенеді (А).

Магнитті өрістің ең маңызды сипаттамаларының бірі Ф магнитті өрісі болып табылады, ол магнитті индукцияның өндірісімен және аумағының тесіп өтетін ағынымен белгіленеді:

$$\Phi = BS.$$





4.1сурет. Магнитті индукцияның векторының бағыты

4.2 сурет. Шарғы бойынша тоқтың өтуі кезінде магнитті индукцияның магнитті өрісінің желісі.

Ф магнитті өрісі веберде (Вб) өлшенеді.

Соңғы сөйлемнен В магнитті индукциясын Ф магнитті ағынының тығыздығы ретінде қарастыруға болады.

Шарғыдағы айналымдардың санын арттыру кезінде магнитті ағыны да артады. Олардың жүргізілуі тасқынілінісі деп аталады.

$$\Psi = w\Phi.$$

Магнитті индукция сымдағы токтан ғана емес, магнитті өрісі құрылатын ортаға да байланысты болады. Ортаның магнитті өрісіне қатысу деңгейі *абсолютті магнитті өткізгіштігімен* $g_a = g_0 g$, где $g_0 = 4я \cdot 10^{-7}$ Гн/м сипатталады –магнитті тұрақтылық (вакуумның магнитті өткізгіштігі); g – ортаның салыстырмалы магнитті өткізгіштігі.

g мөлшеріне қарай материалдар екі үлкен топқа бөлінеді:

- ферромагнетиктер — μ_a 1 (Fe, Co, Ni және олардың құйындылары);
- магнитті емес материалдар — $\mu \approx 1$ (Cu, Ag, Al, ағаш, ауа және т.б.).

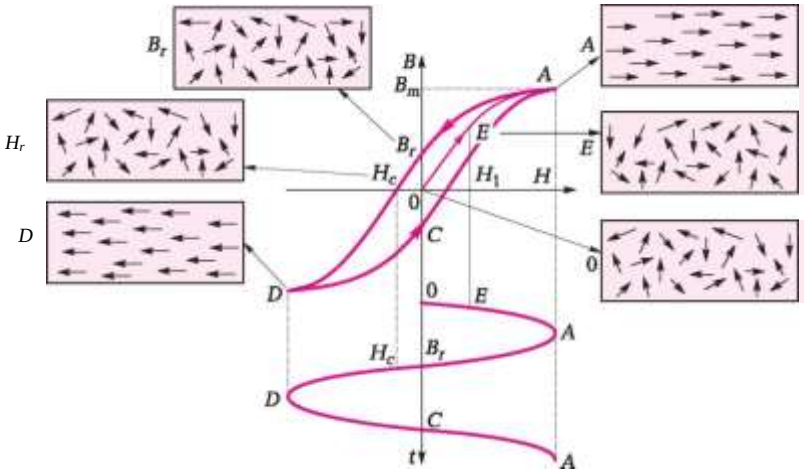
Магнитті индукцияның салыстырмалы магнитті өткізгіштігіне қарым-қатынасы магнитті өрісінің негізгі сипаттамаларының бірі - – оның кернеулігін метрде (А/м) амперметрде өлшенеді,

$$H = \frac{B}{\mu_a}$$

4.1.3. Ферромагнитті материалдардың физикасы

Егер магнитті емес материалдардың магнитті өткізгіштігі бірлікке жақын тұрақты мөлшерде болса, онда ферромагнетиктер үшін g – ауыспалы мөлшерлеме. Сонымен қоса $B = /(H)$ тәуелділігі тек ғана желілі емес, сонымен қоса бір мағыналы емес, яғни өтетін тоқтың бағытына тәуелді. Бұл ферромагнитті материалдардың ерекше құрылымымен байланысты.

Кез келген ферромагнетикті бөлек микроскопиялық сала түрінде - N_0— S_0 өзіндік магниттік сәттеріне ие, домен түрінде ұсынуға болады. Сыртқы магниттік аймақ жоқ болған кезде (4.3 суретіне 0 нүктесі) материалдың материалды сәті жоқ, себебі барлық домендер ретсіз бағытталған. *B* магнитті индукциясы нөлге тең.



4.3.в сурет Гистерезис ілмегіндегі әртүрлі нүктелердегі ферромагнетика құрылымы.

Ферромагнетиканы магнитті өріске енгізу кезінде кернеулігі Н домендер өрістің бағытына сәйкес бұрылады.

Өрісі күштірек болған сайын (Н көбірек), домендердің бұру бұрышы үлкен, сәйкесінше В индукциясының мағынасы жоғары (Н нүктесі H_1 кернеуіне сәйкес). Ең соңында барлық домендер өрістің бағыты бойынша бейімделген және Н кернеуінің әрі қарай артуы индукцияның *(B = B_m)* артуына әкеліп соқпайды, ферромагнетик толады (А нүктесі). Сыртқы магнитті өрісінің кернеулігі азайтылған жағдайда (Н кернеулігі 4.3 суретте синусоидалды заң бойынша өзгереді) домендер бастапқы күйіне қайтуға тырысады, бірақ *H*= 0 кезінде нөлге тең болмайды, себебі материалдың қалдық магниттері болады (точка BJ).

Магниттілікті шешу үшін (В = 0), сыртқы өрістің кері белгісін қоса беру қажет.

Магниттілікті кернеуді шешуді талап ететін өрісі *коэрцитивті күші* (*H_c* нүктесі*)* деп аталады.

Өрістің кернеулігін максималды мағынаға дейін, әрі қарай арттыру домендерді өрісі (D нүктесі) бойынша домендерді бағыттайды. Бірақ енді бұл бағыт А нүктесіндегі орнанына бағыттайды.

4.3 суретінде келтірілген А — B_r— H_c— *D*— *C* — А ілмегі гистерезис ілмегі деп аталады. Ол туралы 4.3.2 тарауда айтылады.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

1. Контурдағы *w*= 100 және өткізгіштің белсенді ұзындығы *l*= 60 мм ЭҚК, 4,8В тең, орам санын қамтамасыз ететін, магнит өрісінің индукциясын есептеңіз. Контур желілі жылдамдықпен *v*= 1 000 мм/с жылдиды. Ережеге сәйкес қай қол бойынша ЭҚК бағыты анықталады?

Шешім. Есептеу үшін $B = E/(lwv)$ = = 4,8 В/(6 • 10^{-2} м • 100- 1 м/с) = 0,8 Тл, индукция мағынасын табуға болатын, E= = $Blwv$ формуласымен пайдаланамыз.

Жауап: Магнитті индукция өрісінің мағынасы0,8 Тл болуы тиіс.

2. ЭҚК бағыты ережеге сәйкес оң қолы бойынша анықталады. (Егер ЭҚК, болса, демек бұл генератор – Оң қол – осылай есте сақтау оңай). Оң қолды магнитті күш салатын желілері алақанға кіретіндей, ал бүгулі үлкен саусақ өткізгіш қозғалысының бағытын көрсететіндей етіп орналастыру қажет. Бұл жағдайда қалған төрт саусақ ЭҚК бағытын көрсетеді.

Егер магнитті күші $T_{эм}$ = 6,3 Н, Ампердің $T_{эм}$ = BIl, өткізгіштік, магнит өрісінің индукциясын есептеңіз. Ережеге сәйкес қай қолдың ережесі бойынша электромагнитті күштің бағытын білесіз?

Шешім. Есептеу үшін B = $T_{эм}$/(И) = = 6,3/(15 • 0,6) = 0,7 Тл, индукция мағынасын табуға болатын, $T_{эм}$ = BIl амперметр формуласымен пайдаланамыз.

Жауап. Магнитті индукция өрісінің мағынасы0,7 Тл болуы тиіс.А

Электромагнит күшінің бағыты ережеге сәйкес сол қолы бойынша анықталады. (Егер ЭҚК, болса, демек бұл қозғалтқыш – сол қол – осылай есте сақтау оңай). Оң қолды магнитті күш салатын желілері алақанға кіретіндей, ал бүгулі үлкен саусақ өткізгіш қозғалысының бағытын көрсететіндей етіп орналастыру қажет. Бұл жағдайда қалған төрт саусақ электромагниттің күшін көрсетеді.

3. Магниттіэлектрлік жүйенің аспабындағы ауа саңылауында ені *D*= 2 см, ұзындығы *l*= 2 см, он орамнан тұратын (w= 10) төртбұрышты ернеуі орналасқан. Ернеудің қай бұрышқа еңкейетіндігін анықтаңыз (демек, аспаптың тілі), егер ернеудің тараулары бойынша 50 мА тоқ өтсе, ауа саңылауындағы индукция

1 Тл, ал ернеудің бұрылуына әсерін тигізетін, механикалық серіппе, $к_a$ = 4 • 10^{-6} Н • м/град қаттылығы бар.

Шешім. Есептердің негізінде $F_{ЗМ}= BIl$ Амперметр формуласы бар. Себебі ернеуі 10 орамнан тұрады, оның әрқайсысында екі белсенді өткізгіші бар, электромагнитті сәті, $M_{эм} = Dp_{эм} = DBI2lw= 2 10^{-2} \cdot 1 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10 = 2 \cdot 10^{-4}$ Н • м.

Ернеуді бұру кезінде ол серіппенің қарсылығы жеңіп және айналмалы және кедергі жасайтын сәттерді тоқтатады. Осының қорытындысында ернеудің бұру бұрышын анықтауға болады:

$$\alpha = \frac{M_{эм}}{k_{\alpha}} = \frac{2 \cdot 10^{-4}\ \text{Н} \cdot \text{м}}{4 \cdot 10^{-6}\ \text{Н} \cdot \text{м/град}} = 50\ \text{град.}$$

Жауап. Ернеуі (демек, аспаптың тілі) 50° бұрышқа ауытқиды.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

4. Ауыспалы тоқтың машина роторында айналымды жасаушы, ұзындығы *l*= 10 см сым, егер ойық жерге 10 айналым орналасатын, диаметр 20 см, ал ауа саңылауындағы индукция *B*= 1 Тл қалай әсер етеді. Сымдар бойынша *I* = 10 А тоқ өтеді.

5. Ауыспалы тоқтың машинасының роторы айналым жиілігі *n*= 600 об/мин электроқозғалтқышпен іске келтірілсе, Ротор айналымының белсенді ұзындығы *l*= 10 см, диаметрі *D*= 20 см, ротордың пазасына 20 айналым кіреді, әуе саңылауындағы магнитті индукция 1 Тл. Айналымға келтірілетін, ЭҚК максималды мағынасын анықтаңыз.

6. Ұзындығы *l*= 10 см өткізгішке, тоғы *I* = 2 А өткізгішке индукциясы *B* = 1,3 Тл (4.4 а суреті) магнитті өрісі әсер етеді. Сымда әсер ететін, күштің мағынасы мен бағытын анықтаңыз.

7. Ұзындығы *l*= 10 см өткізгіш *B* = 1,3 Тл индукциясы бар магнитті өріске орналасады (4.4 б сурет). Өткізгіштің орын алмасу жылдамдығы v= 100 см/с. Өткізгіштегі ЭҚК мағынасы мен бағытын анықтаңыз.

4.4 сурет.Магнитті өрісіндегі тоғы бар өткізгіш: *а* —4.1 тарауының 6 тапсырмасына; *б* —4.1 тарауының 7 тапсырмасына

Атауы	Белгісі	Өлшем бірлігі
Индукция	Ф	А/м
Магнит өрісінің кернеуі	*Iw*	Тл
Магниттеу күші	*B*	Гн/м
Магнитті ағыны	Но	А
Магнитті тұрақтылық	*н*	Вб

5.5. сурет. Магнитті өрістің параметрлері, оның әріптік белгілері мен өлшем бірліктері арасындағы сәйкестік. (4.1 тараудың 9 тапсырмасына қатысты)

8. Егер *AI/At*= 2 А/св тоқтың өзгеру жылдамдығы кезінде *E* = 3 В өздігімен индукциялану ЭҚК индукцияланса, L орамындағы индуктивтілі неге тең?

9. 4.5 суретіндегі тікелей желінің Магнитті өріс параметрлері арасындағы тікелей желінің, оның әріптік белгілері мен өлшем бірліктері арасындағы сәйкестікті көрсетіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Электромагнитті құрылғылардың негізгі жұмысына қандай принциптер қойылған?
   а) суперпозициялар мен итерация;
   б) электромагнитті индукция мен электромагнитті күштер;
   в) орнын алмастыру мен біріктіру;
   г) көбейту және бөлу.
2. М. Фарадея. формуласы үшін дұрыс сөйлемді айтыңыз
   а) $F_{ЭМ}$= *lBv*;
   б) $P_{ЭМ}$ = *IBI*;
   в) *e*= *lBv*;
   г) e= *lBI*.
3. А. М. Ампер формуласы үшін дұрыс сөйлемді айтыңыз
   а) Рэм = *lBv*;
   б) Рэм = *lBI*;
   в) *e* = *lBv*;
   г) *e* = *lBI*.
4. Қандай материалдар ферромагниттіге жатады?
   а) темір, мыс, кобальт;
   б) темір, кобальт, никель;

в) вольфрам, темір, никель;
г) алтын, қалайы, күміс.

5. Ферромагнетиктер қандай құрылымға ие?
а) күрделі кристаллды;
б) қарапайым аморфты;
в) доменді;
г) молекулярлы.

6. Ферромагнитті материалдардың магнитті өткізгіштігіне қатысты дұрыс ара-қатынасын көрсетіңіз.
а) $\mu = 1$;
б) $\mu = 0$;
в) $\mu \ll 1$;
г) $\mu \gg 1$.

4.2. МАГНИТТІ ТІЗБЕК ҰҒЫМЫ. МАГНИТТІ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТІҢ АРАСЫНДАҒЫ ҰҚСАСТЫҚ. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

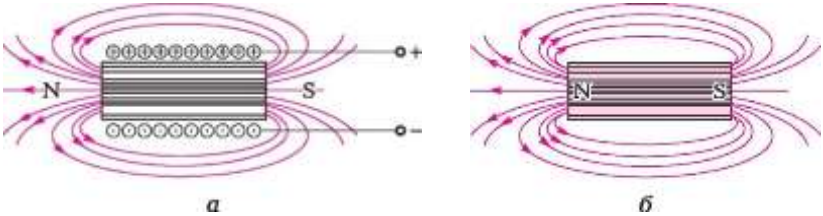
ТЕОРИЯ

4.2.1. Магнитті тізбек түсінігі. Толық тоқтың заңы

Барлық электромагнитті аспаптар мен құрылғылар тұрақты, сондай-ақ ауыспалы токта жұмыс істеуі мүмкін. Сәйкесінше, магнитті тізбектер тұрақты және ауыспалы тоқты ажыратады.

Магнитті тізбек (МТ) магнитті ағын тұйықталатын, денелер мен ортаның жиынтығы болып түсіндіріледі. Денелер – ферромагнитті материалдар (темір, кобальт, никель), орта – магнитті емес материалдар (ауа, алюминий, мыс және т.б).

Магнитті тізбек, электрлік тәрізді қуат көзінен, қуат көзінің өткізгіштері мен тұтынушыларынан тұрады. Көзі ретінде тұрақты және ауыспалы токпен қуатталатын, орамдар пайдаланылады. Магнитті өрістегі тұрақты тоқтың магнитті тізбектері, каркаста орналасқан, орамы бойынша өтетін, ауыспалы тоқтың есебінен (4.6 а сурет), әлде N— S (4.6, *б* сурет) тұрақты магнитінен құралады.



5.6. Сурет. Тұрақты магнит өрісінің көздері: *а* электромагнит; *б* — тұрақты магни

Өткізгіштер ретінде магнитті ағынға арналған ең аз кедергілерге ие, ферромагнитті материалдардан орындалған, магнитөткізгіштері болып табылады. Магнитті өрістің энергия қабылдағышы ретінде әдетте механикалық жұмысты жасауға қабілетті, энергияның максималды мағынасын бір жерге топтайтын, ауа саңылауы болады.

Магнитті тібекті есептеу үшін Н магнитті өрісінің кернеуі мен *I* магниттелген тоғының арасындағы байланысты орнату қажет. Бұл байланыс *толық тоқ заңымен* белгіленеді:

$$I_w = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3$$

немесе

$$\Sigma iw = \Sigma HI,$$

Бұл жерде, *w* - магнитті өрісін құратын, тоғы бар оруыштың саны; H_j,H_2, H_3 — сәйкесінше l_j, l_2, l_3; *l ұзындығы* $l = l_j + l_2 + l_3$ магнитті тізбегінің учаскелеріндегі магнитті аймағындағы кернеу мағынасы.

Жалпы алғанда, толық тоқтың заңын келесідей тұжырымдауға болады: тұйықталған контурда магниттелетін күштердің алгебралық сумманың магнитті тізбегі магнитті кернеулердің құлау қосындысына тең.

4.2.2. Магнитті және электрлік тізбектерінің арасындағы ұқсастығы

Магнитті тізбектерге арналған толық тоқтың заңы электрлік тізбектерге арналған Кирхгофтың екінші заңына ұқсас. ЭТ мен МТ (4.1 кесте) арасындағы басқа да ұқсастықты келтіруге болады. Бұл негізде магнитті тізбекті есептеу кезінде электрлік тізбектегі схемаларға ұқсас, орын алмастыратын, баламалы схемаларды пайдалануға болады. Бұл тәсіл есептеу тәртібін жеңілдетеді.

4.1 кесте					
Электрлік тізбек			Магнитті тізбек		
Атауы	Белгісі	Өлшем бірлігі	Атауы	Белгісі	Өлшем бірлігі
ЭҚК	E	в	МДС	$F_M = Iw$	А
Кернеудің түсуі	u	в	Магнитті кернеудің құлауы	$U_M=Hl$	А
Ток	I	А	Магнитті өріс	Ф	Вб
Электрлік қарсылығы	$R = pl/S = l/(yS)$	Ом	Магнитті кедергі	$R_K = l/(pS)$	1/Гн
тоқтың тығыздығы	$j = I/S$	А/м^2	Магнит ағынының тығыздығы (индукция)	B =Ф/S	Тл = Вб/м^2
Кирхгофтың бірінші заңы	∑I=0		Кирхгофтың бірінші заңы	**∑Ф=О**	
Кирхгофтың екінші заңы	$Y,E = XU=T,RI$		Толық тоқтың заңы	$T,Iw = r,Hl = J.RJ£>$	
Ом заңы	$1= U/R$		Ом заңы	**Ф** $= Iw/R_M$	

4.2.3. Электромагнитті құрылғылар

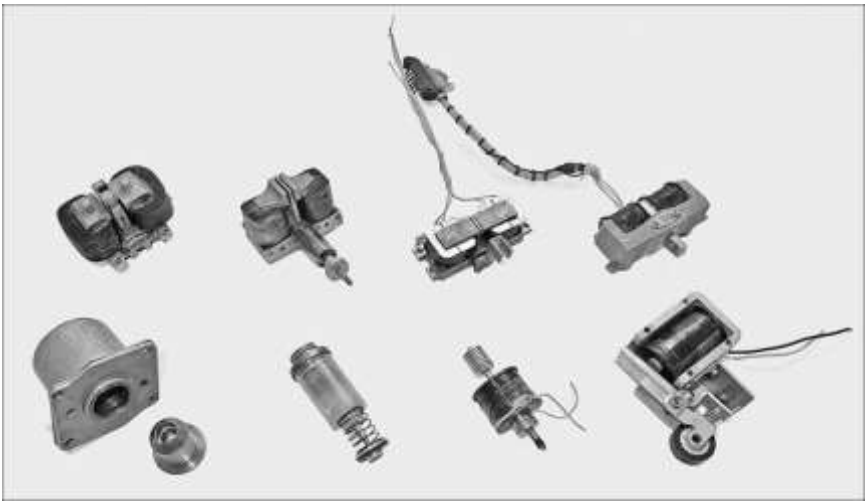
Электромагнитті аспаптар мен құрылғыларда (мысалы, электромагниттерде, электромагнитті реле, электрлік машиналарда) электр энергияны механикалыққа немесе керісінше ауыстыру магнитті энергияның арқылы жүргізіледі.

Электромагниттер — бұл желілі немесе бұрыштық орын алмасумен байланысты, электр энергияны жұмысқа түрлендіретін, электромеханикалық құрылғы.

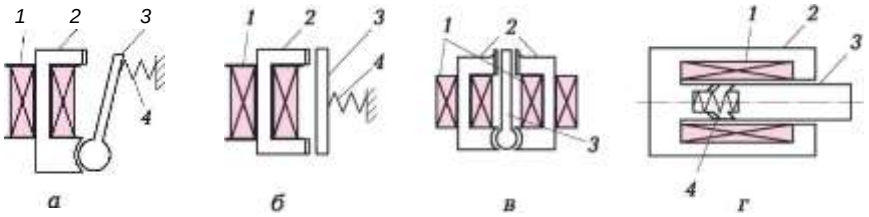
Атап көрсетілген құрылғылар коммутационды аппараттарды (реле, түйістіргіш, іске қосқыш) қақпақтарды, жапқыштарды, шұраларды және т.б. қосу мен ажырату үшін пайдаланады. Олар газ немесе сұйықтықтың ағынын, (электромагнитті муфталарда, қорғаныс құрылғыларда (жылу немесе тоқ реледе, автоматты сақтандырғыштарда) басқару үшін пневмо-және гидротартқыштардағы үйлестіру құрылғыларында қолданылады.

4.7 суретт әртүрлі типтегі электромагниттерді, ал 4.8 суретте пневмо және гидротартқыштардағы үйлестіру құрылғыларында қолданылатын, электромагнит схемасы келтірілген.

1 орамына тоқты беру кезінде электромагнитті күш туындайды, оның әсерімен 3 зәкір бұрылады (4.8 а,в сурет) немесе 2 жүрекше бағытына желілі түрде бұрылады (рис. 4.8, *б,* г).



5.7. Сурет. Электромагниттің сыртқы түрі



4.8 сурет. Электромагниттердің схемасы:

а — бұратын; *б* — желілі орын алмастырумен,; *в* — дифференциалды; *г* — соленоидті; *1* — шарғы; *2* — өзекше; *3* — зәкір; *4* — серіппе

Сонымен қоса 4 кедергі жасауға қарсы серіппе күші игеріледі. тоқтың берілуі аяқталғаннан кейін зәкір серіппенің әсерімен бастапқы күйіне қайтарылады.

4.8 *в* суретте зәкірдің сағат тілі бойынша немесе оған қарсы тоқтың берілуі кезінде сәйкесінше оң немесе сол орамға бұрылуын қамтамасыз ететін, электромагниттің дифференциалды схемасы бейнеленген. 4.8, *г* суретте конус пішіндегі әуе саңылауы бар соленоидті электромагнитінің схемасы келтірілген.

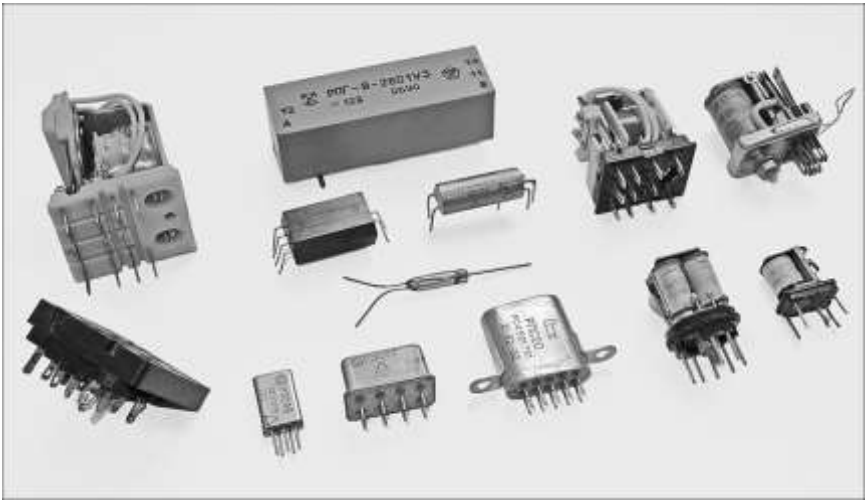
Ұстап тұратын электромагниттер бөлшектерді білдектерде (мысалы, тегістеушілерде), көтеру механизмдерінде (мысалы, болат жоңқаларын немесе металлоломды жүктеу үшін), есіктерді жабу үшін (домофондардың құрамында) пайдаланылады.

Электромагнитті реленің негізгі тағайындалуы – орам бойынша тоқтың өтуі кезінде түйісу серіппелерінің орын алмасуы және түйісулердің тұйықталуы (ажыратылу).

Реленің конструктивті орындалуы (4.9 сурет) алуантүрлі. Олардың тұрақты немесе ауыспалы тоғы, екі немесе бірнеше оншақты түйісулері болуы мүмкін. Реленің магнитті тізбегі электромагниттің магнитті тізбегіне ұқсас. Реле – зәкіріндегі айырмашылығы жылжымалы бөлігіндегі орналасқан түйісуінде, олар жылжымайтын бөлігі – өзекшеде орналасатын, түйісулермен тұйықталуы немесе ажыратылуы мүмкін.

Электромагнитті машиналар - механикалық энергияны электрлікке (генераторлар) және электрлік энергияны механикалық (электроқозғалтқыштар) энергияға түрлендіретін, айналмалы типтегі электро магнитті құрылғы ретінде түсіндіріледі.

Генераторлар – бұл электр энергия көзінің негізгі түрі, электроқозғалтқыштар – қондырғыларды, көлік құралдарын, көтеру механизмдерін, тұрмыстық техниканы және т.б. қондырғыларды қозғалысқа алып келетін негізгі түрі.



4.9.сурет. Электромагнитті реленің сыртқы түрі

4.10.сурет Электр машиналарының статорлары
мен роторларының сыртқы түрі

Электр машиналар тұрақты және ауыспалы токта жұмыс істей алады. Электр машиналардың схемалары мен конструкциясы әртүрлі болуы мүмкін (7 тарауды қараңыз), бірақ олардың барлығының екі негізгі бөлігі бар: жылжымайтын статор және айналмалы ротор (4.10 сурет).

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік тапсырмаларды шешуге арналған мысалдар

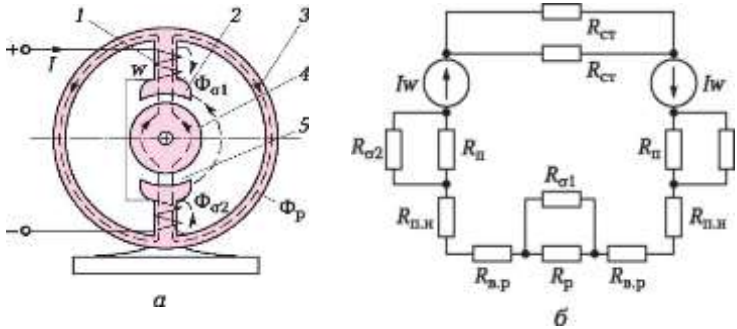
1. 4.11 а суретінде келтірілген конструктивті схемасы бар, ауыспалы тоқтың электр қозғалтқышының магнитті тізбегінің орын алмастыру схемасын сызыңыз. Қозғалтқыштың магнитөткізгіші электротехникалық болаттан жасалған.

Шешім. Магнитті өрісінің көзі болып w айналымдарында ішінде екі орамы болып табылады, олар *1* полюстерінде орналасқан және *I* тұрақты тоғымен қуаттандырылады. Орамы тізбектеліп жалғанған және келісіліп қосылған және *Iw* магнитталған күшін құрады. Барлық магнит тізбегін магнитті кедергі түрінде орналасқан баламалы схемаға бейнелетін, учаскелерге бөлуге болады. Оларға жатады:

$R_{СТ}$, Rp, R_mЯ$_{п.н}$ — магнитті өткізгіш учаскелеріндегі мырыш учаскелерінің желілі емес магнитті кедергілер (сәйкесінше статор, ротор, полюс, полюстік ұшы);

$R_{вр}$и R_{s1}, R_{s2}— магнитті әуе өткізгіш учаскелеріндегі магнитті кедергілері (сәйкесінше жұмыс саңылауы мен таралуы).

Iw магниттеу күші магнит ағындарын құрады. $Ф_р$ жұмыс ағыны $R_{СТ}$ қарсылығымен, *1* полюстерімен $R_Н$ қарсылығымен, 2 полюсті ұштарымен, Rhh қарсылығымен, *R*^ қарсылығы бар 5 жұмыс саңылауымен, R_F қарсылығы бар 4 ротормен түйіседі. Жұмыс ағынынан басқа $Ф_р$ ағынында, $Ф_{п1}$ тарату ағыны туындайды және $Ф_{п2}$ тұйықталуы арқылы, R_{s1}, R_{s2} түйістіріледі.



4.11 сурет. Электроқозғалтқыштың конструктивті схемасы (а) жәнеорынауыстырудың баламалы схемасы(б):

1 — полюс; *2* — полюстік ұштық; *3* — статор; *4* — ротор; *5* — әуе саңылауы; $Ф_р$ — магнитті жұмыс ағыны; $Ф_{σ1}$және $Ф_{„a}$ — магниттің жайылып таралуы.

Ауыспалы тоқ электроқозғалтқышындағы магнитті тізбегін орналастырудың баламалы схемасы 4.11 б суретте келтірілген.

2. Орташа диаметрі *d*= 20 мм, орам айналымы *w*= 1 000, орам тоқтың күші *I* = 100 мА ферриттегі тороидальды өзекшесіндегі магнитті өрісінің кернеуін анықтаңыз.

Шешім. Магнитті өрістің кернеулігін анықтау үшін, магниттеу күші *Hl* магнитті кернеуінің құлауына тең*Iw,* толық тоқтың заңын қолданамыз. Осы жерде: $H= Iw/l= Iw/(nd)$= 0,1 • 1 000/(р• 20- 10^{-3}) = 1 592 А/м.

Жауабы: Тороидальды өзекшедегі магнитті аймағының кернеуі 1 592 А/м тең.

3. Егер оған құрыш өзекшесі енгізілсе, орамның индуктивтілігі өзгере ма?

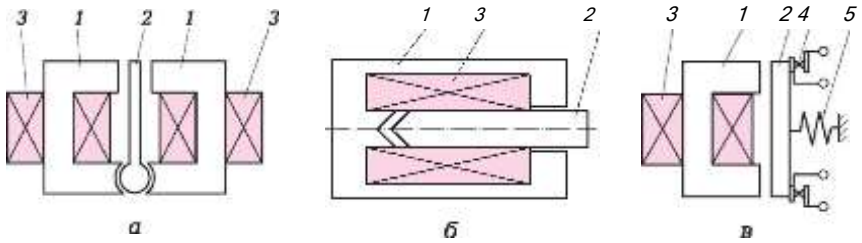
Жауабы: Өзгереді, дәлірек – артады. Бұл шарғыға болат өзекшеніенгізгенде, *I* магнитті ағынынакедергісініңазаюына байланысты R_H= = l/(^aS), қорытындысында Ф = Iw/R_u ағыны өседі.

Ал индуктивтілік – тоқ пен ағынның арасындағы пропорционалды коэффицент: Ф = *LI.*

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

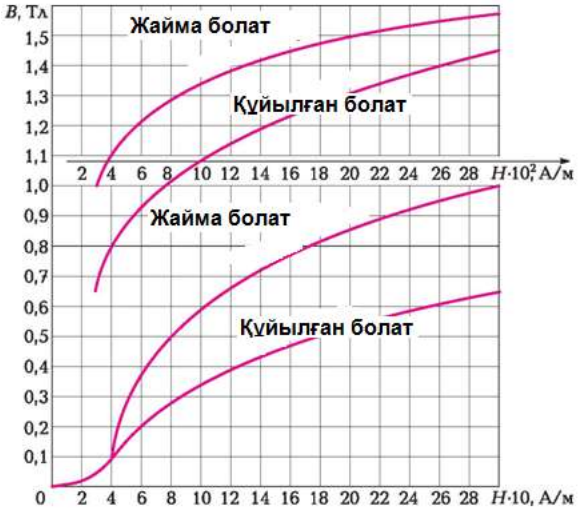
4. Конструктивті схемасы 4.12 а суретінде келтірілген, бұру типіндегі электромагниттің тізбегіндегі магнитті орын ауыстыру схемасын сызыңыз. Электромагниттің магнитөткізгіші электротехникалық құрыштан әзірленген.

5. Конструктивті схемасы 4.12, *б.* суретте келтірілген, соленоидті типтегі электромагниттің тізбегінің магнитін ауыстыру схемасын сызыңыз.



4.12 сурет. 4.2 тарауындағы 4 (а), 5 (б), 6 (в) тапсырмаларға қатысты электромагнитті құрылғыларының конструктивті схемасы:

1 — өзекше; *2* — зәкір; *3* — орам; *4* — түйісу тобы; *5* — серіппе.



4.13. сурет 4.2 тарауындағы 7 және 8 тапсырмаларына магнитеу қисықтары

Электромагниттің магнитөткізгіші электротехникалық болаттан әзірленген.

6. Конструктивті схемасы 4.12, *б.* суретте келтірілген, түйісуді ажырату арқылы электромагнитті реленің магнитті тізбегін орыналмастыру схемасын сызыңыз. Магнитөткізгішінің релесі электромагнитті болаттан әзірленген.

7. Құйылған болаттан әзірленген $Л_м$трансформаторының магнитөткізгішінің қарсылығын есептеңіз, оның магниттелуі 4.13 суретте келтірілген, егер кіндек темір ұзындығы l= 24 см, оның көлденең қиығының аумағы - S= 2,4 см^2, магнитті ағыны 3 • 10^{-4} Вб.

Атауы	Белгісі	Өлшем бірлігі
Индуктивтілік	V	Гн
Тасқын ілінісі	I	—
Магниттің енуі	Дм	1/Гн
ЭҚК өздігінен индукциялануы	Ц	В
Магниттік кедергі	Ч	Вб

4.14. сурет Оның әріптік белгілері мен өлшем бірліктері, магнит тізбегінің арасындағы ара қатынасы (4.2 тарауындағы 9 тапсырма)

8. Құйылған болаттан әзірленген дросселдің өзекше магнитөткізгішінің кедергісін есептеңіз, оның магниттелуі 4.13 суретте келтірілген, егер өзекше ұзындығы *40* см, оның көлденең қимасының аумағы - 4 см^2, айналым саны 800, тоқтың күші – 0,2 А.

9. Магнитті тізбектің параметрімен, оның әріптік белгілері мен өлшем бірліктері арасындағы сәйкестік 4.14 суреттегі тік желілермен көрсетіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Магнитті тізбек дегеніміз не?
   а) тоқтың тұйықталуы болатын, құрылғылардың жиынтығы;
   б) тоқтың тұйықталуы болатын, денелер мен ортаның жиынтығы;
   в) магнитті ағыны тұйықталатын, құрылғылардың жиынтығы;
   г) магнитті ағыны тұйықталатын, денелер мен ортаның жиынтығы.
2. Магнитті ағын әуе саңылауы арқылы тұйықтала ма?
   а) жоқ, ешқашан;
   б) тек аса төменгі температурада;
   в) тек аса жоғары температурада;
   г) тұйықталады.
3. Электромагнитті құрылғылардың негізгі түрлерін көрсетіңіз.
   а) электр қозғалтқыштары;
   б) генераторлар;
   в) электромагниттер және электромагнитті реле;
   г) барлық атап көрсетілген құрылғылар.
4. Электромагнитті реленің электромагниттен негізгі айырмашылығын көрсетіңіз.
   а) реле магнит тізбегін тұйықтау үшін қызмет атқарады;
   б) реле жылжымалы элементінің орнын алмастыру үшін қызмет атқарады;
   в) реле түйісулерді тұйықтау қызмет атқарады;
   г) барлық атап көрсетілген.
5. Электрлік машиналардың магнитөткізгіштік негізгі құрамдас бөліктерін атап көрсетіңіз.
   а) статор және орам;
   б) статор және ротор;
   в) ротор жәнемойынтірек;
   г) ротор және орам.

6. Магнитті тізбектерге арналған Ом заңының дұрыс түрін көрсетіңіз.
   а) $\Phi = Iw/R_u$;
   б) $I = U/R$;
   в) $Fu = \Phi/Ru$;
   г) $U = IR$.
7. Магнитті кедергіге арналған дұрыс түрін көрсетіңіз.
   а) $R_u = pl/S$;
   б) Ru = l/(^S);
   в) $R_u = l^S$;
   г) Ru = *U/1*.
8. Толық тоқ заңына арналған дұрыс түрін көрсетіңіз.
   а) $\Sigma Iw = \Sigma R_M \Phi$;
   б) $\Sigma Iw = \Sigma F_M/R_M$;
   в) $\Sigma\Phi = 0$;
   г) $\Sigma\Phi = \Sigma Iw R_M$.

4.3. МАГНИТТІ ТІЗБЕКТЕРДІ ЕСЕПТЕУ. АУЫСПАЛЫ ТОҚТЫҢ МАГНИТІ ТІЗБЕКТЕРІ

ТЕОРИЯ

4.3.1. Тұрақты тоқтың магнитті тізбектерін есептеу

Магнитті тізбектерді есептеу келесідей:

- Ф берілген магнит ағынын құру үшін қажетті *магниттеу күшінің* (мк) анықтауға – тікелей тапсырма;
- Магниттеу күшін беру кезінде тізбектің белгілі бір бөлімдерінде Ф ағынын анықтау – кері тапсырма.

Сонымен қоса магнитті өткізгіш барлық бөлімдерінің геометриляық көлемдері (*S көлденең қимасы мен l ұзындығы*) мен материалдардың маркалары белгілі, демек, олардың магниттелу қисықтары.

Тікелей тапсырма ерекше қиындықтарды туындатпайды. Оларды шешу үшін магниттеу қисықтарын қолданумен қарапайым аналитикалық әдістер қолданылады. Сонымен қоса есептеу алгоритмдері келесідей.

1. l_i. Барлық магнит өткізгішті S_i, көлденең қимасының бірдей аумақтарына бірдей бөлімдеріне белгілеп бұл бөлімдердің ұзындығы l_i болады.

2. Берілген Φ_0 ағыны үшін әрбір учскеде B_t индукциясын анықтайды:

$$B_t = \frac{\Phi_0}{S_t}.$$

3. Әрбір бөлімдегі Н кернеулігін алынған мәліметтермен анықтамасымен ферромагнитті учаскелер үшін, анықтамаларда график әлде кесте түрінде жүргізілетін, магниттеу қисықтарын пайдаланады Б (Н). Әуе учаскелері үшін $H_в$кернеулігі формула бойынша табады.

$$H_в = \frac{B_в}{\mu_0} = 8 \cdot 10^5 B_в.$$

4. магнит ағынының кернеулігі *H*мен l_t учаскелерінің ұзындығын біле отырып, толық тоқтың заңы бойынша н.с. шарғыны анықтайды:

$$Iw = \sum H_i l_i.$$

Кері тапсырма: берілген *Iw* магниттеу күші бойынша Ф ағынын анықтау – жүйелі жақындау (итерация) шешіледі. Берілген Φ_1 ағынының кейбір мағыналарымен тікелей тапсырманы шешеді. Егер есептелген Iw_1 мағынасы Iw берілген мағынасынан үшкел болса, онда $\Phi_2 < \Phi_1$ ағынының мағынасы қабылданады және тікелей тапсырманы, есептелген н.с. мағынасы берілген тапсырмаға тең болмайынша, шешеді.

Электромагнитті құрылғыларды есептеудің қателігі 10 ... 20 % қанағаттандыралық болып есептеледі. Бұл ең бірінші кезекте электр тоғына қарағанда магнитті тоғының тұйықталу мүмкіндігі бар және әуе саңылаулары арқылы, таралу ағыны болады (негізгі ағынның 10 ... 15 %). Сонымен қоса *B (H)* тәуелділігі бір мағыналы емес. Бұның бәрі магнитті тізбектердің есептеу дәлдігін төмендетеді, себебі қандайда бір рұқсаттарды қатылдауды талап етеді.

Электр тогының ерекшелігі магнит өрісін қыздыру және шарғының магнит өрісінен энергияны жинап алу қабілеті техникада кеңінен пайдаланылады, атап айтқанда өлшеу аспаптарында, электромагнитте, электроқозғалтқыштарда және т.б. Электромагнит құрылғыларының жылжымалы элементтерін орын ауыстыру кезінде жасалынатын, механикалық жұмыс әуе саңылауында сақталған, магнитті энергиясын анықтайды. Бұған дейін атап өткендей, (4.2.3 тарауды қараңыз), электромагниттің конструктивті схемасы алуан түрлі болуы мүмкін, бірақ бұл құрылғының негізгілері үшеу:

өзекше, шарғы және зәкір (жылжымалы элемент). Электромагнит өрісінің энергия әсерімен зәкірді тартатын зәкірдің күші, $P_{эм}$ электромагнит күші деп аталады. Ол ньютонда (Н) өлшенеді және $B_{вр}$ әуе жұмыс саңылауындағы индукция мағынасымен немесе әуе жұмыс саңылауындағы $(\wedge)_{в.р}$ магниттеу күшімен және магнитөткізгіштің құрылымдық көлемдерімен танымал (көлденең қисық аумағы $5_{вр}$ және әуе жұмыс саңылауынының ұзындығы $5_{в.р}$).

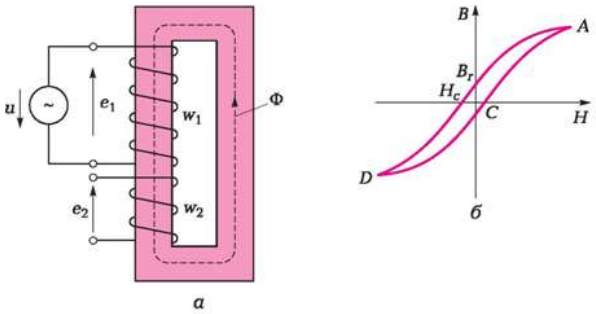
$$F_{эм} = \frac{B_{в.р}^2 S_{в.р}}{2\mu_0} = \frac{\Phi^2}{2\mu_0 S_{в.р}} = 0{,}5\left(\frac{(Iw)_{в.р}}{\delta_{в.р}}\right)^2 \mu_0 S_{в.р}.$$

4.3.2. Ауыспалы тоқтың магниттік тізбектері. Магниттік жоғалтымдар.

Ауыспалы токпен қуаттандырылатын, орраммен қыздыратын магнит өрісіндегі, магнит тізбектері, *ауыспалы тоқтың магнитті тізбектері* деп аталады.

1831жылы М.Фарадеевпен ашылған, электромагнит заңына сәйкес, *u,* ауыспалы кернеумен қыздырылатын, ауыспалы магнит өрісі, w_1 айналдыру санымен шарғыға қойылып, бұл айналымдарды өтіп, ЭҚК өздігінен индукцияланатын = $-w_1\Delta\Phi/\Delta t$ жүргізеді. Ол w_1 айналым санына тең және $\Delta\Phi/\Delta t$ магнит ағынының өзгеру жылдамдығына тең. ЭҚК өздігімен индукциялану сөйлемі $\Phi = Li$ тең болғандықтан, $e_1 = -w_1 L\Delta i/\Delta t$ түрінде жазуға болады.

«Минус» белгісі жүргізілетін ЭҚК *u* ауыспалы кернеуіне қарсы бағытталған және оны төмендетуге талпынады.



4.15 сурет. Өзара индукцияланудан өздігінен индукциялануға (а) ЭҚК туындауын түсіндіретін, орамдары бар магнитөткізгіші мен магнитөткізгіш материалыныҗ гистерезис ілмегі (б)

Егер бір ораммен құрылатын, ауыспалы ток, екінші орамның айналымын басып өтсе (мысалы, трансформаторда), онда екінші орамда w_2 айналымы бар ЭҚК болады. Ол e_2 = -w_2ДФ/Дf өздігімен индукциялану деп аталады.

Ауыспалы тоқ өзекшеде магнит өрісін құрады, оның өзгеруі өзекше материалын қайта магниттеудің кезеңдігімен сүйемелденеді. Ферромагнитті өзекшенің шарғыға арналған желілі байланыс кернеу мен тоқтың ортасында, желілі емес тәуелділікке қарағанда В (Н) орамға қарағанда бұзылады.

Аталған құбылыс *магнитті гистерезис* деп атаады, ал гистерезис ілмегі (4.15, *б* суреті) қайта магниттелудің бір кезеңіне сәйкес (үйлесімділік дабылының бір кезеңінде жұмыс нүктесі А нүктесінен B_r және H_c нүктелері арқылы *D* нүктесіне және әрі қарай С нүктесі арқылы қайтадан А нүктесіне орналасады). Гистерезис ілмегінің әртүрлі нүктелеріндегі өзекше материалында жүргізілетін, процестер туралы 4.1.3 тарауда айталады.

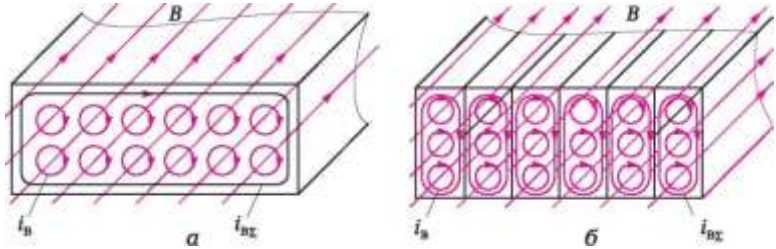
Магниттеу материалын қайта магниттеу жұмыс шығындарымен байланысты, сәйкесінше, қыздыруды жоғалтыммен (гистерезисте жоғалтыммен).

Бұл жоғалтымдар ілмек аймағына тепе-тең. Гистерезис ілмегінің түрлері мен параметрлері материалдың маркасына байланысты. Гистерезистің жіңішке ілмегі магнитіжұмсақ материалдарға (электротехникалық болат, темір мен никель не кобальтпен құйындысы), оларға гистерезистегі аз ғана жоғалтулар тән. Магнитіқатты материалдарды қайта магниттеу айтарлықтай қиын, гистерезис ілмегінің ені көп есе (1000 дейін) ілмектің енінен артады. Магнитіқатты материалдарда гистерезистегі жоғалтулар айтарлықтай үлкен.

Ауыспалы тоғы бар электромагнит құрылғыларында жұмыс істеу құйынды токтардағы жоғалтулармен қоса беріледі.

4.16, *а* электротехникалық құрыштың тұтас тілімінен орындалған, магнитөткізгіштің кесігінде көрсетілген. *B* индукциясы бар ауыспалы магнит өрісі магнитөткізгішті және магнит өрісінің әрбір күш салатын желісінде ЭҚК болатын электромагнит өрісінің күш салатын желісінің арқайсысын тесіп өтеді. Бұл тоқ құйынды деп аталады.

Барлық құйынды токтардың бір бағыты болғандықтан (Буравчиктің ережесіне сәйкес), $г_{в2}$ суммарлы тоғының тұйықталған траекториясы барлық магнитөткізгішті қамтитын болады. Магнитөткізгіштің Барлық электрлік қарсылығы *R= pl/S* салыстырмалы аз, себебі *S* үлкен болап табылады. Сәйкесінше, тұтас құйынды магнитөткізгіште токтар көп.



4.16.сурет Құйынды токтар (а) мен магнитөрісіндегі (б) жиналған токтар

Олардың кемуі магнитөрісінің айтарлықтай қызуына әкеліп соғады.

Егер магнитөткізгіш электрлік бір-бірінен оқшауланған, жіңішке толат пластиналарынан болса (4.16 б сурет), онда құйынды токтардағы электрлік кедергілер айтарлықтай жоғары, демек, токтардың өзі- айтарлықтай аз.

Сондықтан, электрлік машиналарының роторларын әзірлеу кезінде, айтарлықтай ЭҚК жүргізіледі, ол бір бірімен лакпен ажыратылған электрлік оқшауланған 0,35 немесе 0,5 мм жайма болатының пластиналарының жиынтығы қолданылады. Ол құйынды ЭҚК және ферромагнитті материалының қиылуын айтарлықтай азайтады, сонымен оның қарсылығы артады. Сонымен қоса, электротехникалық болатқа 2 ... 4 % кремний қосады, ол материалдың электрлік қарсылығын 6-10 есе көбейтеді.

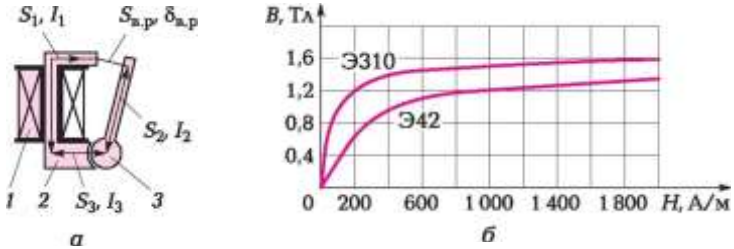
Ауыспалы магнит өрісімен жүргізілетін, құйынды токтары тар трансформатордың магнитөткізгіші, сондай-ақ электротехникалық болатың бөлек пластиналарымен орындалады. Ол құйынды токтардың жоғалуын айтарлықтай төмендетіп және трасформатордың ПӘК көтеруге мүмкіндік береді.

Көптеген электрлік құрылғыларда құйынды токтар зиян, олар оның ПӘК төмендетеді. Сол уақытта құрылғылардағы құйынды токтар маңызды рөл атқарады. Мысалы, құйынды токтардың ерекшелігі металлды қыздырады – индукциялық қызу – металлды балқыту мен бөлшектерін қыздыру үшін өндірісте кеңінен пайдаланылады.

ТӘЖІРИБЕ

Типтік тапсырмаларды шешу мысалдары

1. 4.17 суретінде схемасы көрсетілген айналмалы электромагнит үшін, *а,*оның жеке бөліктерінің конструктивті өлшемдері



4.17-сурет. Айналмалы электромгниттің конструктивті схемасы (а) және 4.3 бөлігінің 1,2, 8 тапсырмаларына қисықмагниттелген (б):
1 — орам; 2 — өзекше; 3 — якорь

белгілі, магнитті өткізгіш материалы және магнитті ағын Ф = = 1,6- 10^{-5} Вб.

Үш ферромагниттік бөліктердің көлденең қимасы, ұзындығы және материалы көрсетілген:

51 = 2 • 10^{-5} м^2, l_1= 3 • 10^{-2} м, материал Э42;
52 = 10^{-5} м^2, l_2= 2 • 10^{-2} м, материал Э310;
53 = 6 • 10^{-5} м^2, l_3= 10^{-2} м, материал Э42.

Сонымен қатар көлденең қимасының ауданы және екі ауалықбөліктерінің ұзындығы берілген— жұмыс ($S_{В.р}$= 2- 10^{-5}м^2, $8_{в.р}$ = 10^{-3} м) және технологиялық = 6 • 10^{-5} м^2, $8_{в.т}$ = 10^{-4} м).

4.17 суретінде *б*—магнитті индукцияның *В*—электромагнит құрылысында қолданылатын Э310 и Э42 материалдары үшін *Н* магнитті өрістің кернеуінен тәуелділігі көрсетілген.

Ағынның берілген мәнін қамтамасыз ететін магниттік күшін және бастапқы жағдайда якорьге әрекет ететін электромагниттік күшті есептеңіз. Магнит құрылысын бағалаңыз.

Шешімі:Магнитті өткізгіштің әр бір бөлігіндегі индукцияның мәнін есептейміз:

$B_1 = Ф/S_1$= 1,6 • 10^{-5}/(2 • 10^{-5}) = 0,8 Тл; B_2 = 1,6 Тл; B_3 = 0,27 Тл;
$B_{в.р}$ = 0,8 Тл; $B_{вт}$ = 0,27 Тл.

4.17 суретіндегі кесте бойынша, *б*—магнитті өріс кернеуінің мәніндегі үш ферромагниттік бөлігі үшін индукцияның алынған мәніне сәйкес болатынын табамыз:

H_1 = 270 А/м; H_2 = 2 000 А/м; H_3 = 70 А/м.

Ауалық бөліктер үшін кернеу мәндерін анықтаймыз: $H_{в.р}$ = 8 • 10^5
$B_{в.р}$ = 8 • 10^5 • 0,8 = 6,4 • 10^5 А/м; $H_{вт}$ = 2,16 - 10^5 А/м.

Магнитті кернеудің магнитті өріс бөліктерінде түсуін есептейміз:

$$H_1l_1 = 270 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 8{,}1 \text{ А}; H_2l_2 = 40 \text{ А}; H_3l_3 = 0{,}7 \text{ А};$$

$$H_{в.р}\delta_{в.р} = 640 \text{ А}; H_{в.т}\delta_{в.т} = 21{,}6 \text{ А}.$$

Толық ток заңына сәйкес магнит ағынының белгіленген мәнін қамтамасыз ететін жалпы магниттеу күшін табамыз:

$$Iw = H_1l_1 + H_2I_2 + H_3I_3 + H_{в.р}б_{вр} + H_{вА}, = 710{,}4 \text{ А}.$$

Якорьге әсер ететін электромагнит күшін есептейміз:

$$F_{эм} = \frac{(Iw)^2_{в.р}\mu_0 S_{в.р}}{2\delta^2_{в.р}} = \frac{(H_{в.р}\delta_{в.р})^2\mu_0 S_{в.р}}{2\delta^2_{в.р}} = \frac{640^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} = 5{,}14 \text{ Н}.$$

Жауап. Электромагнитесептері конструктивті схема, магнитті өткізгіштің жеке бөліктерінің өлшемі және олардың материалы өте сауатты дұрыс таңдалғанын көрсетеді, себебі барлық магниттелетін күштердің 90 % тәжірибе жүзінде 90 %-ы, нақты айтқанда, әсіресе, ауа жұмысының аралығында шоғырланған ($(Iw)_E$.р= 640 А), ол электромагниттің жоғары ПҚК шамасын алуға және 5,14 Нмәніне тең айтарлықтай электромагнит күшін алуға мүмкіндік береді.

2. Электромагниттік реленің өзекшесі Э310 болаттан жасалған және оның ұзындығы ~~*l*~~= 5 смжәне көлденең қимасының аумағы 100 мм^2. *w*=120 шамалы электромагнитті реленің орауышы және қарсылығы *R*= 90 Омболатын ~~*U*~~= 27 В кернеулі тұрақты ток көзінен алынады. Өзекшедегі магнитті ағынды анықтаңыз.

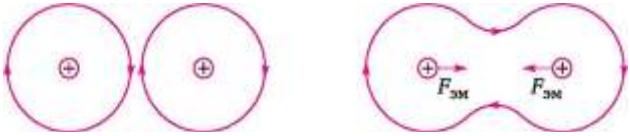
Шешімі. Толық токтың заңына сәйкес *Iw*= *Hl*. Мұнда магнитті өрістің кернеуі *H* = *Iw/l.* Ток мәнін Ом заңы бойынша анықтайық: *I* = *U/R*= 27 В/90 Ом = 0,3 А. Сәйкесінше, магниттелетін күш ~~*Iw*~~= 0,3- 120 = 36 А, ал кернеу *H* = = 36 А/0,05 м = 720 А/м.

Қисық магниттелетін Э310 болат бойынша (4.17, *б* суретін қараңыз) ~~*H*~~ = 720 А/м кернеуінің мәніне индукция ~~*B*~~ = 1,5 Тл мәні сәйкес келеді. Магнитті ағын Ф = ~~*BS*~~= 1,5 Тл- 10^{-4} м^2 = = 1,5- 10^{-4} Вб.

Жауабы. Электромагнитті реленің өзекшесіндегі магнитті ағын 1,5 • 10^{-4} Вб шамасына тең.

3. Бір бағыт бойынша ток өтетін екі параллельді өткізгішпен не болады?

Жауабы. Өткізгіштерге оларды жақындатуға әрекет ететін күштер әсер етеді. Шынымен бұл жағдайда тогы бар әр бір өткізгіштің жанында бір бағыттағы магнитті күш жолдары пайда болады.



а *б*

4.18-сурет. Тогы бар өткізгіштердің (а) жанындағы магнитті күш жолдары және өткізгіштерге (б) әсер ететін электромагнит күштері. (3-тапсырма, 4,3-бөлім)

4.18 суретте *а*—тогы бізден шығады, сондықтан магнитті күш сызықтары сағат тілі бойынша оқшауланады. Бұл сызықтар жанасқан жерде, олар қарсы келеді, сондықтан бір-бірін өтейді және сол жерде магнит өрісін бұзады. Қуат сызықтары, ток өткізгіштерінің екеуі үшін де жалпы болып келеді (4.18, б), сондықтан өткізгіштер күш сызықтарының ұзындығын азайту үшін және ортаны магниттік кедергісін азайту мақсатында бір-біріне жақындауға бейім болады.

Өздік жұмыс үшін арналған тапсырмалар

4. Таға тәріздес электромагнит 10 N кезінде серіппелі күшті еңсеру үшін жеткілікті күшті дамытады. Сол уақытта ауа қабатындағы индукция мағынасын анықтаңыз, сондай-ақ, әуе саңылауындағы қашықтықтың көлденең қимасының ауданы S = 2 см2 болса, ал якорь тоқтатылғаннан кейін электромагнит күші 6,25 есе артады.

5. Электр магнитінің орауышы арқылы электр тізбегінің 1000 айналымы бар қандай ағын ағып кетуі керек, сол арқылы ол 2 см қашықтықта орналасқан 5 Н күші бар ауалық саңылауында 1 см2 көлденең қимасы бар аймақта әрекет ете алады. Белгілі болғандай, барлық магнитизация күштерінің 80% -ы ауалық ағында шоғырланған.

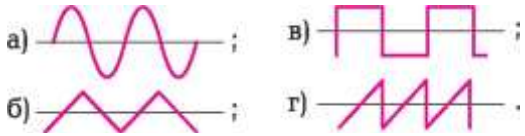
6. S= 0,1 м^{2}көлденең қимасы бар аймақтағы электрмагнитті көтеру кезінде Ф = 0,1 Вб магнитті ағын әрекет етеді. Электромагниттің тартылыс күшін анықтаңыз.

7. Егер орауыштың кезек саны w = 1 000 болса, ал ауаның жұмыс саңылауындағы индукция $B_{в.р}$ = 1 Тл шамасына тең болса, онда электромагнит релесінің орауышында қандай ток жүріп өтеді? Магниттелетін күштің барлығы ауаның жұмыс саңылауында l= 1 мм ұзындығымен шоғырланғанын қабылдау керек.

8. Дроссельдің индуктивтілігін анықтаңыз, егер оның орауышының орау саны w= 200, Э310 (4.17, *б суретін қара*) болаттан жасалған өзекшенің орташа ұзындығы $1_{ср}$ = 50 мм болса, ал өзекшенің көлденең қимасының ауданы S= 50 мм^2, ток мәні I= 0,1 А болған жағдайда анықтаңыз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Трансформатор шарғыларының бірі ауыспалы кернеуге қосылған. Осы екінші шарғыларда магнит ағыны ретінде қалыптасқан ЭҚК атауы қалай аталады?
   а) өзін-өзі индукциялаудың ЭҚК;
   б) өзара индукцияның ЭҚК;
   в) Қуатты токтардың ЭҚК;
   г) Гистерезисті ЭҚК.
2. Трансформатор шарғыларының бірі ауыспалы кернеуге қосылған. Осы екінші шарғыларда магнит ағыны ретінде қалыптасқан ЭҚК атауы қалай аталады?
   а) өзін-өзі индукциялаудың ЭҚК;
   б) Гистерезисті ЭҚК;
   в) Қуатты токтардың ЭҚК;
   г) өзара индукцияның ЭҚК.
3. Магнитті ағын қалай өзгеруі тиіс (тиісті схеманы көрсетіңіз), сондай-ақ онымен енгізілген ЭҚК $e= -шАФ/Аt$ биполярлы тікбұрышты импульсін иеленуі керек?



4. Қарама-қарсы бағытта тоқ өтетін екі параллельді өткізгіштер қалай әрекет етеді?
   а) қозғалыссыз қалады;
   б) бір-біріне қарай жылжиды;
   в) бір-бірінен ары жылжиды;
   г) күтпеген жағдайда әрекет етеді.
5. Қандай тоқ ағымында, тұрақты немесе айнымалы кезде электромагниттік құрылғылардың ПҚК жоғары болады?
   а) тұрақты;
   б) айнымалы үшін;
   с) ПҚК тұрақты және айнымалы тоқты пайдалану үшін бірдей;
   г) дұрыс жауап жоқ.
6. Гистерезистегі шығын және құйындық тоқ дегеніміз не?
   а) магниттік ысыраптар;
   б) электр шығыны;
   в) механикалық ысыраптар;
   г) барлық жоғалған шығындар

7. Қандай материалдан жасалған магнитті жетек ең аз магнитті шығынды иеленеді?
   а)темірдің тұтас бөлігінен;
   б) алюминийден жасалған;
   в) электротехникалық болаттан жасалған;
   г) мыс пен вольфрамның қорытпасынан.
8. Өнеркәсіп өндірісінде құйындық токтар қалай қолданылады?
   а) бөліктерді жылыту үшін;
   б) бөлшектерді қатайту үшін;
   в) металды балқытуға арналған;
   d) барлық берілген жауаптар дұрыс
9. Магниттік тізбектердің есептеу дәлдігін не азайтады?
   а) шашырау ағындарының болуы, оларды есепке алу қиын;
   б) негізгі қисық магниттелетін есептеу кезінде ғана қолдануға болатыны тәрізді;
   в) анықтамалық әдебиетте келтірілетін нақты магниттік сипаттамалардың ауытқуы;
   d) барлық берілген жауаптар дұрыс

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС №11

Тұрақты тоқтың магниттік тізбегін зерттеу

1. Жұмыс мақсаты

1.1 Магнитті жетек материалының вебер-амперлі сипаттамасын алу (ауалық саңылауысыз магнитті тізбек).

1.2 Ауалық саңылауы бар магнитті тізбектің вебер-амперлі сипаттамасын алу.

2. Тәжірибе нысаны мен құралдары

Тәжірибенің нысаны ретінде трансформатордың магниттелетін тізбегі болып табылады, ол симметриялы екі Ш-тәріздес әр біреуінде 200 айналымды екі орамы бар М2000НМ маркалы ферритті өзекшелерден жасалған және өзекшелер арасында $5_в$ ауалық саңылауымен реттеледі (Л11.1-сурет). Орамдардың бірі магниттелетін ($^\wedge_{магн}$), ал екіншісі өлшемді ($^\wedge_{өлщ}$) болып табылады. Магниттелетін орам ~~В~~ тоқ көзін ажыратқыш және ~~R_1~~= 100 Ом (Л11.2-сурет) қарсыласты резистор арқылы -13 ...0... +13 тұрақты кедергінің реттелетін қайнар көзіне қосылады.

Магниттелмелі орамамен қатар параллельді С1 = 100 мкФ сыйымдылығы бар конденсатор іске қосылады, ол қайнар көзді істен ажыратқан кезде өзекшенің параллельді контурда магниттен босатылуы кезінде тізбектегі демпфирленген тербелістерге байланысты қамтамасыз етеді. Трансформатордың өлшеу орамасы вольтметрге интегралды күшейткіш арқылы қосылады. Өлшеу аспаптары ретінде амперметрдің және тұрақты

тогының вольтметрі режимдерінде жұмыс істейтін мультиметрлер қолданылады.

Трансформатордың магниттік тізбегінің симметриясына байланысты, екі соңғы өзекше есептеу кезінде екі еселенген секцияның бір тармағына біріктірілуі мүмкін. Магниттік тізбекте $5_в$ ауалық саңылауының болуы магниттік өзекшенің магниттік төзімділігін айтарлықтай арттырады және магниттік тізбектің сипаттамаларына әсер етеді. Магнит ағынының Ф шамасына пропорционалды болатын сигнал V ($Ц_{өлщ}$) вольтметрінің көмегімен интегралдау күшейткіштің шығысында өлшенуі мүмкін.

3. Зертханалық жұмысқа арналған тапсырма

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1 Берілген тақырып бойынша теориялық деректер мен зертханалық жұмыстардың орындалу тәртібімен танысу. Жұмыс дәптерінде тәжірибе протоколын дайындау.

Зертханада орындалады

3.2 Өзекшелер арасында нөлге тең болатын (5 = 0) ауалық саңылауын реттеуші бұранданы қолмен тоқтағанға дейін бұрай отырып орнату керек.

ЭТ-ін Л11.2 суретінде келтірілгендей етіп схема бойынша жинау керек. Магниттелетін орауышты тұрақты кедергінің -13 ...0...+13 В реттелетін қайнар көзіне іске қосу. В ажыратқышын «Қосу» күйіне, ал интегратор ауыстырғышын «Түсіру» күйіне орнатыңыз.

Стендті іске қосып және қайнар көздің шығыс кернеуін реттей отырып, амперметрдің Л11.1 кестесінде берілген бірінші мағынасын көрсетуіне қол жеткізу керек (10 мА).

3.3 Интегратор ауыстырғышын интеграция күйіне (төменгі күйге) ауыстырып және бірден В ажыратқышымен қуат көзінен өшіріңіз. Вольтметр көрсеткішін жазып алыңыз. Вольтметр көрсеткен кернеу көрсеткішін «Түсіру» күйіне қосқышты айналдыра отырып нөл шамасына дейін түсіріңіз, содан кейін оны қайтадан интеграция күйіне ауысытырып және бірден В ажыратқышымен қуат көзін қосыңыз. Вольтметр көрсеткішін қайтадан жазып алыңыз. Вольтметрдің екі көрсеткішінің орташа шамасын Л11.1 кестесінің $U_{өлш}$жолына енгізіңіз.

3.4 Экспериментті Л11.1 кестесінде көрсетілген барлық ағымдағы мәндерде қайталаңыз және Л11.1 кестесінің тиісті жолында δ = 0 кезінде болатын $U_{изм}$ мәнін жазыңыз.

3.5 Тұғырдың қуат көзін өшіріп, екі қабатты жазбаша қағазды (δ = 0,2 мм) шеткі білік қабаттар арасындағы бос орынға салыңыз, содан кейін реттеу бұрандасын қолмен бұраңыз. Тұғырды қосып, Л11.1 кестесінде келтірілген мәндерге сәйкес ЭТ орнатыңыз, кернеуді өлшеуді орындаңыз және δ ≠ 0 үшін Л11.1 кестесінде $U_{изм}$ сызығын толтырыңыз.

3.6 Сынақ есебін оқытушысымен келісіп, ЭТ ажыратып, бөлшектеңіз, өткізгіштер мен шағын блоктарды орнына қойып, жұмыс орнын қалыпқа келтіріңіз.

4. № 11 сынақтар хаттамасы және жұмыс есебі

Тұрақты тоқтың магниттік тізбегін зерттеу

4.1. Жұмыс мақсаты

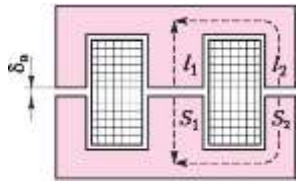
_____

_____

_____

4.2. Магниттік және электр тізбектерінің схемалары және кестелері.

Л1.1 Магнитті және электр тізбектері мен кестелердің схемалары.



«Магнитті тізбек» кіші бөлігі
«Интегратор» «Түсіру» кіші бөлік

Л11.2-сурет. Трансформатордың магнитті тізбектерінің вебер-амперлі сипаттамасын алу үшін арналған ЭТ схемасы.

Ауалық саңылауы	Пара метр	I тогы кезінде эксперименталды электрлі және есептік магнитті параметрлердің мағыналары, мА					
		10	20	40	60	80	100
$\delta = 0$	$U_{изм}$, В						
	Iw, А						
	Ф, Вб						
$\delta \neq 0$	$U_{изм}$, В						
	Iw, А						
	Ф, Вб						

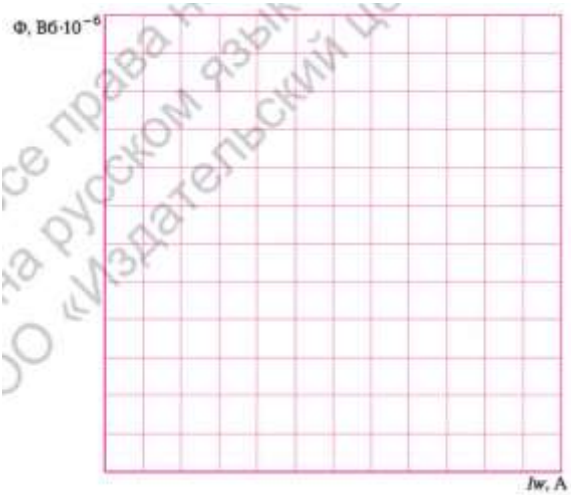
Топ _____ Оқушы _____ Күні

Оқытушы _____

1.1. Есептік-графикалық бөлік.

$$\Phi = R_2 C U_{изм} / w_{изм},$$

Мұндағы, R_2= 5,6 кОм; C= 0,22 мкФ; $ж_{өлш}$ = 200 орам.



Л 11.3-сурет. Трансформатор магнитті тізбегінің вебер-амперлі сипаттамасы

1.2. Қысқаша қорытындылар

Оқушы _____ Оқытушы _____
_____
_____

5. Есептің есептік-графикалық бөлігіне талаптар

5.1. Л11.1 кестесіне енгізілген эксперименталды деректер бойынша токтың әр бір шамасы үшін Ф магнитті ағын мен Iw магниттелетін күштің шамасын белгілеп, нәтижелерін Л11.1 кестесінің сәйкес жолына енгізіңіз.
5.2. Алынған нәтижелер бойынша Л11.3 суретінде Ф (Iw) вебер-амперлі сипаттамасын құрыңыз.
5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындылар келтіру.

ҚОРЫТЫНДЫ СҰРАҚТАР

1. Магнитті тізбек бойынша нені түсінесіз?
2. Магнитті тізбекті сипаттайтын негізгі параметрлерді атап және олардың өлшемдерін көрсетіңіз.
3. Электромагниттердің магнитті өткізгіштерін неге ферромагнитті материалдардан жасайды?
4. Магнитт тізбектердің бөліктерінің магнитті қарсылығы немен анықталады?
5. Ауа бөлігінің магнитті кедергісі үшін түсініктеме жазыңыз.
6. Қандай жағдайларда магнитті тізбек сызықтық емес болып табылады?
7. Магнитті тізбектің инженерлі есептерінің дәлдігі неге аз?
8. Магнитті тізбек үшін Ом және Кирхгоф (толық ток) заңдарының шамаларын жазыңыз.

№ 12 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Ауыспалы токтың магнитті тізбегін зерттеу

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Өзара индукция құбылысын тәжірибелі жолмен тексеру.
1.2. Магнитті ағынның амплитудасын жанама жолмен өлшеу.

1.3. Гистерезис ілмегін және оған ауалық саңылауының әсерін зерттеу.

2. Тәжірибенің нысандары мен құралдары

Тәжірибе нысаны ретінде өзекшелері арасында ауалық саңылаулары арқылы реттелетін және әр бір 200 орамнан тұратын екі орауышы бар Ш-тәріздес екі симметриялы ферритті өзекшеден жасалған трансформатордың магнитті тізбегі болып табылады. Орамдардың бірі магниттелетін ($W_{магн}$) қызметті атқарады, ал екіншісі – өлшеуіш ($W_{өлш}$) қызметінде. Магниттелетін орам -14 ... 14 В тұрақты кернеудің реттелмелі қуат көзіне қосылады немесе ауыспалы кернеу көзі – синусоидалы тербелістің генераторына қосылады. Трансформатордың өлшеуіш орамы вольтметрге $Я_и$ = 2,2 кОм, $С_и$ = 4,4 мкФ параметрлі $Я_и$ — $С_и$ интегралданатын тізбек арқылы қосылады. Жұмыс кезінде өлшуіш құрал ретінде вольтметр күйінде жұмыс істейтін мультиметр қолданылады және осциллограф құралы магнитті ағынның пішінің зерттеу үшін және гистерезис ілмегі үшін қолданылады.

Трансформатордың магнитті тізбегінің схемасы Л12.1, а суретінде көрсетілген, ал ЭТ-ін қосылған өлшеуіш құралдарының схемалары Л12.2 және Л12.3 суреттерінде берілген.

Ауалық саңылауының магнитті тізбегінің болуы магнитті жетектің магнит өткізгішінің магниттік кедергісін айтарлықтай арттырады, соның нәтижесінде Л12.1, *б* суретінде көрсетілген гистерезистің ілмегі тік сызыққа айналады.

Магнит өткізгішінің қисық магниттелетін материалын электрондыосциллографтың көмегімен көруге болады, егер оның Ұ кірісіне В пропорционалды индукциясының дабылын енгізсе, ал *X* кірісіне Н магнитті өрісінің кернеуіне пропорционалды дабылды енгізеді. Өлшеуіш шарғыға кірісі қосылған w_{mK} (Л12.3 суретін қара) В индукциясына пропорционалды дабыл $С_и$ интегралды тізбегі конденсаторларының қысқыштарынан алынуы мүмкін. Н пропорционалды кернеудің дабылы $ж_{нам}$ магниттелетін шарғысымен бірізді іске қосылған 22 Ом қарсылығы бар *R* резисторының қысқыштарынан алынуы мүмкін.

3. *Зертханалық жұмыс тапсырмалары*

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. Берілген тақырып бойынша орындалған зертханалық жұмыс реті және теориялық деректемелерімен танысу. Жұмыс дәптерінде тәжірибе есебін дайындау.

3.2 Φ_{max} магнитті ағынының максималды шамасын есептей отырып алдын ала есептеулерді және ЭҚК $E_{изм}$ өлшем орауышында индукцияланған күтілетін шаманы орындау керек. Кернеу жиілігінің екі шамасы үшін есеп жүргізу: а) $f = 0$; б) $f = 50$ Гц.

Нәтижелерді тәжірибе есебіне енгізу керек.

Зертханада орындалады

3.3 Ауалық саңылауын нөлге тең өзекшелер арасында реттеуіш бұрандаманы қолмен соңына дейін бұрау арқылы орнату.

Л12.2 суретінде берілген схема бойынша ЭТ-ін жинау. Магниттелетін орауышты $U = 5$ В тұрақты кернеудің қуат көзіне қосу.

В қосқышын қосып және *V1* вольтметр көмегімен магниттелетін орауышта кернеудің болуына көз жеткізу. Өлшеуіш орамда вольтметрдің көмегімен *V2* кернеуін өлшеу. Берілгендерді тәжірибе есебіне енгізіңіз. Тек өлшеуіш орамдағы ауыспалы күйде (В ажыратқышын іске қосу және ажырату кезінде) ғана қысқа мерзімді импульстардың пайда болатынына назар аударыңыз.

3.4 Магниттелетін орауышты синусоидалы пішіндегі кернеу генераторына іске қосыңыз. Генератордан 500 Гц жиілікті және амплитудасы 5 В дабылды қосу. В ажыратқышын іске қосу. *V1* вольтметрдің көмегімен магниттелетін орауышта кернеудің болуын тексеріп және өлшеу орамында кернеуді *V2* вольтметрдің көмегімен өлшеңіз. Өлшем нәтижелерін тәжірибе есебіне енгізіңіз.

3.5 ЭТ-ін Л12.3 суретінде көрсетілген схемаға сәйкес салыстырыңыз. Синусоидалды пішінді генератор кернеуін іске қосып және 500 Гц жиілігі бар 7 В кернеуді магниттелетін орамға келтіріңіз. Осциллографты іске қосып және оның кірісіне магнитті ағынға пропорционалды болатын интеграциялы құралдың шығысынан Ұ дабылын беріңіз. Интегратордың $и_{шығ}$ шығысындағы кернеуді өлшеп және нәтижені тәжірибе есебіне енгізіңіз.

Генератор шығысындағы кернеуді 3-тен 7В-ге дейінгі диапазонында өлшемді өзгерте отырып, магнитті ағынға пропорционалды болатын дабылдың өзгеруін бақылаңыз. Берілетін кернеудің магнитті ағынның пішіні мен шамасына берілу әсері туралы қорытынды жасаңыз.

3.6 5 В-ға тең генератор шығысында кернеуді орнатып, осциллографты *X* — *Y* режиміне ауыстырып және экран ортасында қисық *B(H)* суретін орналастыру керек.3-тен 7В-ге дейінгі диапазонындағы генератор шығысында кернеуді өзгерте отырып, гистерезис ілмегінің пішімі өзгеруін бақылау керек. Экранда пайда болған гистерезис ілмегінің суретін $8_в = 0$ кезінде және генератор шығысы кернеуінде салу. Сурет үшін тәжірибе есебінде орын бөлінген (Л12.4-сурет). Гистерезис ілмегіне берілетін кернеудің өзгеруінің әсері туралы қорытынды жасаңыз.

3.7 Өзекшелер арасында ауалық саңылау орнатыңыз (мәселен, 0,2 мм – жазу қағазының екі қабатында саңылау енгізу) және осциллограф ауыстырғышының орнын өзгертпей ауалық саңылаудың бар болуы

кезінде гистерезис ілмегін байқау. Экранда алынған гистерезис ілмегінің суретін $\delta_\beta \neq 0$ (Л12.4 суретіне салу) кезінде салу.

3.8 Оқытушымен тәжірибе есебін талқылағаннан кейін ЭТ-ін тоқ көзінен ажыратып, бөлшектеп, өткізгіштер мен кіші бөліктерін орнына қою, жұмыс үстелін ретке келтіріңіз.

4. № 12 ТӘЖІРИБЕ ЖӘНЕ ЖҰМЫС ТУРАЛЫ ЕСЕП

Ауыспалы тоқтың магнитті тізбегін зерттеу

4.1 Жұмыс мақсаты_____

_____

_____

_____

4.2 Формулалар және алдын-ала есептеу.

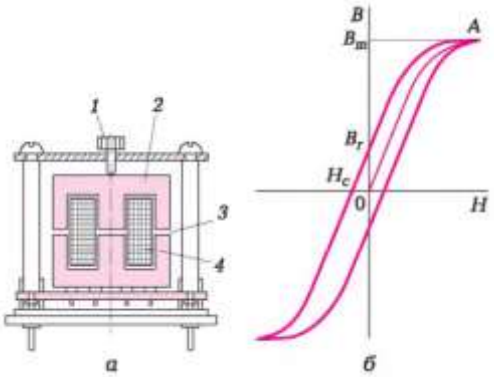
$w_{нам} = 200$ витков; $w_{изм} = 200$ витков; $U_{нам} = 5$ В;

а) $f = 0$, $E_{изм}$ = _____ В;

б) $f = 50$ Гц, $E_{изм}$ = _____ В;

$\Phi_{max} = U_1/(4{,}44 f w_{нам})$ = _____ Вб.

4.3. Магнитті және электр тізбектерінің схемалары



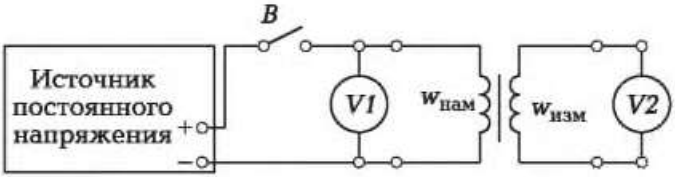
Л 12.1-сурет. Трансформатордың магнитті тізбектерінің схемасы (а) және ферромагнитті материалдың гистерезис ілмегі (б)|:

1 – реттеуші бұранда

2 – магнитті өткізгіщ

3- ауалық саңылау

4 – шарғы



12.2-сурет. Өзара индукция құбылысын тексеру үшін арналған ЭТ схемасы

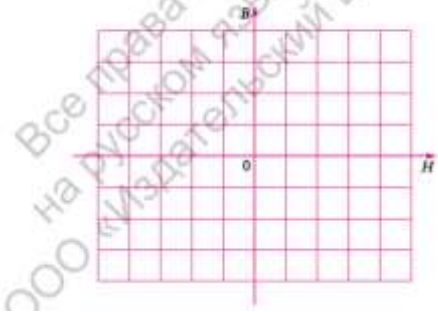
Тұрақты кернеудің қайнар көзі $(f = 0)$; $U_{изм}$ = _____В;

Ауыспалы кернеу $(f = 500$ Гц$)$; $U_{изм}$ = _____В.

Мини-блок – Мини-блок
«магниттік тізбек»

Л12.3-сурет. Гистерезис ілмегін зерттеуге арналған $R_и$-$C_и$ интегралды тізбегі бар ЭТ схемасы

$U_{ш}$ = _____В; $U_{изм}$ = _____В.



Л12.4-сурет. Тәжрибелік деректер бойынша құрылған гистерезис ілмегі

Топ_____ Оқушы_____

Күні_____ Оқытушы_____

4.4. Есепті-графикалық бөлік.

Φ_{max} = _____ Вб

4.5. Қысқаша қорытындылар_____

_____

_____

_____

_____

Оқушы _____Оқытушы _____

5. **Есептің есептік-графикалық бөлігіне арналған талаптар**

5.1. Алынған тәжірибе деректері бойынша магнитті ағынның амплитудасын есептеу:

$$\Phi_{max} = \sqrt{2} R_н C_н U_{изм} / w_{изм},$$

Мұндағы, $R_н$ = 2,2 кОм; $C_и$ = 4,4 мкФ; $ж_{өлш}$ = 200.

Магнитті ағынның амплитудасын Φ_{max} = = $и_{өлш}/(4,44/ж_{өлш})$ формуласы бойынша $ж_{өлш} = ж_{маг}$ кезінде есептеу. Алынған нәтижелерді салыстыру.

5.2. Ауалық саңылауының бар болуы немесе болмауы кезінде гистерезис ілмектерін салыстыру.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындылар жасау.

ҚОРЫТЫНДЫ СҰРАҚТАР

1. Магниттік тізбекті сипаттайтын негізгі параметрлерді атаңыз және олардың өлшемдерін көрсетіңіз.
2. Электрмагниттік индукция құбылысын түсіндіріңіз.
3. Қандай магнитті материалдар тар гистерезис тұзағына ие?
4. Қандай магниттік материалдар кең гистерезис тұзағына ие?
5. Гистерез тұзағының аумағы нені көрсетеді?
6. Айнымалы магнитпен шығатын тоқ шығындарын қалай азайтуға болады?
7. Өзара индукция құбылысы қайда қолданылады?

5 Тарау

ЭЛЕКТРЛІ ӨЛШЕМДЕР

5.1 ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАЛЫҚ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫ МЕН ҚҰРЫЛЫСТЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

ТЕОРИЯ

5.1.1. Негізгі түсініктемелері мен анықтамалары

Электротехникалық орнатылымның сол не басқа жұмысы туралы талқылау үшін, сол немесе басқа жүйенің тәртібін алдын ала болжау үшін немесе оның параметрлерінің рұқсат етілген шектен шықпауын реттеу үшін арнайы өлшеу құралдарын – электр өлшеуіш құралдарды (ЭӨҚ) қолдану керек.

Өлшем — бұл физикалық көлемнің шамасын арнайы техникалық құралдардың көмегімен тәжірибелі түрде анықтау.

Барлық техникалық құралдарды шамалар және өлшеу құралдары ретінде бөлуге болады.

Шамалар берілген өлшемнің физикалық көлемін көрсету үшін қызмет етеді (эталондық кедергі, сыйымдылық, индуктивтілік).

Өлшеуіш құрылғы — бұл дереу қабылдау үшін қолайлы нысанда ақпаратты қалыптастыруға арналған өлшеу құралы. Мұндай ақпарат ретінде көрсеткінің ауытқуы және осциллографтың меңзері көрсеткішінің позициясы немесе тиісті реттеуіш құрылғыға жіберілетін сигнал болуы мүмкін.

Электрлік шамаларды (ток, кернеу, электр қуаты, электр энергиясы, кедергі) өлшеу үшін қолданылатын аспаптар *электрлік өлшеу құралдары* деп аталады.

Өлшеу құралдары аналогтық және цифрлық деп бөлінеді.

Аналогтық құралдарда көрсеткіштер өлшенетін көлемнің үздіксіз функциясы болып табылады. Мұндай құралдарға, мысалы, көрсеткіші бар амперметрлер мен вольтметрлерді, электронды-сәулелік осциллографтарды қосады.

Сандық құрылғылар өлшеу ақпараттарының дискретті сигналдарын шығарады. Олардың куәліктері цифрлық түрде беріледі.

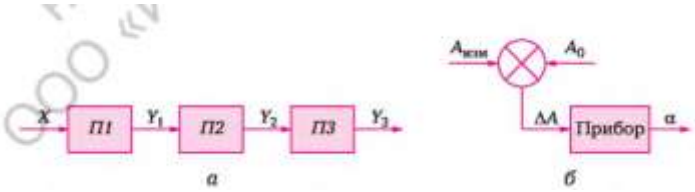
Алынатын өлшеу ақпаратының түрі бойынша құралдар келесідей бөлінеді:

- Көрсететін (көрсеткіштердің санағы ғана мүмкін)
- Тіркейтін (көрсеткіштерді тіркеу орын алады

- өзіндік жазушы (көрсеткіштерді диаграмма түрінде көрсету)
- басып шығарушы (көрсеткіштерді басып шығаруға жіберу)
- интеграцияланатын (энергия санауыштары)

Шарамен салыстыру әдісі бойынша өлшеу құралдарын тікелей әрекетті құралдар және салыстыру құралдары деп бөледі.

Тікелей әрекеттегі құралдарда (5.1, а-сурет) бірбағытта өлшенетін көлемнің түрленуі орын алады. Мысалы, өлшенетін кернеу (Х) П1 түрлендіргіші арқылы электр тогына (У1) айналады. Өлшеу құралындағы бұл тоқ электромагнит сәтіне (У2) айналады, соның әсерінен жылжымалы элемент көрсеткішпен бірге Х кернеуінің шамасына пропорционалды нақты бұрышқа (У3) бұрылады. Тікелей әрекет құралдарына көрсеткішті амперметр, вольтметр, ваттметр, омметр жатады. Салыстыру құралы Аөлш өлшемді көлем салыстырмасын алдын ала танымал А0 (5.1, а-сурет) көлемімен жүргізіледі. А0 шамасы формула түрлілігі және сәйкесінше а көрсеткішінің ауытқу бұрышы нөлге теңеспейінше өзгереді. Бұл жағдайда Аөлш=А0. Осы қағидамен кедергі нысаны жұмыс істейді (5,2-сурет).



5.1-сурет. Тікелей әрекет (а) пен салыстыру (б) құрылғыларының функционалдық схемалары:
П1, П2, П3 — түрлендіргіштер

5.2-сурет. Кедергі нысаны

Барлық ЭӨҚ электромеханикалық өлшеу механизмдерінде $M_{B}p$ айналмалы сәті токтыңмеханизм орамдары арқылы немесе ол кернеудеіске қосылған кезінде пайда болады.

$M_{в}p$ әрекетібарысында қозғалатын бөлік соңына дейін бұрылуға ұмтылады. Егер серіппелердің немесе созылу белгілерінің арқасында Мпр-дің кері әсер ету моментін жасау үшін әрекет етсе, онда қозғалатын бөлік $M_{в}p$ = Mpr теңескен кезде тоқтайды. Өлшенетін шама (ток) анағұрлым үлкен болса, сонша $M_{в}p$ айналмалы сәті және қозғалатын бөліктің бұрылу бұрышы үлкен болады. Бұл жағдайда Мпр = *$к_{a}$а болады*, мұнда ka - бұл серіппенің қаттылығы болып табылады.

Мпр сәті механикалық пружинамен немесе созылу арқылы емес, электрлі қарсы тұру сәтіне байланысты құрылуын*логометрлер* деп атайды. Логометр - бұл екі құрылғының бірігуі болып табылады, олардың бірі – айналмалы сәт, ал екіншісі — қарсы әрекет етіші. Осылайша, логометрдің белгілеуі екі қозғалатын элементтің суреттерінен тұрады (мысалы, - магнитті электрлік логометр).

5.1.2. Электрлі өлшеуіш құрылғыларының негізгі сипаттамалары

Электрлі өлшеу құралдарының негізгі сипаттамалары ЭӨҚ негізгі сипаттамалары болып:

- $A_{н}$ номиналды көлемі — құралмен өлшене алатын физикалық көлемнің ең үлкен шамасы;

- *C* құралының (бөлу құны) тұрақтылығы— шкаланың бір бөлігіне арналған көрсеткіштің ауытқуын тудыратын өлшем көлемінің шамасы. Мәселен, тұрақты ваттметр төмендегідей анықталады

$$C = \frac{P_{\text{ном}}}{n} = \frac{U_{\text{ном}} I_{\text{ном}}}{n},$$

мұндағы,*n* —шкаланың бөліну саны;

- өлшеу қателігі. Абсолютті, азайтылған және салыстырмалы қателерді айқындайды.

*Абсолютті қателік*өлшенетін $A_и$ мен бақыланатын Ад мәннің нақты мәнінің арасындағы айырмашылық:

$$\Delta A = A_{\text{и}} - A_{\text{д}}.$$

Келтірілген дәлсіздік – бұл абсолютті қателіктің пайыз ретінде көрсетілген құрылғының номиналды көлемі болып табылады:

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{н}}} 100\ \%.$$

Келтірілген қателік құрылғының дәлдік классын анықтайды. Дәлсіздіктің классын сипаттайтын сан көбірек келтірілген қателікке сәйкес келеді. Сондықтан прибордың ±0,5 % келтірілген қателігі бар екенін көрсетеді.

Мемлекеттік стандарт бойынша дәлдіктің тоғыз классы орнатылды: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. дәлдік классы құрылғы шкаласында орнатылған:

Қатысты ауытқу — бұл құрылғының абсолютті дәлсіздігінің пайыз есебінде көрсетілген физикалық көлемнің нақты (нақты дәлдікпен өлшенгенге тең деп есептеуге болады) мәніне қатысы болып

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{\text{д}}} 100\ \%,$$

табылады:

Нақты қатысты дәлсіздік өлшемнің дәлдігін анықтайды. Себебі — $у_{пр}$ $А_н$ — $уА_д$, яғни, қатысты дәлсіздік өлшенетін көлемнің нақты мәніне байланысты және оның азаюы кезінде артады.

$$\gamma = \gamma_{\text{пр}} \frac{A_{\text{н}}}{A_{\text{д}}},$$

Сондықтан да өлшемнің дәлдігін арттыру үшін құралдардың шамалары азынан бастап, соңғы үшінші шкаласы шамасында көрсеткіштері орналасатындай етіп таңдау ұсынылады.

Айтарлықтай айырмашылықтары бар көлемдерді өлшеу кезінде көп шектеуі бар құралдарды, яғни, бір өлшем шамасынан екіншісіне ауысуға рұқсат беретін құралдарды қолданады.

5.1.3 Электромеханикалық өлшеу құралдарының конструктивті элементі

Барлық электромеханикалық қондырғылар дизайнерлік айырмашылықтарына қарамастан жалпы бөліктер мен бөлшектерге ие болады: жылжымалы бөліктердің тіреуіштері, есептеу құрылғылары, түзеткіштер, депрессорлар, теңдестіру салмақтары, корпустар.

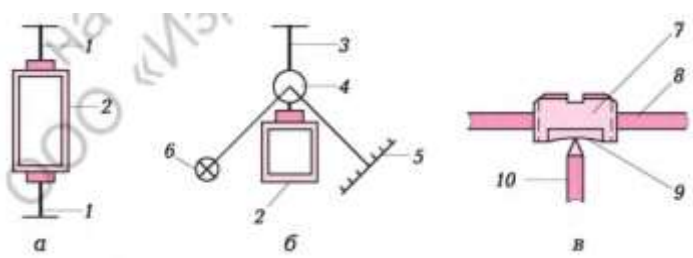
Жылжымалы бөлік (рамка, магнит немесе болат негізі) созылатын бөліктерде (5.3,а-сурет),көтермелерде (5.3, b-сурет) немесе ядрода (5.3, в- сурет) орнатылуы мүмкін.

Есептегіш құрылғы бөлімшелері бар шкаладанжәнежеңіл алюминий көрсеткіші бар белгіден тұрады.Айналы гальванометрлерде индикатордың рөлін жарық сәулесіорындайды.

Реттеуші өлшеуді бастамас бұрын меңзерді нөлге орнату үшін пайдаланылады. Бұл құрылғының алдыңғы панеліне шығарылатын бұранданы және соңында қосылған спиральды серіппені көрсетеді.

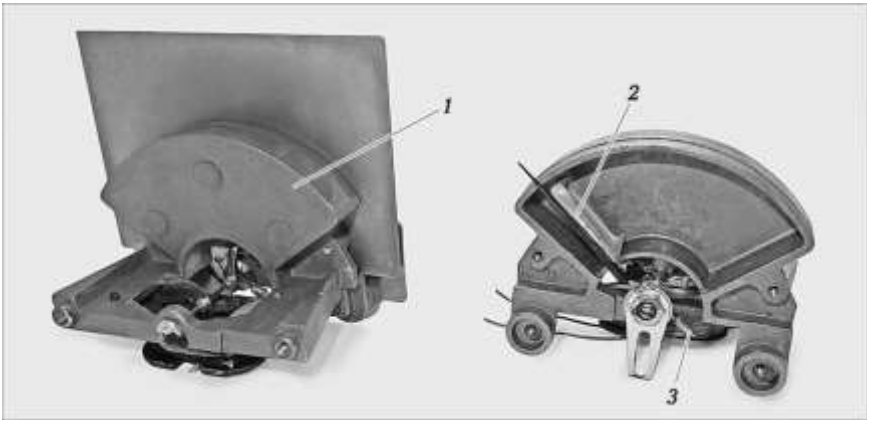
Депрессорлар қозғалатын бөліктің тербелістерін басу үшін қызмет етеді. Ол ауа, сұйық немесе магнитті индукциялы болуы мүмкін. Ауалық депрессорларында, әдетте, жылжымалы жүйемен бірге жабық ауа камерасында 1 (5.4-сурет) 2 жеңіл алюминий қанат жылжиды, ол бәсеңдету күшін шығарады. Арасындағы қашықтық 0,1 мм-ден аспайтын жылжымалы және қозғалмайтын алюминий пластиналары арасындағы сұйық депрессорларда күшті тыныштандыратын әсерді тудыратын тұтқыр сұйықтықтың тамшысы орналасады.

Теңгеру салмақтары қозғалатын бөлікті теңестіруге арналған, яғни оның гравитация орталығын айналдыру осімен біріктіру үшін арналған. Салмақ бұрандалы 3 цилиндр түрінде жасалады (5.4 суретті қараңыз).

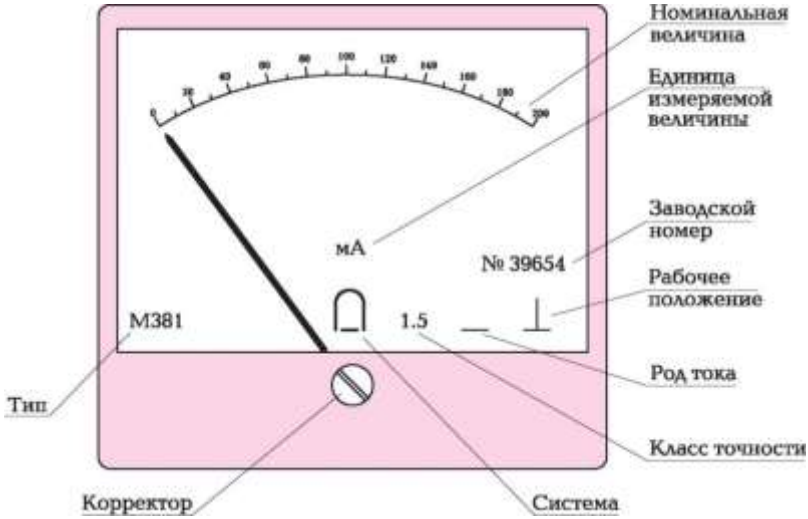


5.3-сурет. Жылжымалы бөліктің тіреуіш түрлері:

а — созылу белгілері; *б* — бәсеңдеткіш; *в*— ядро; *1* — созылу белгілері; *2*— тогы бар рамка; *3* — ядро; *4* — айна; *5* — шкала; *6* — лампа; *7*— ядро; *8* — корпус; *9* — ұя; *10* — ось



5.4-сурет. Ауа депрессоры бар құрылғы:
1 — ауа камерасы; 2 — алюминий қанат; 3 — теңдестіру жүктері



5.5-сурет. Электромеханиканың алдыңғы панелі

Құрылғы корпусы өлшеу механизмін механикалық әсерлерден қорғау үшін қызмет етеді. Құрылғының алдыңғы панелінде түсініктемелер қатарын орналастырады (5.5-сурет).

ПРАКТИКА

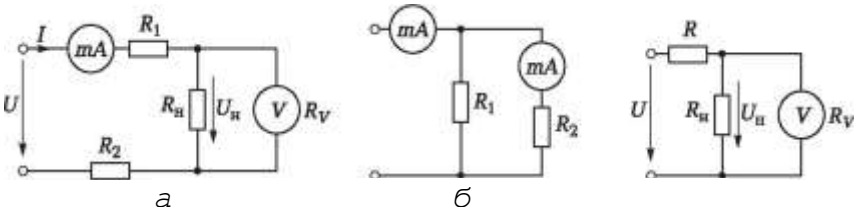
Типті тапсырмаларды шешу мысалдары

1. 5.6, *а,* суретінде схемасы келтірілген электр тізбегінің кірісіндегі кернеу U= 140 В шамасын құрайды. V вольтметрімен өлшенген резистор кернеуі $и_{н.и}$ = 70 В. Резистрлердің кедергілері ~~R_1~~= 1 кОм, R_2= 500 Ом, = 2 кОм. ~~R_V~~ вольтметрінің ішкі кедергілерін және оның абсолютті өлшем дәлсіздігін есептеңіз. ~~*mA*~~ миллиамперметрі вольтметр болмаған жағдайда қандай шама көрсетер еді?

Шешімі. ЭТ-інде V вольтметрдің болмаған жағдайында мінсіз ~~*mA*~~ миллиамперметр токтың қандай шамасын көрсететінін есептеп алайық. Ом заңына сәйкес мынадай ~~*I*~~ = 140 В/3,5 кОм = = 40 мА. Сәйкесінше, шексіз үлкен кедергісі бар мінсіз вольтметр кернеуінің U_{HA} = IR_K= 40 мА-2 кОм = 80 В шамасын көрсету тиіс еді. Бұл расымен де жүктеме кезіндегі кернеудің шамасы болып табылады. Өлшенген шама 70 В-ға тең, яғни вольтметр өлшеу нітижелеріне дәлсіздік енгізді. Абсолютті дәлсіздік келесіні құрайды - U_{HM} = 80 - 70 = 10 В. Сондықтан өлшемнің мұндай үлкен дәлсіздігі R_V вольтметрінің айтарлықтай жеткіліксіз ішкі кедергісімен түсіндіріледі.

Іске қосылған вольтметр кезінде ЭТ ток шамасын есептейік: $I_и$ = (U_1+ R_2) = 70 В/1,5 кОм = 46,7 мА.

R_V есептеу үшін келесі өрнекті қолданайық резисторлар мен R_V параллельді іске қосылған кезде әділетті болады. Танымал шамалардың сәйкес мағыналарын қою арқылы вольтметрдің ішкі кедергілерінің мағынасын табамыз R_V= 5,98 кОм.



5.6-сурет. 5.1 бөлігінің 1 (а), 2 (б) және 5 (в) тапсырмаларына арналған схемалар.

Жауабы. Өлшеудің абсолюттік қателігі 10 В шамасын құрайды. Бұл өлшеу құралы вольтметрдің дұрыс таңдалмауына байланысты, оның кедергісі 5,98 кОм, яғни жүктеме кедергісінен тек 3 есе көп қана. Теориялық тұрғыдан алғанда, вольтметрдің кедергісі кем дегенде жүктеме кедергісінен бір саты жоғары болуы керек. Миллиамметр мінсіз жағдайда 40 мА ток шамасын көрсетуі керек.

2. ЕО кірісіндегі 300 мА номиналды шамасы бар дәлдік класының миллиметрі 250 мА ток шамасын көрсетеді, ал R2 кедергісі бар (5,6, б-сурет) резисторының тармағы 50 мА шамасын көрсетеді. ЕТ толық тогы мен тармақтағы ток ағымының жалпы ағымын өлшеудегі барынша салыстырмалы дәлсіздігін анықтаңыз.

Шешімі. Қатысты дәлсіздік келесі өрнекпен анықталады $y = 100ДА/А_д$.

Максималды абсолютті дәлсіздікті $y_{пр} = 100ДА/А_н$өрнегіне сәйкес есептеп шығаруға болады, мұндағы $y_{пр}$ — нақтылық класымен анықталатын келтірілгендәлсіздік. Осыдан = = $y_{пр}$ $А_н$ /100 = 2,5- 300/100 = 7,5 мА. Сәйкесінше, толық ток өлшемінің қатысты дәлсіздігі y_1 = 100Д $А/А_д$ = 100 • 7,5/250 = = 3 %, ~~R~~$_2$резисторы бар тармақтағы токтың қатысты дәлсіздік өлшемі келесіні құрайды – y_2 = 100Д $А/А_д$ = 100 • 7,5/50 = 15 %.

Жауап. Барлық ЭТ-менжәне ~~R~~$_2$ резисторы бар тармақтағы тұтынылатын ток өлшемінің қатысты салыстырмалы дәлсіздігі, сәйкесінше, 3 және 15% құрайды. Екінші жағдайдағы өлшеудің төменгі дәлдігі миллиметрдің масштабының бастапқы бөлігінде болғандығына байланысты түсіндіріледі. Тармақтағы ток өлшемінің дәлдігін арттыру үшін 75 мА номиналды шамасы бар миллиметрді пайдалануыңыз керек.

Өзіндік шешім үшін арналған тапсырмалар мен сұрақтар

3. ЕТ-ге енгізілген амперметр токтың 0,52 А ағымдағы мәнін көрсетеді, ал нақты ток мәні 0,5 А шамасын құрайды. Өлшеудің абсолютті және салыстырмалы қателіктерін анықтаңыз.
4. 100 мА номиналды мәні бар 2.5 миллиметрлік дәлдік класы пайдаланылса, онда ток өлшеудің абсолюттік қателігі қандай?
5. ЕТ-де 5.6, в суретінде көрсетілген схема бойынша U = 100 В, R = 2 000 Ом, ҚР = 3 000 Ом, Вольтметрдің кедергісі RV = 6 000 Ом. Кернеуді өлшеудің абсолюттік қателігін анықтаңыз.

6. 300 В номиналды шамасы бар магнитті электрлік вольтметр жүйесі 60 бөлінгіші бар шкаланы иеленеді. Құрылғының тұрақты (бөлу бағасын) анықтаңыз.

7. миллиметрлік дәлдік сыныбы көмегімен нақты мәні 400 мА шамасына тең өлшенетін ток өлшенді. Құралдың бір өлшеу шегінде оның шамасы $A_{ном1}$ = 500 мА құрады, екіншісінде - $A_{ном2}$ = 2 000 мА болды. Екі жағдайда да салыстырмалы өлшем қателігін анықтаңыз

БАҚЫЛАУ ТЕСТІЛЕРІ

1. Өлшеу түсінігі нені білдіреді?

а) ток, кернеу, қарсылық, кедергі, қуат, сыйымдылық және т.б. өлшемі;

б) техникалық құралдардың көмегімен эксперименттік жолмен физикалық мөлшерді анықтау;

в) субъективті әдіспен электрлік шамаларды бағалау;

г) жоғарыда аталғандардың барлығы

2. Электромеханикалық өлшеу құралдарымен қандай өлшемдер тікелей өлшенеді?

а) кернеу, күш, салмақ, жылдамдық;

б) ток күші, кернеу, кедергі, электр қуаты, электр энергиясы, сыйымдылық, индуктивтілік;

в) температура, кедергі, деңгей, қысым, жарықтылық, кернеу;

г) дұрыс жауап жоқ

3. Электромеханикалық өлшеу құралдарының негізгі құрылымдық элементтерін көрсетіңіз.

а) мойынтіректер, көрсеткілер, шыны, монтаждық бұрандалар, құрылғыны нөлге теңшеу үшін арналған құрылғы;

б) тұрақты магнит, электр магниттері, электромагниттік реле, сымдар;

в) жылжымалы бөлік, есептпеуге арналған құрылғы, түзеткіш, депрессор, теңдестіру жүктемелері, корпус;

г) барлық аталған элементтер

4. Көрсетілген көрсеткіштердің қайсысы алдыңғы құрылғы тақтасын көрсетеді?

а) номиналды көлемі;

б) дәлдік класы;

в) өлшенетінкөлемнің бірлігі;

г) барлық аталған көрсеткіштер

5. Көрсетілген көрсеткіштердің қайсысы электрлік құрылғылардың негізгі көрсеткіштеріне қатысты?
   а) номиналды көлем;
   б) бөлу бағасы;
   с) дәлдік класы;
   d) барлық аталған көрсеткіштер
6. Көрсетілген дәлсіздіктердің қайсысы қателердің негізгі түрлерімен байланысты?
   а) абсолютті;
   б) келтірілген;
   в) қатысты;
   d) жоғарыда аталғандардың барлығы

КОНСТРУКТИВТІ СХЕМАЛАРЖӘНЕ ӘР ТҮРЛІ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЭЛЕКТР ӨЛШЕУІШ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ ӘРЕКЕТ ЕТУ ҚАҒИДАЛАРЫ

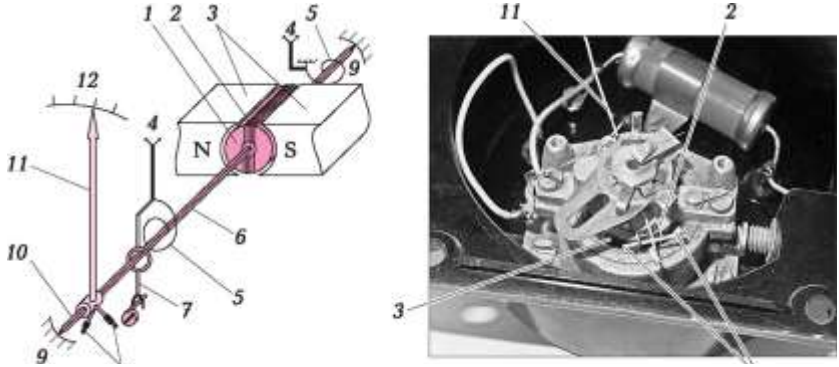
ТЕОРИЯ

5.2.1. Магнитті электрлі құралдар

Электрлік өлшеу құралдарының төрт негізгі жүйесі бар: магнитті электрлік; электромагниттік; электродинамикалық; индукция. Осы жүйелердің әрқайсысының құрылғылары қозғалатын бөліктің бұрыштық ығысуына электр санын есептеудің принципі мен құрылысы бойынша ерекшеленеді.

*Магнитті электрлі*құрылғыларда айналмалы сәт тұрақты магнит және тогы бар өткізгіштің (рамкалар) магнитті өрістерінің өзара қарым-қатынасынәтижесінде пайда болады.

Магнитті электрлік қондырғының жылжымалы шарғыларымен өлшеу механизмі (5.7, а-сурет) тұрақты 3 магнитінен, 2 рамкадан немесе алюминий жақтауда 1 немесе рамасыз орындалатын, шығыс қысқыштары 4, спиральды серіппелер 5, ток өткізуші шиналар 6, корректорлар 7, теңдестіру жүктемелермен 8, бекітпе 9, осьтер 10, көрсеткіштер 11, таразылардан 12 тұрады. Магнитті электрлік вольтметрдің өлшеу механизмінің фрагменті 5.7, b суретінде көрсетілген. Өлшенетін физикалық шамаға пропорционалды ток 4 қысқышқа өткізіледі және 5 спиралды серіппелер арқылы 6 ток өткізгіш шиналар 10 осьте *2 рамкаға жақындайды*.



5.7-сурет. Магнитті электрлі жүйелердің құралдары: а — конструктивті схема; б — өлшем механизмінің бөлігі; 1 — алюмин каркас; 2 — тогы бар жиек; 3 — тұрақты магнит; 4 — қысқыш; 5 — серіппелер; 6 — ток өткізгіш шина; 7 — корректор; 8 — баланстаушы жүктемелер; 9 — тіректер; 10 — ось; 11 — көрсеткі; 12 — шкала

Ампердің формуласына сәйкес В индукциясының тұрақты магнит өрісіндегі *I* токтың жиегіне айналмалы сәт әсер етеді:

$$Мвр = c_м Ш,$$

мұндағы, $c_м$ — конструктивті коэффициент.

$М_{пр}$ сәтіне қарсы $к_а$ қаттылық коэффициенті бар механикалық серіппе құрылады. Шкаланың теңдеуін $М_{вр} = М_{пр}$ сәттерінің теңдігі негізінде аламыз. Бұл жағдайда $c_м B1 = k_а a$, $a = (c_м B/к_а)1$ қайдан шықты? $к_1 = c_м B/к_а$ белгілерін ұсына отырып, біз $a = k_1 I$ иеленеміз.

Шкаланың теңдеуі екі тұжырым жасауға мүмкіндік береді.

1. Магнитэлектрлік құрылғы токтың полярлығына сезімтал, яғни ток бағыты өзгерген кезде, оның жылжымалы жүйесінің ауытқу бағыты да өзгереді. Демек, құрылғыны айнымалы бөліктің инерциясына байланысты айнымалы ток желісіне қосқан кезде, есептеу құрылғысы нөлдік күйінде қалады, яғни құрылғы ауыспалы токты өлшеуге арналмаған.

2. Құрылғының ауқымы біркелкі.

Магнитті электрлік құрылғылардың *артықшылықтары*: жоғары дәлдік (0,1-ге дейінгі дәлдік класы), өзіндік энергияны төмен тұтыну, сыртқы өрістердің әлсіз әсері (тұрақты магниттен күшті ішкі өріс).

Кемшіліктері: жобалаудың күрделілігі және төмен жүктеме қабілеттілігі, яғни номиналды токтардан жоғары токтарға және кернеулерге төзімділік қабілеті (ток өткізгіш серіппелер мен ток өткізгіш шиналардың жануы).

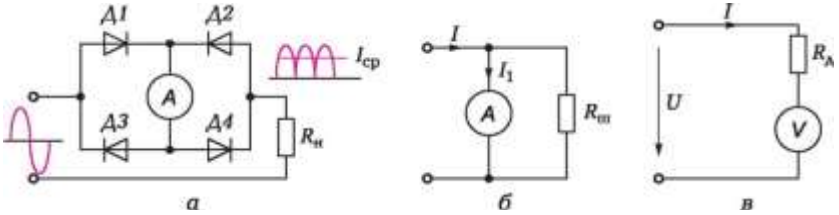
Магнитэлектрлік құрылғылар, негізінен, тұрақты электр тізбектерінде амперметрлер, вольтметрлер, омметрлер ретінде қолданылады.

Осы жартылай өткізгіш түзеткіш құрылғылармен бірлесіп ағымдағы айнымалы токты өлшеу үшін пайдаланылуы мүмкін (5.8, асурет). Бұл жағдайда, құрылғы көрсеткішінің ауытқуы импульсты токтың орташа құнына пропорционалды. Ауқымы өлшенген көлемнің әрекет етуші шамаларында белгіленген болуы мүмкін.

Магнитті-электрлік жүйелердіңқұрылғыларында көрсеткіні тыныштандыру - магниттік индукция деп аталады. Жылжымалы жүйені алюмин каркасты тұрақты магниттің магнитті өрісіне ауыстыру кезінде құйынды токтар пайда болады, олардың магниттіөрістермен бірге өзара іс-әрекеті Ленц ережелеріне сәйкес жүйе қозғалысын тежейтін қарама-қарсы күштің пайда болуына әкеледі.

Кіші токтарды (20 ... 30 мА) өлшеу үшін магнитті электр қондырғысының өлшеу механизмі тікелей тізбекке сәйкесінше қосылады. Егер токтар 30 мА шамасынан жоғары болса, онда Ізв үлкен токтыІјшағын токқа түрлендіретін өлшеу тізбесі қолданылады (5.8, б-сурет). Бұл өлшеу қондырғысына параллель арнайы шунттау резисторын қосу арқылы қол жеткізіледі. Көптеген ток өткізгіштігішунт арқылы келеді, оның кедергісі құрылғының өлшеу механизмінің кедергісінен әлдеқайда аз болып табылады.

Осылайша, өлшеу механизміне параллель ампермер өлшеу шектерін кеңейту үшін кедергісі аз кедергі — шунтты іске қосады.



5.8-сурет. Магнитті электрлі жүйенің ӘӨҚ өлшем тізбегінің өлшем кезіндегі схемасы:
а — ауыспалы ток; б — үлкенток; в — үлкен кернеу

Өлшеу механизмі бар вольтметрлерде құрылғы жауап беретін ~~U~~в өлшем көлемін I аралыққа ауыстыратын ~~Яд~~ (5.8, ~~в сурет)~~ қосымша резистор іске қосылады.

Осылайша, вольтметрдің өлшеу диапазонын оның өлшеу механизмімен бірге кеңейту үшін айтарлықтай кедергісі бар резистор іске қосылады.

5.2.1. Электромагнитті құрылғылар

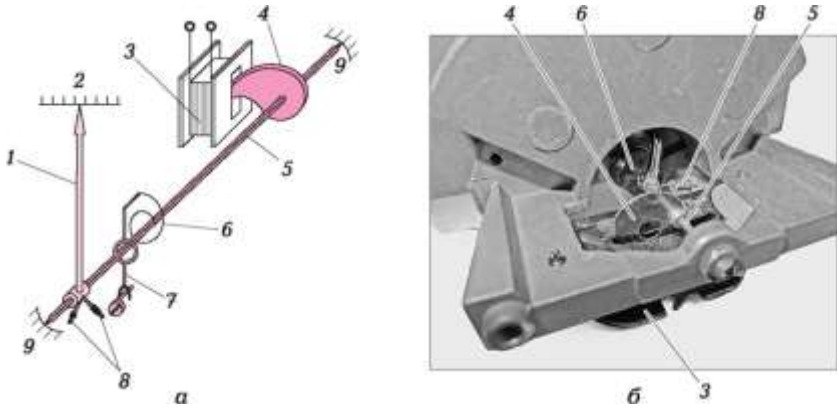
Электромагниттік құрылғының өлшеу механизмінің құрылымдық схемасы 5.9, а суретінде көрсетілген. 5.9, b суретте электромагниттік вольтметрдің өлшеу механизмінің бөлігіберілген.

3 шарғысында *I* тоғының ағыны кезінде*Iw*,а магниттелетін күш генерацияланады, демек, 4 өзекшесі $M_{эм}$ электромагнит сәтінің әсерімен шарғы ішіне енгізіледі:

$$M_{эм} = C_M(I_w)^2,$$

мұндағы, $C_м$ — конструктивті коэффициент.

Электромагниттік сәт 6 серіппе арқылы жасалатын қарсы сәтпен теңдестіріледі: $M_{эм} = M_{пр} = к_а a$. Осыдан $c_M(Iw)^2 = k_a a$шкала теңдеуі де келесіге айналады $a = (c_M w^2/k_a)1^2$. Сипаттамаларды енгізе отырып, келесіні аламыз $a = k_2 I^2$.



5.9-сурет. Электромагнитті жүйенің электр өлшеуіш құралы: а — конструктивті схема; б — өлшеуіш механизмінің бөлігі; 1 — көрсеткі; 2 — шкала; 3 — шарғы; 4 — өзекше; 5 — ось; 6 — серіппе; 7 — корректор; 8 — теңестіруші жүктемелер; 9 — тіреуіштер

Шкала теңдеуінен екі тұжырым аламыз.

1. Көрсеткі ауытқуының бағыты ток бағытына байланысты емес, өйткені ауытқу бұрышы ток шаршысына пропорционалды. Демек, атқарушы механизм тұрақты токты, сонымен қатарауыспалы токтың әрекет етуші мағынасын өлшеу үшін де жарамды.

2. Құралдың ауқымы біркелкі емес. Біртектілікті арттыру үшін арнайы пішіндегіөзекше пайдаланыңыз.

Құрылғының *артықшылықтары*: қарапайымдылығы, жоғары жүктеме қуаты, себебі ток өткізгіш серіппелер жоқ.

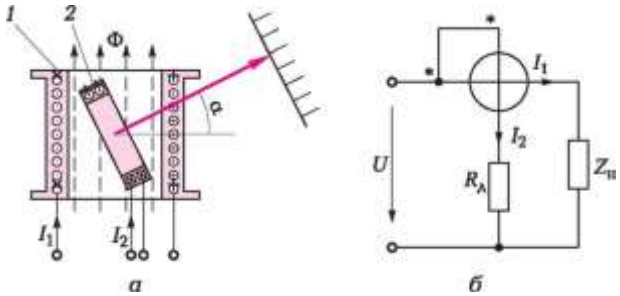
Кемшіліктері: төмен дәлдік, айтарлықтай ішкі энергияны пайдалану, сыртқы магнит өрісіне тәуелділік (өз өрісі әлсіз).

Электромагниттік жүйенің аспаптары көбінесе амперметрлер мен вольтметрлер ретінде ауыспалы ток тізбектерінде қолданылады

5.2.2. Электродинамикалық құралдар

Электродинамикалық жүйенің құрылғылары 5.10, а суретінде көрсетілгендей схемаға сәйкес орындалады.

Электродинамикалық құрылғыда стационарлық шарғылар I_2 және бекітілген шарғылардың магнит өрісінде орналасқан жылжымалы шарғылар 2 бар. Ток I_2 қозғалыстағы шарғылардың орамасынан өткен кетсе, ол дамыған электромагниттік сәтсеріппемен пайда болған қарама-қарсы сәтке тең болғанша стационарлық шарғылар ішінде айналып тұрады.



5.10-сурет. Электродинамикалық жүйенің электр өлшеуіш құралдары: а— әрекет қағидасын сипаттайтын схема; б— шарғыларды іске қосу схемасы; 1— қозғалыссыз шарғы; 2— қозғалысты шарғы

Шын мәнінде бұл магнитті электрлік жүйенің құралы, онда тұрақты магнит 1 шарғысымен бірге электромагнитке алмастырылған. Құрылғының шарғыларын іске қосу тізбегі 5.10, b суретінде келтірілген. Құрылғының өлшеу механизмінің фрагменті 5.11 суретінде көрсетілген.

Өйткені, қозғалыссыз шарғылардың магнит өрісі I_1 тогы арқылы жасалады және қозғалысты шарғының орамында I_2 тогы өтеді, онда

$$M_{эм} = c_м I_1 I_2.$$

Осылайша, шкала теңдеуі $a = (c_м/к_a)1_1 1_2$ түрін алады. Егер қозғалысты шарғығажүктемеде қолданылатын кернеуді қолданса және жүктеме тогын қозғалмалы шарғылар бойындаөткізсе, онда біз төмендегіні иеленеміз

$$\alpha = k_3 UI = k_3 P,$$

Мұндағы, k_3 — конструктивті коэффициент.

Осылайша, құрылғы көрсеткішінің ауытқуы тұтынатын жүктеменің қуатына пропорционалды болады.

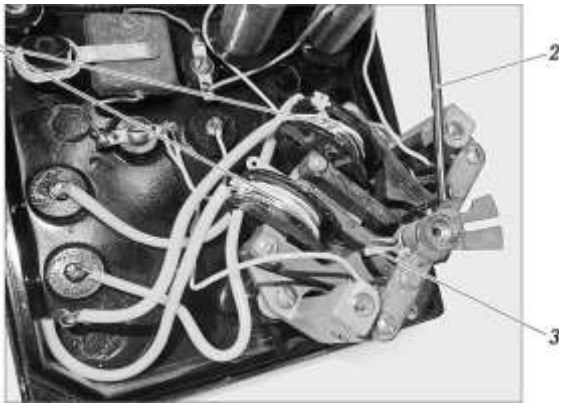
Шкала теңдеуінен екі қорытынды жасауға болады.

1. I_1 және I_2 токтарының бағыттары бойынша бір уақытта өзгерген кезде, көрсеткі ауытқуы өзгермейді. Құрылғы тұрақты және ауыспалы токты өлшеу үшін жарамды.

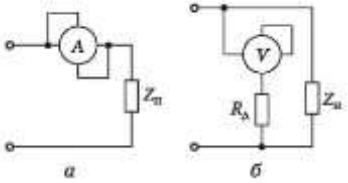
2. Құралдың ауқымы әдетте біркелкі емес, бірақ қолданылатын кернеудің тұрақты мәнімен сызықты болуы мүмкін.

Құрылғының *артықшылығы* жоғары дәлдікпен (темір бар бөліктер жоқ) сипатталады.

Кемшіліктері: өзіндік тұтыну, сыртқы магниттік өрістерге жоғары сезімталдық, өндірістің күрделілігіне байланысты жоғары құны.



5.11-сурет. Электродинамикалық жүйе құралының өлшеу механизмінің бөлігі: *1* —қозғалыссызшарғылар; *2* — көрсеткілер; 3 — қозғалысты шарғы



5.12-сурет. (а) ток және (б) кернеуді өлшеу кезінде электродинамикалық жүйенің ЭӨҚ өлшеу тізбегінің схемасы

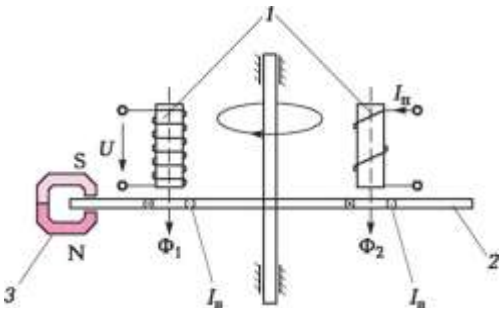
Құралдар көбінесе қуатты өлшеу үшін айнымалы ток тізбектерінде қолданылады. Сонымен қатар, индустрия дәл өлшеу үшін қолданылатын 0,1-ге дейінгі дәлдік класының электродинамикалық амперметрлер және вольтметрлерді өндіреді. ЕТ-де осындай құрылғыларды қосу сұлбасы 5.12 суретінде көрсетілген.

Амперметрде екі шарғылар бір-біріне параллель және бірізділікпен вольтметрде Z_w а жүктемесімен және $Л_д$ қосымша резисторында, содан кейін $Z_К$ жүктемесімен параллель қосылады.

Алдында қарастырылған жүйелердің құрылғыларынан айырмашылығы, электродинамикалық жүйенің (ваттметр) құрылғысы корпуста төрт қысқышты иеленеді: *I, I** және *U*,—U*. Амперметр мен вольтметрде корпуста тек екі қысқыш бар, өйткені шарғылардың өзара байланысы құрылғының ішінде жасалған.

5.2.3. Индукциялық құрылғылар

Индукциялық құрылғының жұмыс қағидасы (5.13-сурет) жылжымалы 2 алюминий дискісіндегі осы ағындармен туындаған $1_в$ ағынды токтармен бірге $Ф_1$ және $Ф_2$ айнымалы магниттік ағындарының өзара әрекеттесуіне негізделген. Демек, индукциялық құрылғылар тек айнымалы ток тізбектерінде ғана қолданылуы мүмкін. Олар негізінен электр есептегіш ретінде пайдаланылады.



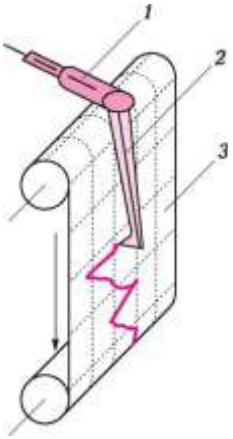
5.13-сурет. Индуктивті жүйе құрылғысының шартты конструктивті схемасы:
1 — электромагниттер;
2 — алюмин дискісі;
3 — тұрақты магнит

1 электромагниттерінің бірі жүйеге параллельді қосылады, ал екіншісі — сәйкесінше жүктемемен қосылады, яғни, $Ф_1 = k_1U$,а $Ф_2 = к_21_н$. Бұл жағдайда$М_{вр} = ки1_н$cosср = $кР$,айналмалы сәті, яғни, қолданылатын жүктеменің Р белсенді қуатына пропорционалды болып табылады.3 Тұрақты магнитпен құрылатын қарсы әрекет етуші сәт $М_{пр}$, п дискісінің айналым жиілігіне пропорционалды болып табылады: $М_{пр} = к_а n$.

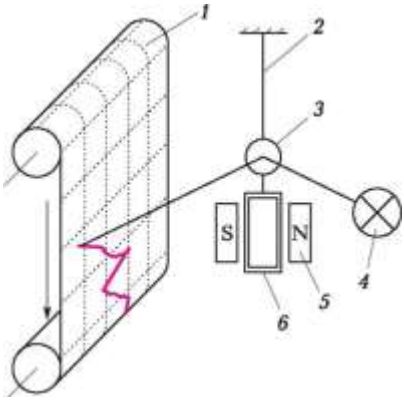
$М_{вр}$ = = $М_{пр}$ жылжымалы дискінің тұрақты жылдамдық жиілігіндесәйкесінше, Р қолданылатын қуат шығыны дискінің айналу жылдамдығына (Р = *кп*) пропорционалды және W шығыны *t (W= Pt)* бір уақытта N айналымының жылдамдығына (N = nt) пропорционалды. Осылайша, дискідегі революцияның саны *W*: *N= $к_4W$* энергия тұтынуын анықтайды. Электр энергиясын өлшеу шкаласы киловатт-сағатпен (кВт / сағ) аяқталады.

5.2.4. Өздігінен жазушы және тіркеуші құралдар

Алдында қаралған барлық құрылғылар көрсетуші болып табылады. Оған қоса, іс жүзінде олар өздігінен жазатын (ұзақ уақыт бойы оқуға арналған жазуды) және жазу құралдарын (жылдам процестерді суретке түсіру үшін) пайдаланады.



5.14-сурет. Өздігінен жазушы құрал:
1— көрсеткі осі; 2— сия мен қауырсын; 3— қағаз

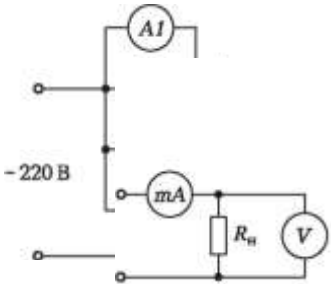


5.15-сурет. Тіркеуші құрал: 1 — фотоқағаз; 2 — ілу; 3 — айна; 4 — шам; 5 — тұрақты магнит; 6 — тогы бар жиек

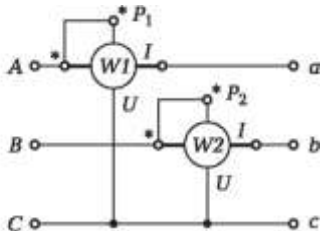
өздігінен жазу құралдар көрсеткіш сияқты сол жүйелерде құрылады, бірақ соңғысынан айырмашылығы өздігінен жазу құралының көрсеткіші (1 көрсеткішінің осі – 5.14-сурет) 2 қауырсынымен байланысты, ол сия көмегімен тұрақты жылдамдықты қозғалыстағы 3 қағазымен жазбаны жүзеге асырады.
Тіркеуші құралдар ретінде (5.15-сурет) электромеханикалық осциллографтар (жарық сәулелі) қолданылады. Осциллографтың негізгі элементі болып магнитті электр жүйесінің кішігірім айна құралы – гальванометр қолданылады.
Әдетте, жарық сәулелі осциллограф бірнеше гальванометрді иеленеді, ол бірнеше бақыланатын параметрлерді бір уақытта тіркеу үшін мүмкіндік береді.

ПРАКТИКА
Типті тапсырмаларды шешу мысалдары

1. 220 в кернеулі жүйеге P=3 квт қуаты бар жылытқыш іске қосылған. Тәжірибе кезінде ЭТ-інде өтетін жылытқышы бар токты бақылау керек. Зертханада Іном=5 А номиналды көлемі бар төрт амперметр бар, бірақ олардың ішкі кедергілері әр түрлі: R1=0,15 Ом, R1=0,18 Ом, R1=0,16 Ом, R1=0,2 Ом.
Тізбекке қалай және неше құрал қосу керек және олар токтың қандай шамасын көрсетеді?
Шешімі. Жылытқыш қолданатын токты есептейміз: I=P/(U cosφ)=3000/220*1=13,64 А.
Мұндай токты өлшеу үшін кем дегенде параллельді қосылған үш амперметр керек. Олардың ішкі кедергілерінің айтарлықтай шашырауын ескере отырып, тізбекке барлық төрт құралды ток көзіне қосамыз. (5.16-сурет)



а



б

Барлық параллельді іске қосылған амперметрлердің эквивалентті кедергісін табамыз: r0=1/(1/r1+1/r2+1/r3+1/r4)=1/(6,67+5,56+6,25+5) =0,0426 ом.
Жылытқыш арқылы ток өткен кезде ампетрметр кернеуінің түсімін есептейміз: UA=1r=13,64*0,0426=0,58В.
Осы кернеудің әсерінен әр бір амперметрде ішкі кедергісіне кері пропорционалды ток өтеді. Сондықтан А1 амперметрі келесі ток мәнін көрсетеді I1= UA/r1=0,58/0,15=3,87А, амперметр а2-3,22А, А3-3,63А, А4-2,9А. Сомасында барлық төрт амперметр 13,62 А шамасын көрсетеді, ол практикалық түрде жылытқыш қолданатын токтың есептелген шамасымен сәйкес келеді.

Жауабы. Жылытқыш арқылы токты өлшеу үшін, 5 А номиналы бар параллельді төрт амперметрді қосу ұсынылады. Көрсеткіштерді қорытындылау есептік мәнге жақын ток шамасын береді, бұл ретте әрбір амперметр құрылғының ішкі кедергісімен анықталған оның ағымдағы мәнін көрсетеді.

2. Айнымалы ток тізбегінде өлшеу үшін магнитті электр жүйесі құрылғысын пайдалануға бола ма?

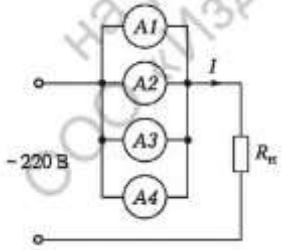
Жауабы. Тікелей - жоқ. Егер өлшеу тізбегіне түзеткіш қосылса, онда мүмкін. Бұл жағдайда өлшеу механизмі өлшенген мәннің орташа мәніне жауап береді, ол толық толқындық түзеткіш үшін нақты мәннен 11% төмен мәнді көрсетеді. Осылайша, егер құрылғы 198 В көрсетсе, онда кернеудің ағымдағы мәні 220 В болады.

Көптеген жағдайларда түзеткішті магнитті электрлік жүйенің ауқымы ағымдағы және кернеудің ағымдағы мәндерінде аяқталады.

Өзіндік шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

3. Схемасы 5.17, а суретінде көрсетілген тізбекке қосылған миллиамперметр мен вольтметр, сәйкесінше, 8 мА және 16 көрсетеді. Жүктеме кедергісін және оның қолданатын қуатын өлшеу құралдарын мінсіз ретінде есепке алып анықтаңыз.
4. Үш фазалы қозғалтқыштың біріне қосылған ваттметр 1,2 квт қуатын көрсетеді. Қозғалтқыштың қуат коэффициенті паспорттық дерекке сай 0,9-ға тең. Қозғалтқыш қолданатын толық қуат нешеге тең?

5.16-сурет. Амперметрлерді 5.2 бөлімінің 1 бөлігіне қосу схемасы



5.17-сурет. 5.2 бөлімінің 3 (а) және 5 (б) бөліктеріне тапсырмаларды енгізу ЭТ схемасы.

5.18-сурет. Жүйенің атаулары, оның шартты графикалық сипаттамалары мен электронды механикалық өлшеу құралдарының теңдеуі шкаласы арасындағы сәйкестік (5.2-бөлімнің 7-тармағына сәйкес)

5. ЕТ енгізілген екі ваттметр (5.17, б-сурет) 3.6 кВт қуаттылықты көрсетеді. Барлық үш фазалы ЕТ және әрбір фазамен тұтынылатын қуатты анықтаңыз.
6. Үшбұрышпен қосылған үш фазалы қозғалтқыштың біріндегі амперметр 2.8 А шамасын көрсетеді. Қозғалтқыш тұтынатын желілік ток қандай? Егер зертханада 3А номиналы бар тек амметрлер болса, оны қалай өлшеуге болады?
7. 5.18 суретінде жүйенің атауы, оның әдеттегі графикалық таңбалары және электромеханикалық өлшеу құралдарының масштабы теңдеуі арасындағы сәйкестік сызығын көрсетіңіз.

ҚОРЫТЫНДЫ ТЕСТІЛЕР

1. Магнитэлектрлік жүйе құрылғы жұмысының негізінде не бар?
   а) шарғылардың және ферромагниттік өзекшенің магниттікөрісіндегі өзара әрекеттестік;
   б) тұрақты магнит өрісінің және ағымдық ток жиегінің өзара әрекеттесуі;
   в) жылжымалы және стационарлық шарғылардағы магнит өрісінің өзара әрекеттесуі;
   г) айнымалы магниттік өрістердің өздері тудырған толқынды токтармен өзара әрекеттесуі
2. Электродинамикалық жүйе құрылғысының жұмысы негізінде не бар?
   а) шарғылардың және ферромагниттік өзекшенің магнит өрісінің өзара әрекеттестігі

б) Тұрақты магнит өрісінің және ағымдағы ток жиегінің өзара әрекеттесуі;
в) жылжымалы және стационарлық шарғылардың магнит өрісінің өзара әрекеттесуі;
г) айнымалы магниттік өрістердің өздері тудырған толқынды токтармен өзара әрекеттесуі

3. Электромагниттік жүйе құрылғысының негізі қандай?
а) шарғылардың және ферромагниттік өзекшенің магнит өрісінің өзара әрекеттестігі;
б) Тұрақты магнит өрісінің және ағымдағы ток жиегінің өзара әрекеттесуі;
в) жылжымалы және стационарлық шарғылардың магнит өрісінің өзара әрекеттесуі;
г) айнымалы магниттік өрістердің өздері тудырған толқынды токтармен өзара әрекеттесуі.

4. Индукциялық жүйе құрылғысының негізі қандай?
а) шарғылардың және ферромагниттік өзекшенің магнит өрісінің өзара әрекеттестігі;
б) Тұрақты магнит өрісінің және ағымдағы ток жиегінің өзара әрекеттесуі;
в) жылжымалы және стационарлық шарғылардың магнит өрісінің өзара әрекеттесуі;
г) айнымалы магниттік өрістердің өздері тудырған толқынды токтармен өзара әрекеттесуі

5. Электромагниттік жүйе құрылғысымен ауыспалы токты өлшеуге болады ма?
а) болады;
б) тек ток шамасы аз болғанда мүмкін;
с) ықтимал, бірақ белгілі бір шегінде;
г) мүмкін емес.

6. Электромагниттік жүйенің көмегімен тікелей токты өлшеуге болады ма?
а) болады;
б) не мүмкін емес льзя;
в) ықтимал, бірақ белгілі бір шегінде;
г) тек ток шамасы аз болғанда мүмкін.

7. Магнитэлектрлік құрылғымен ауыспалы токты өлшеуге болады ма?
а) болады;
б) тек ток шамасы аз болғанда мүмкін;
с) ықтимал, бірақ белгілі бір шегінде;
г) мүмкін емес.

8. Электродинамикалық жүйенің құралы қандай қуатты өлшейді?
   а) толық;
   б) белсенді;
   в) реактивті;
   г) индуктивті
9. Қандай жүйелік құрылғы біркелкі масштабқа ие?
   а) магнитті электрлі;
   б) электромагниттік;
   в) индукция;
   г) мұндай масштабта құрал жоқ
10. Көрсеткішті ұзақ уақыт бойы жазу үшін қандай құралдар қолданылады?
   а) тіркеу;
   б) интеграция;
   с) көрсету;
   г) өздігінен жазу
11. Жылдам процестерді суретке түсіру үшін қандай құралдар қолданылады?
   а) өздігінен жазу;
   б) тіркеу;
   в) көрсету;
   г) интегралдау

5.3. ЭЛЕКТРОНДЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ

ТЕОРИЯ

5.3.1. Электронды өлшеуіш құралдарының ерекшеліктері

Электромеханикалық өлшеу құралдарынан басқа электронды құрылғылар инженерлік кеңістікте кең қолданылады. Бұл олардың келесі артықшылықтарына байланысты:

- жоғары сезімталдық, яғни аз шамалардың сигналдарын өлшеу мүмкіндігі;
- Зерттелетін тізбектен төмен энергия шығыны, яғни жоғары кіріс кедергісі;

■ зерттелетін сигналдың кең диапазоны.

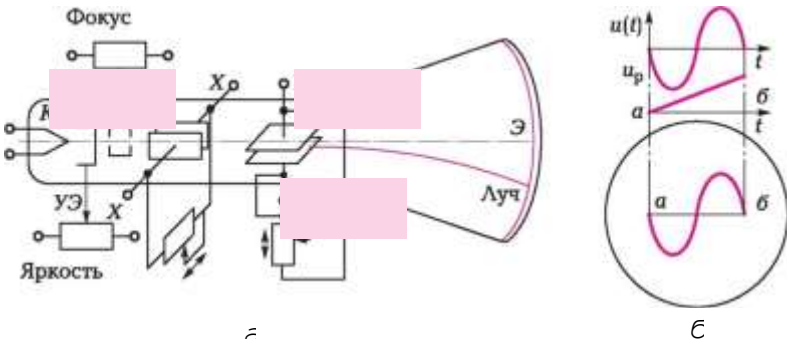
Барлық осы артықшылықтар бірқатар өлшеу құрылғылар қатарына электрондық құрылғылардың енгізілуі арқылы мүмкін болды: .. күшейткіштер, генераторлар, импульстік құрылғылар, түзеткіштер, реттегіштер және т.б. Осы құрылғыларды, соның ішінде жоғары коэффициентті күшейткіш және жоғары кіріс кедергісі бар құрылғылардың қолданылуы құрылғылардың сезімталдығын айтарлықтай жақсартады және тізбектен қуат шығынын азайтады және соған сәйкес құрылғылардың зерттеу барысында тізбектің жұмыс режиміне әсерін болдырмайды. Сезімталдығы өзгермейтін жиілік диапазоны 20 МГц дейін кеңейтіледі, ал электромеханикалық құрылғылар үшін бұл диапазон 45 ... 1500 Гц-ке дейін кеңейтілуі мүмкін.

Әрине, электрондық құрылғыларды пайдалану құрылғының дизайнын қиындатады, оның жалпы өлшемдерін және салмағын арттырады және сенімділікті төмендетеді. Дегенмен, электрондық құрылғылар басқа құрылғылар шеше алмайтын проблемаларды шешуге мүмкіндік береді. Электрондық осциллографтар, электрондық вольтметрлер, электронды өлшеу генераторлары сияқты жалпы мақсаттағы электронды құрылғылар техникада кеңінен қолданылады.

5.3.2. Электронды-сәулелі осциллограф

Электрондық-сәулелік осциллограф уақытша өзгеретін электрлік көлемдерді - кернеу, жиілік, токты көзбен байқау және жазу үшін арналған.

Құрылғының негізгі бөлігі - электронды сәулелі деформациясы бар электр-сәулелі түтік (ЭСТ) (5.19, а-сурет).



5.19-сурет. Осциллографтың электронды-сәулеліктүтігі:
а — конструктивті схема; б — осциллограф экранында бейне қалыптастырудың схемасы

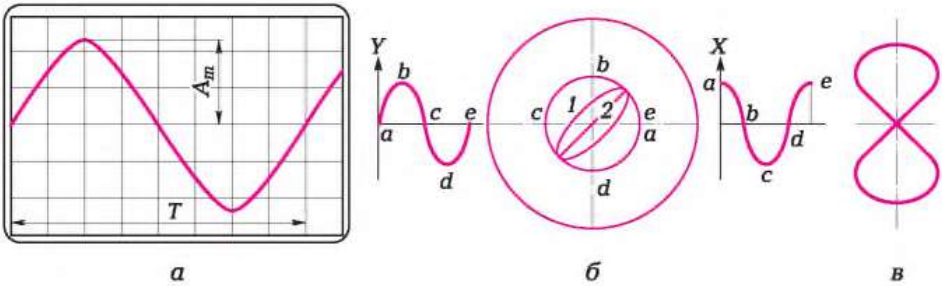
Ол жарықты реттейтін ЖР электродтың, электронды сәулені шоғырландыратын А анод тобынан, көлденең және тігінен қолданылатын сигналдарға сәйкес электронды сәулені бұрап шығаратын екі жұп тақтайшадан (X-X, Y-Y), жарық экраннан тұрады.

Y-Y пластиналары тік бағытта, X-X - көлденең жазықтықта сәулені бұруға арналған. Пластиналарға берілетін сигналдар тиісті күшейткіштер арқылы өтеді (тік және көлденең арналар). Егер YY кірісінде ешқандай сигнал болмаса және X-X арна ажыратылса, электрондық сәуле экранның ортасында көрсетіледі. Кескінді тігінен немесе көлденең жылжыту үшін құрылғының алдыңғы тақтасында тиісті тұтқалар ($ ♦ ♦) көрсетіледі.
Мерзімді үдерісті бақылау үшін u (t) зерттеу сигналы Y-Y тік пластиналарына беріліп, X-X көлденең пластиналарына ара тәріздес ток кернеуі беріледі, ол кезең зерттелетін сигналдың кезеңіне немесе оның санынан асатын бүтін санға тең.

Егер u (t) = 0 болса, онда көлденең сызық экранда көрінеді. Егер u (t) Ф 0 болса, экранда тік кернеу пайда болады, ол сканерлеу кернеуі $и_р$ дейін болғанда өзгереді (5.19, б-сурет). б-тармақта $и_р$ кернеу бірден нөлге дейін төмендейді, сәуле б нүктеден а нүктеге дейін бірден жылжиды және процесс қайтадан қайталанады. Нәтижесінде, осциллограф экранында зерттелетін сигналдың бейнесі пайда болады. Экранда жарық инерциясы бар, бұл процесстің үздіксіз бейнесін жасайды. Горизонталды ауытқу кең жиілік диапазонына ие болатын кернеу генераторы арқылы жасалады. Бұл оншақты герцтен ондағанмегагерцке дейінгі ауқымда сигналдарды тексеруге мүмкіндік береді.

Электронды осциллографтың көмегімен мерзімді процесті бақылаудан басқа, зерттеу барысында сигналдың амплитудасы мен жиілігін өлшеуге болады. Ол үшін қосымша құрылғылар пайдаланылады: калибрленген кернеу көзі, тұрақтандырғыш генераторлар, уақыт бірлігінде бағалау және т.б

Егер осциллографтың қозғалыссыз бейне экранында синусоидалы сигнал болса (5.20, а-сурет), A_m (2.2 бөлгіш) сигналының амплитудасы және оның кезеңі Т (8 бөлгіш) экранда қол жетімді тор арқылы өлшенуі мүмкін. «Күшейту» қосқышы 10 мВ бөліміндеболсын, ал «Сканерлеу ұзақтығы» қосқышы - 2 мс болады. Содан кейін сигнал амплитудасы Am = 2.2-10 = 22 мВ және сигнал жиілігі $f = 1/T = 1/(8\text{-}2\text{-}10^{-3}) = = 62{,}5$ Гц болсын.



5.20-сурет. Сигналдың амплитудасы мен жиілігін калибрлі белгілер (а) және жиіліктер Лиссажу (б, в) фигурасының көмегімен өлшеу.

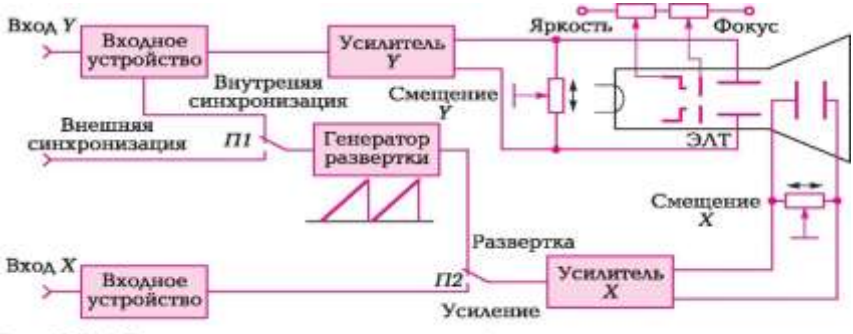
Зерттелетін сигнал жиілігі Лиссажу фигураларының көмегімен өлшенуі мүмкін (5.20, б-сурет). Осциллографтың тік және көлденең кірулеріне бірдей жиіліктегі синусоидалды сигналдар берілсе, бірақ егер олар 90 ° фазада жылжытылған болса, онда экранда шеңбер пайда болады.

Фазалық бұрыштың жылжуы 90 ° -дан өзгеше болса, онда шеңбер эллипске (1) айналады, ал фаза бұрышы нөлге тең болса, онда түзу сызыққа (2) айналады.

Кірістердің біріне қосарлы жиілік сигналы қолданылса, онда фигура 5.20, б суретте көрсетілгендей болады.

5.21 суретінде осциллографтың блоктық схемасы көрсетілген; ал 5.22 суретте оның сыртқы бейнесі көрсетілген. Зерттелетін сигнал Y кірісіне беріледі (5.21 суретті қараңыз) және кіріс құрылғысы мен Y күшейткішті арқылы катод-сәулелі түтіктің тігінен ауытқу табақшаларына өтеді.

У кіріс, Кіріс құрылғысы, У күшейткіш, жарықтығы, фокус, ішкі синхронизация, У ығысу, сыртқы синхронизация, айналым генераторы, Х ығысу



5.21-сурет. Осциллографтың құрылымдық схемасы

5.22-сурет. ОСУ-1А осциллографының сыртқы көрінісі

Горизонтальді деформациялық пластиналарға арналған сигнал генератордан Р2 сөндіргіші және күшейткіш Х арқылы беріледі. Электронды-сәулелі түтіктің экранында зерттелетін сигналдың уақытша диаграммасы көрсетіледі. Тұрақты кескінді қамтамасыз ету үшін синхрондау генераторын қамтамасыз етеді немесе сыртқы көзден (сыртқы синхрондау) немесе кіріс сигналы (ішкі синхрондау) арқылы беріледі. Эталонды генераторынан Лиссажу фигураларын зерттеу үшін Х кірісіне беріліп және одан әрі енгізу құрылғысы арқылы *П2* қосқышы «Күшейту» күйінде, ал Х күшейткіші көлденең иілуі пластиналарына жеткізіледі.

5.3.3. Электронды вольтметр

Электрондық вольтметрлер жоғары жиілікті кернеулерді өлшеуге, сондай-ақ шығыс кедергісі жоғары тізбектердегі тұрақты және айнымалы кернеулерді өлшеуге арналған құрал. Ақпаратты тарату әдісіне сәйкес оларды көрсеткі – онда көрсеткі бойынша масштабта орналасқан көрсеткішке бөлінеді және цифрлы дисплейде индикатор көрсетілетін сандық болып бөлінеді.

Электрондық вольтметрлер құралдарының табиғаты бойынша тікелей ток, айнымалы ток және аралас құрылғылар деп бөлінеді. Соңғылары тікелей және айнымалы токты, сондай-ақ кедергіні өлшеуге арналған.

Вольтметрдің негізгі түйіндері - кіріс құрылғысы (кернеу бөлгіш), күшейткіш (тікелей ток - ТТК немесе кең жолақты байланыс), детектор (фильтрлі түзеткіш), көрсеткіш индикаторы (магнитті электрлік құрылғы) немесе есептік-сандық құрылғы (ЕСҚ). Аралас вольтметрлерде тұрақты немесе айнымалы ток кернеуін өлшеу кезінде тиісті орынға орнатылған жұмыс түріндегі қосқыш бар.

Әмбебап вольтметрдің сыртқы көрінісі 5.24 суретінде көрсетілген.

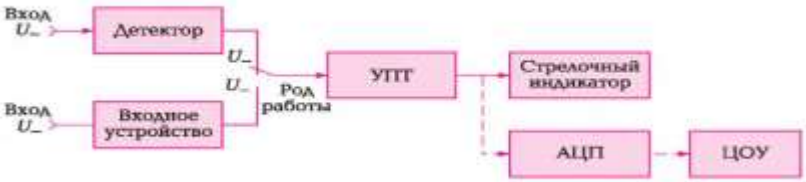


Рис. 5.23. Структурная схема универсального вольтметра

Рис. 5.24. Внешний вид вольтметра В7-26

3.5.4 Электронды өлшегіш генераторы

Өлшегіш генераторлары бірқатар электрондық құрылғыларды зерттеуде кеңінен қолданылады (мысалы, күшейткіштер). 5.25 суретте генератордың төменгі жиіліктегі синусоидалды тербелісінің құрылымдық схемасы суреттелген, ал 5.26 суретте – құрылғының сыртқы пішіні көрсетілген.

Беретін генератор реттемелі жиілікті қамтитын ЛС- автогенераторды білдіреді (дискретті немесе бірсарынды). Жиілікті басқару тұтқасы құрылғының алдыңғы панелінде орналасқан. Жиілікті басқару жүйесі щкала түрінде немесе сандық тақтада жүзеге асады.

Күшейткіш беретін генератордың төмен қуатты сигналдарын кернеу мен қуат бойынша күшейтеді. Шығатын құрылғы генератордың шығыс кедергісінің жүктеме кедергісімен сәйкестігін қамтамасыз етеді.

Жетекші генератор / Күшейткіш/ Шығыс құрылғылары/Меңзерлік индикатор

5.25 сурет. Электронды өлшегіш генератордың құрылымдық схемасы

5.26 сурет. ГЗ-131 генераторының сыртқы пішіні

Оның құрамына шығыс сигналдарының деңгейін реттеу үшін кернеу бөлгіштері енеді, олар меңзерлік индикатордың көмегімен реттеледі.

- **Мультиметрлер**

Соңғы кездерде, көпфункционалды мультиметр – құрылғылар кеңінен қолданысқа ие болып жүр (5.27 сурет). Олар микропроцессорлық техника базасында жасалынады және дисплейге цифрлық шығысқа ие, сондай – ақ, компьютермен интерфейстік байланысқа ие. Бұл құрылғылардың өлшеудегі кемшілігі 0,5 тен 3 %

аралығындағы диапозонда болады. Олар 18 дейінгі өлшегіш функцияларын атқара алады, сонымен қатар жиілікті, температураны, диодтардың параметрларын және транзисторлар мен дыбыстық теруді өлшей алады.

Мультиметр конденсатордың сиымдылығын өлшеуге тікелей мүмкіндік береді, және өте кең ауқымда (1пФ ден 20 мкФ дейін) болады. Үлкен сиымдылықты мәндерді өлшеу үшін басқа құрылғы немесе басқаша өлшеу әдістерін талап етеді.

Мультиметрмен өлшеу процесінде режимдердің ауыстырғышы тиісті қалыпта орналасқанын қадағалау керек, сонымен қатар кеңдікпен және өлшеу диапазонымен өлшенетін типі арқылы анықталады. Одан бөлек, кернеуді өлшеу кезінде, кедергілер мен тоқтың қысқышты дұрыс таңдағанын қадағалау керек, Өлшегіш сымдардың қосылуының сыртқы пішіні. Кәсіби мультиметрдің орташаландырылған техникалық сипаттамасы (өлшенетін шаманың диапазоны):

Тұрақты тоқтың кернеуі, В ..... 0,1 ... 1 000
Ауыспалы тоқтың кернеуі, В..... 0,1 ... 750
(ауыспалы немесе тұрақты), А ..... $1 \cdot 10^{-4}$ ... 20
Кедергі, Ом..... 0,1 ... 2- 10^{8}
Сиымдылық, пФ ..... 1 ... $2 \cdot 10^{7}$
Транзисторлардың күшейту коэффициенті 1 000 дейін
Температура, °С .....-40 ... 1 200

5.27 сурет МУ-63 Мультиметрі

ТӘЖІРИБЕ

Типтік тапсырмаларды шешу тәсілдері

1. Осциллографтың амплитудасы U_m = 36 мВ және жиілігі f = 1 250 Гц болатын синусоидты сигналдар өлшенеді. Экрандағы кескіннің тербелістің екі немесе үш кезеңі және үш немесе төрт бөлімнің амплитудасы болуы үшін «Күшейту Y» және «Жайманың ұзақтығы» позициялары қандай күйде болуы керек?

Шешімі.«Күшейткіш Y» аударғыштың $л_1 = U_m/(3 \ldots 4) = 36/(3 \ldots 4) = (12 \ldots 9)$ мВ бөлгенде анықтайтын қалыпта орналастыру керек $л_1$ = 10 мВ/бөл таңдаймыз.

«Жайманың ұзақтығы» керекті қалпына орналастыру үшін, екі немесе үш тербелістер периоды экранның барлық көлденең өсін жайлауы керек, яғни N = 10 бөлінген бөліктерді құрау керек. T = 1/f = 1/1 250 = = 8- 10^{-4} с = 0,8 мс зерттеліп жүрген сигнал периоды. Демек, екі –үш тербеліс периоды (2 ... 3)T = (1,6 ... 2,4) мс құрайды, ал тоқ аударғыштың қалыпы «Жайманың ұзақтығы» n_2 = (2 ... 3)T/N = (1,6 ... 2,4)/10 = (0,16 ... 0,24) мс/бөліндіге тең. $п_2$ = 0,2 мс/бөліндісін таңдаймыз.

Жауабы. Зерттелетін сигналды бақылау үшін «Күшейту Y» қосқышы 10 мВ / сағ-қа дейін орнатылуы керек және «Жайманың ұзақтығы» қосқышы 0,2 мс / сағ орнатылады.

- Периодтық емес сигналдарды осциллиографтың көмегімен зерттеуге болады ма?

Жауабы. Жоқ. Экрандағы сигнал екі жаймадан жасалады: вертикалды, зерттелетін сигналдың тік қалыптасқан амплитудасы және белгілі бір жиіліктегі желілік айырмашылығы бар кернеу генераторымен жасалады. Осциллографтың экранындағы сурет қозғалыссыз күйде қалу үшін, зерттеліп жатқан тербелістің жиілігі ГЛИН тербелістерінің жиілігіне тең болуы керек.

Периодтық емес тербелістердің суреті ешқашан қозғалыссыз болмайды, сондықтан бұндай тербелістерді зерттеу тек жазып алатын немесе есте сақтайтын осциллографтардың мүмкіндігінде бар.

Өздігімен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

4. Осциллоскоппен өлшенген синусоидты толқынды сигналдың нақты мәнін есептеңіз, егер экрандағы амплитудасы төрт бөлікке тең болса және «Күшейткіш Y» аударғыш 5 V / бөл күйінде болады.

5. Осциллоскоппен өлшенген сигналдың жиілігін есептеңіз, егер оның кезеңі төрт бөлікке тең болса және аударғыш «Жайма ұзақтығы» 5 мс / бөл күйінде болады.

6. Лиссажу пішіні әдісі бойынша жиілікті осциллографпен өлшеген кезде, экранда сегіз (8) түріндегі нақты сурет пайда болды. Бұл ретте X кірісіне генератордан келетін сигнал жиілігі 100 Гц тең. Y кірісіне берілетін сигналдың жиілігін анықтаңыз.

7. Лиссажу пішіні әдісімен жиілікті осциллографпен өлшеген кезде, экранда «шексіздік» (ия) түріндегі нақты сурет пайда болды. Бұл

ретте X кірісіне генератордан келетін сигнал жиілігі 25 Гц тең. Y кірісіне берілетін сигналдың жиілігін анықтаңыз.

8. Оцсиллографтың экранында амплитудасы үш бүтін оннан алты бөліктен және периоды бес бөлікке бөлінген синусоидалды сигналдың тұрақты суреті пайда болды. Бұл ретте, «Күшейткіш Y» тоқ ауыстырғышы 1 В/дел күйінде болады, осциллографтың кабельіндегі тоқ аударғыш 1 : 10 күйінде болады, ал «Жайма ұзақтығы» ауыстырғышы 1 мс/дел күйінде болады. Кернеудің тиімді мәнін және жиілігін есептеңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Электронды құрылғылардың негізгі артықшылықтарын атаңыз.
   а) Жоғарғы дәлдік;
   б) өлшенетін жиіліктің кең диапозоны;
   в) жоғарғы сезімталдық;
   г) төменгі баға;
   д) энергия тұтынудың төменгі деңгейі;
   е) жоғарғы сенімділік.
2. Осциллоскоп не үшін арналған?
   а) температураны өлшеуге;
   б) ток пен кернеуді өлшеуге;
   в) кедергіні өлшеуге;
   г) көзбен шолып, бақылауға;
   д) қуаттылықты өлшеу үшін.
3. Электронды вольтметрге жоғарғы сезімталдық, өлшенетін жиіліктің кең диапозоны, және энергияның төмен тұтынылуын қандай торап қамтамасыз етеді?
   а) кіріс құрылғысы;
   б) үлкен коэффицентті күшейткішке ие күшейткіш;
   в) детектор;
   г) есептеу құрылғысы;
   д) меңзерлік индикатор;
   е) жоғары кіріс кедергісі бар күшейткіш.
4. Мультиметрдің не өлшеуге мүмкіндігі бар?
   а) ток;
   б) қысым;
   в) кедергі;
   г) кернеу;
   д) қуат.
5. 1,1 В тұрақты кернеуді мультиметрмен өлшеу үшін не істеу керек?
   а) ЭТ өткізгіштерін *«COM»* және «мА» қысқыштарына жалғау;
   б) ЭТ өткізгіштерін *«COM»* және «U» қысқыштарына жалғау
   в) құрылғыны нөлдік қалыпта орналастыру үшін өткізгіштерді қысқарту керек
   г) жұмыс режимінің ауыстырғышын «DCV» күйіне орнатыңыз;

д) жұмыс режимінің ауыстырғышын «2 В» күйіне орнатыңыз;;
е) жұмыс режимінің ауыстырғышын «20 В» күйіне орнатыңыз

6. Өлшегіш генератордың құрамына қандай негізгі тораптар кіреді?
а) қуаты төмен жетекші ЛС-генераторы;
б) корпус;
в) күшейткіш;
г) тасымалдау тұтқасы;
д) шығыс құрылғысы;
е) динамикалар.

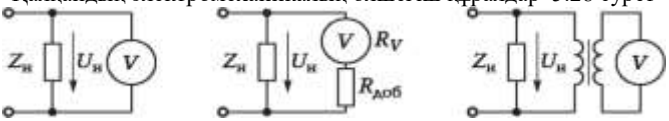
5.4. ЭЛЕКТРЛІК ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛІК ЕМЕС ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ

ТЕОРИЯ

5.4.1 Кернеуді өлшеу

Кернеуді өлшегіш құрал вольтметр деп аталады. Оның толық сипаттамсы 5.28 суретте көрсетілген. Вольтметр жүктемеге параллель қосылады (5.29, а сурет). Ол өлшенетін ЭТ параметрлеріне әсер етпеуі үшін оның ішкі кедергісі өте үлкен болуы керек (шексіздікке бейім).

Қалқандық электромеханикалық өлшегіш құралдар 5.28 сурет



а *б* *в*

5.29 сурет. Вольтметрді қосу схемасы:
а— тікелей жүктемеге; *б* — қосымша резистор арқылы; *в* — кернеуді өлшегіш трансформатор арқылы

Тұрақты кернеуді өлшеу үшін кез-келген жүйенің құрылғысын пайдалануға болады. Іс жүзінде магнитті электрлік жүйенің құралдары жиі пайдаланылады. Ауыспалы кернеуді өлшеу үшін, шкаласы нақты мәндерді бағдарламалайтын электромагниттік жүйенің құрылғысы қолданылады. Сонымен қатар, жартылай

өткізгіштік диодтармен қамтылған магнитті электрлік жүйе құрылғыларын пайдаланылуы мүмкін, олар шаманың орташа мәнінің есебін көрсетеді.

Тұрақты тоқ кезінде вольтметрдің өлшеу шегін кеңейту үшін, құрылғымен қатар қосылатын қосымша резистор пайдаланылады (5.29, *б* сурет). Бұл жағдайда

$$R_{доб} = R_V(n-1).$$

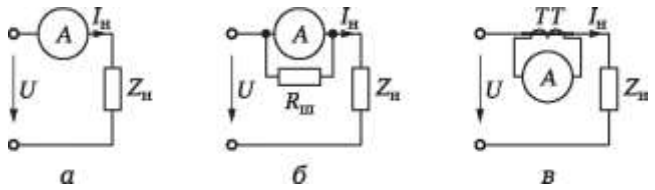
Мұнда Rv - вольтметрдің ішкі кедергісі; n = ин / U0, мұндағы ин - өлшенген кернеу; U0 - вольтметрдің номиналды мәні.

Ауыспалы токта вольтметрдің өлшеу шегін кеңейту үшін, *КТ* кернеу транформаторлары пайдаланылады (5.29, *в сурет).* Трансформация коэффициенті

$n = U_н / U_{0н}$ жағдайымен таңдалады.

5.4.2 Тоқты өлшеу

Тоқты өлшеу құралы амперметр деп аталады. Оның сыртқы пішіні 5.28 суретте көрсетілген. Амперметр жүктемемен қатар іске қосылады (5.30, а сурет). Ол өлшенген ЭТ параметрлеріне әсер етпеуі үшін, оның ішкі кедергісі минималды болуы керек (нөлге ұмтылады).



5.30 сурет. Амперметрдің іске қосылу схемасы:

а – жүктемеге тікелей; б – тұйықтықтың көмегімен; в – тоқты өлшегіш трансформатор арқылы

Тікелей өлшеу үшін магнель электрлік жүйенің құрылғысы жиі қолданылады - ауыспалы электромагниттік аппарат.

Тұрақты тоқты амперметрмен өлшеу шегін кеңейту үшін, құрылғыға параллель іске қосылатын резистор (шунт) қолданылады.(5.30 *б* сурет). Бұл жерде

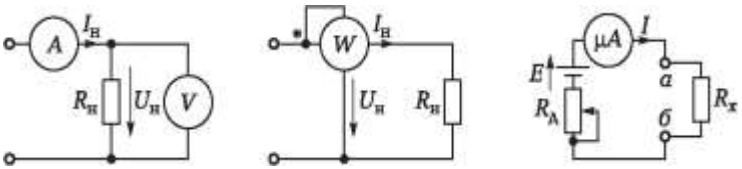
Я$_A$ - амперметрдің ішкі кедергілері; *1*$_н$ - өлшенетін ; I_0 - амперметрдің номиналды кеңдігі.

Ауыспалы токта амперметрдың өлшеу шегін кеңейту үшін ТТ тоқтың

трансформаторы қолданылады (5.30 *в* сурет). Трансформация коэффициенті n = 1n / 10 жағдайынан таңдалады.

5.4.3 Қуаттылықты өлшеу

Жүктеме арқылы тұтынылатын қуат *(P = UI)*, жанама түрдегі әдіс амперметр мен вольтметрдің көмегімен өлшенеді (5.31 сурет) немесе тікелей электр- динамикалық жүйенің құралы – 5.31,б суретте көрсетілген схемаға сәйкес қосылған ваттметр арқылы өлшенеді. Құрылғының шарғыларының біреуі - (I - I *) - жүктеменің қатарына қосылады, ал екіншісі - кернеу (U - U *) - жүктемеге параллель қосылады. «*» таңбасы бар белгілер бір-біріне қосылуға тиіс.



5.31 сурет. Амперметрді іске қосу схемасы:

а - тікелей жүктеме; б - шунтты пайдалану; в - өлшеу трансформаторы арқылы

Тұрақты өлшегіш шектерін кеңейту үшін құрылғыдағы ағымдағы шарғылар қатарына қосылатын қосымша резистор (шунттау) және вольтметрдің шарғыларымен қатарластырылған резистор пайдаланылады. Ваттметрдің өлшеу шектерін ауыспалы токта кеңейту үшін, токпен кереудің трансформаторы пайдаланылады.

5.4.4. Кедергіні өлшеу

Кедергі амперметр және вольтметрдің (АН = in / 1n) көмегімен жанама әдіспен өлшенуі мүмкін (5.31-суретті қараңыз) немесе тікелей схемаға сәйкес қосылған омметр арқылы өлшенуі мүмкін. 5.31, в.

Мұнда Е – ЭҚК қуат көзі болып табылады, оның құрамына; $Я_д$ —ауыспалы кедергінің резисторы, магнитті электрлік жүйенің микроамперметрімен қатар іске қосылады; R_x — кедергінің өлшенуі. Өйткені $I = E/(Я_д + R_x)$тізбегіндегі кедергіге кері пропорционалды, микрометрдің көрсеткіші ең жоғары ауытқуы ең аз кедергіге сәйкес келеді.

Егер а және b қысқа нүктелерін қоссаңыз, онда сіз кедергісі R / ^ қолданып құрылғының шкаласынна максималды тоқты орнатыңыз. Бұл жағдайда кедергі Rx = 0 тең. Егер а және b нүктелерінің арасындағы байланысты бұзсаңыз, нөлге тең

болады, ал Rx кедергісі шексіз болады. Мәселен, микроамперметрдің ауқымы омда оңнан солға қарай өлшенуі мүмкін. Бұл жағдайда ол ауытқымалы болады.

Маңызды кедергілерді өлшеу үшін, мысалы, бірдей электр құралында оқшаулау кедергісі, арнайы құралдар - мегаомметтер қолданылады. Олар кедергіні 10 000 MΩ дейін өлшей алады. Сондықтан қолайлы тоқ алу үшін 2,500 В дейін кернеу көзі қолданылады.

5.4.5 Электрлік емес шамаларды өлшеу

Бұл технологиялық процесті сипаттайтын барлық параметрлер электрлік емес шамалар болып табылады (ауыстыру, жылдамдық, қысым, температура, деңгей, ағын, деформация, жарықтандыру, түтін және т.б.). Оларды қалай өлшеуге болады? Өздерінің құндылығы туралы ақпаратты автоматты процестерді басқару жүйесіне қалай аударуға болады? Толық автоматты өндірістердің жұмысын қалай қамтамасыз ету керек?

Белгілі бір жолмен белгілі бір электрлік емес мөлшерді сәйкес электрлікке (ЭМС, электр тогы, белсенді кедергі, индуктивтілік немесе сыйымдылық) түрлендіріңіз, мұны істеу қиын емес.

Қандай да бір физикалық кеңдікті электрлік сигналға аудару құралы болып табылады, бұл бастапқы түрлендіргіш немесе датчик деп аталады.

Қандай электрлік кеңдікті электрлік емес кеңдікке айналдыра алатынына қарай, ажыратып алуымыз керек:

Белсенді немесе *генераторлы,* түрлендірушілер — оларда электрлік емес кеңдіктер ЭҚК айналады немесе электрлік токқа айналады;

Белсенді емес, немесе *параметрлік,* түрлендірушілер — оларда электрлік емес кеңдіктер электрлік параметрлердің (R, *L* или C) бірімен сүйемелденеді.

Белсенді түрлендірушілер төрт топқа бөлінеді: *индукциялық*— бұл, ереже бойынша, жылдамтық датчиктері, ЭҚК олардың шығу кезінде индукцияланады, магнитті поледе пропорционалды жылдамдықты өткізгіштің тасымалдауы;

оптикалық — жарық беруші датчиктер, фотоэффек орналасқан негізге көшу — фототок сәулелі энергияға айналу;

пьезоэлектрлік — механикалық күшке айналады, пьезо ЭҚК кейбір кристаллдарына немесе керамикаға әсер етеді;

термоэлектрлік— жылу энергиясын термо ЭҚК айналдырады.

Белсенді емес түрлендіргіштер кең ауқымды токқа айналады және әрекет ету принциптері бойынша бөлінеді:

р*езистивтік* — орын ауыстыруларға, деформацияға, қысымның өзгеруіне, температураға, электрлік кедергілердің деңгейіне айналады;

индуктивті — орын ауыстыруға, қысымның өзгеруіне, күшке, индуктивтіліктің өзгеруіне айналады;

сиымдылықты — орын ауыстыру, күштің өзгеруі, қысым, ылғалдылықтың болуына, сиымдылық өзгергенде болатын заттың санына айналады.

Белсенді кедергінің өзгеруіне байланысты, индуктивтілік пен сиымдылық электрлік тізбектегі тоқтың өзгеруімен түсіндіріледі, ал электрлік емес кеңістіктерді өлшеу үшін алдында қарастырылған өлшегіш құрылғылар пайдаланылуы мүмкін.

Датчиктен шыққан электрлік сигналдар, өлшенетін электрлік емес кеңдікке пропорционалды болып табылады, технологиялық процессормен автоматты түрде басқарылатын жүйеге едәуір қашықтықтан берілуі мүмкін, яғни ЭВМ арқылы олардың өңделуі жүргізіледі.

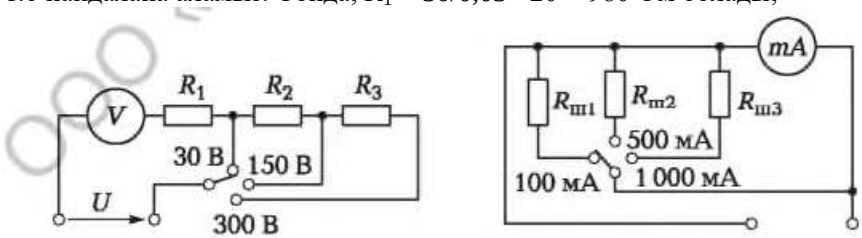
ТӘЖІРИБЕ

Типтік проблемаларды шешу мысалдары

1. Электротехникалық зертханалардың стендтерінде, магнитті электрлік жүйенің көп шекті құрылғылары пайдаланылады: I_V = 30 мА максималды тоқ вольтметр, ішкі кедергісі R_V= = 20 және 1_A = 20 мА максималды тоқты миллиамперметр, R_A = 15 Ом.

Вольтметрге арналған қосымша резисторлардың кедергілерін есептеңіз, ол үш ауқымды кернеу өлшемін камтамасыз етеді: 0 ден U_1 = 30 В, U_2 = 150 В, U_3 = 300 В, және өлшеудің үш ауқымын қамтамасыз ететін миллиамперметрге арналған шунттау кедергісі: 0 тиісінше I_1 = 100 мА, I_2 = = 500 мА, I_3 = 1 000 мА.

Шешімі. Кернеуді өлшеу шектерін кеңейтуге арналған қосымша резисторлар вольтметрмен қатар косылады (5.32, а сурет). Бірінші қосымша резистордың кедергісін есептеу үшін, $R_1 = U_1/I_V - R_V$ өрнегін, екінші — $R_2 = U_2/I_V - (R_V + R_1)$ және т.б пайдалана аламыз. Сонда, R_1 = 30/0,03 - 20 = 980 Ом болады;



R_2 = 150/0,03 - (20 + 980) = 4 000 Ом = 4 кОм; R_3= 300/0,03 - (20 + 980 +4 000) = 5 000 Ом = 5 кОм.

Миллиамперметрге арналған шунттық кедергіні есептеу үшін (5.32, *б сурет),* біз максималды тоқ пен аспаптың өзінде кернеудің төмендеуін анықтаймыз, яғни құрылғының көрсеткілерінің максималды ауытқуында: $U_A = I_A R_A$ = 0,02 • 15 = 0,3 В. Осыған байланысты, кернеу шунтта болуы керек болғандықтан, шунттың бірінші диапозонга қарсылығын анықтаймыз: $R_{m1} = U_1/I_{m1} = U_1/(I_1 - I_A)$ = 0,3/(0,1 - 0,02) = 3,75 Ом.

Сол сияқты R_{m2} = 0,63 Ом, R_{m3} = 0,3 Ом.

Жауап. Өлшеу шектерін кеңейту үшін және көп шекті құрылғыны құру үшін қосымша резисторлар пайдаланылады, олар амперметрмен параллель қосатын вольтметр және шунтпен қатар іске қосылады. Бұл жағдайда, өлшенетін кернеудің жоғарылауы, қосымша резистордың кедергісіне көбейтуді талап етеді (R_1 = 0,98 кОм; R_2 = 4 кОм; R_3 = 5 кОм), ал өлшенетін тоқтың жоғарылауы, шунттың кедергісін төмендетуді талап етеді (R_{m1} = 3,75 Ом; R_{m2} = 0,63 Ом; R^ = 0,3 Ом).

2. Дроссельдің орамасының кедергісі вольтметрмен және аммперметрмен жанама түрде өлшенеді (5.33-сурет).

Тұрақты токта вольтметр 9 В көрсетті, амперметр — 300 мА. Ауыспалы тоқты өлшегенде өндірістік жиілік құрылғысының көрсеткіші тиісінше 20 В және 50 мА. белсенді кедергі мен дросселдің индуктивтілігін есептеңіз.

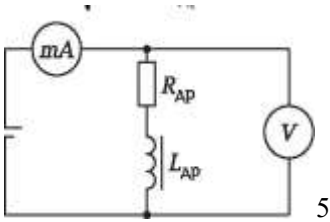
Шешімі. Тұрақты токта дроссельдің индуктивті кедергісін өлшеу кезінде (X_L = 2pfL, f = 0), сондықтан құрылғылардың көрсеткіштері, дроссельдің белсенді кедергілерін есептеуге мүмкіндік береді: R_{AF} = U/I = 9/0,3 = 30 Ом. Ауыстырылатын дроссель белсенді кедергіге қосымша индуктивті сипатқа ие. Аспаптардың көрсеткіштері дроссельдің кедергісін есептеуге мүмкіндік береді: Z = U / I = 20 / 0,05 = 400 Ом. Толық кедергілер негізінде (кедергілер үшбұрышы) Z = дроссельдің индуктивті кедергісін: $X_L = Jz^2$ - RgP = 398,9 Ом есептей аламыз. Бұл жерде дроссельдің индуктивтілігі $L = X_L/(2pf)$ = 398,9/314 = 1,27 Гн.

Жауабы. Дроссельдің белсенді кедергісі 30 Ом тең, индуктивтілігі — 1,27 Гн тең.

- Вольтметр қандай кедергіге ие болуы керек?

а) аз; б) өте аз; в) үлкен;

г) өте үлкен; д) орташа, е) маңызды емес.



5.33 сурет 2 тапсырманың 5.4 бөліміндегі тапсырмаға өлшеу кедергісінің схемасы.

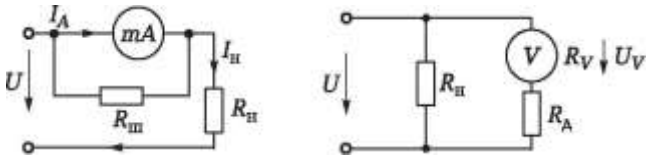
Жауабы. Вольтметр өте үлкен кедергіге ие болуы керек. Ол кернеуге параллель түрде іске қосылады және айтарлықтай кедергіге ие болады. Егер вольтметрдің кедергісі жеткіліксіз болса, ол жүктемені шоғырландырады және өлшемдер қабылданатын ЭТ жұмыс режиміне әсер етеді. Өлшеу нәтижелері бұрмаланатын болады.

Өздігінен шешім қабылдау үшін тапсырмалар мен сұрақтар

- 0,3 А номиналды мәні бар амперметрде RA = 0.008 Ом ішкі кедергі болады. Өлшеу шегін 1,5 А дейін ұзарту үшін шунттің кедергісін анықтаңыз.
- 210 В болатын кернеуді өлшеу үшін, 30 В номиналды кеңдік және 3 кОм ішкі кедергісі бар вольтметр қолданылады. Өлшеу диапазонын қалаған мәнге дейін ұлғайту үшін қосымша резистор вольтметрге қосылу керек пе?

- Рш = 0,1 Ом шығыс резисторы бар схемаға қосылған ішкі кедергісі RA = 1 Ом болатын миллиамперметрдің IA = 80 мА болса, жүктемедегі 1n (сурет 5.34, а) тоқты есептеңіз.
- ЭТ жеткізу кернеуін есептеңіз (5.34, *б сурет*), егер ішкі кедергіге ие вольтметр R_V = 5 000 Ом, қосымша кедергіге резистормен қатар қосылған R_A = = 10 000 Ом, U_V = 300 В кернеуді көрсетеді.
- Жартылай өткізгіш материал негізінде жасалған ТРК-620 температура сенсорының кедергісі 546.47 Ом болды. Калибрлеу кестесінен алынған кедергі мәніне сәйкес келетін температураны анықтаңыз.

T, K	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6
R, Ом	585,99994	557,50552	530,65078	502,54355	469,89546



а *б*

- Индукциялық түрлендіргіш негізінде орнатылған жылдамдық сенсорының вольтметрі 8,4 В кернеуін көрсетті. Вольтметрдің номиналды мәні 30 В-қа тең, егер 150 км/сағ жылдамдыққа сәйкес келсе, нысанның жылдамдығын анықтаңыз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. ЭТ-де вольтметр қалай іске қосылады және қандай ішкі кедергісі болуы керек?
   а) параллель, үлкен;
   б) параллель, кішігірім;
   в) дәйекті, кіші;
   г) дәйекті, үлкен.
2. ЭТ-де амперметр қалай іске қосылады және қандай ішкі кедергісі болуы керек?
   а) параллель, үлкен;
   б) параллель, кішігірім;
   в) дәйекті, кіші;
   г) дәйекті, үлкен.

3. Кедергіні вольтметрмен және амперметрмен өлшеу мүмкін бе?
   а) амперметр арқылы вольтметрді бөлуге болады;
   б) вольтметр мен амметрдің көрсеткіштерін біріктіру арқылы мүмкін болады;
   в) ампермер көрсеткішін вольтметрмен бөлу арқылы мүмкін болады;
   г) мүмкін емес.
4. Құралдың өлшеу диапазонын кеңейту үшін тұрақты тоқтың вольтметрін қосымша резисторға қалай қосуға болады?
   а) параллель;

б) аралас;
в) жұлдызша;
г) дәйекті.

5. Құралдың өлшеу шегін кеңейту үшін шунт тұрақты тоқтың амперметріне қалай қосылады?
а) параллель;
б) аралас;
в) жұлдызша;
г) қатарлас.

6. Вольтметр мен амперметрді пайдалана отырып тұрақты қуатты өлшеуге болады ма?
а) мүмкін, вольтметрдің көрсеткішін амперметрдің көрсеткішіне бөлу арқылы;
б) вольтметр мен амперметрдің көрсеткіштерін көбейту арқылы мүмкін болады;
в) амперметрдің көрсеткішін вольтметрдің көрсеткішіне бөлу арқылы;
г) мүмкін емес.

7. Генераторлық (белсенді) датчиктерде электрлік емес кеңдіктер өзгеріске түседі:
а) кеңдік, сиымдылық, индуктивтілік;
б) ЭҚК;
в) тоқтың бағыты;
г) қуат.

8. Параметрлік (белсенді емес) датчиктерде электрлік емес кеңдіктер өзгеріске түседі:
а) кедергі, сиымдылықты, индуктивтілік;
б) ЭҚК кернеуі ;
в) тоқтың күші, өткізу;
г) қуат.

№13 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Электрлік өлшеу құралын оқу

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Негізгі электрлік өлшегіш және беретін құралдардың структуралық схемасын оқу (Л13.1 сурет).

1.2. Электрлік өлшегіш аппаратурасының жұмыс жасау әдісін оқу.

2. Нысан және тестілеу құралдары

Тестілеу объекты дегеніміз – электронды өлшегіш құралы мен беретін аппаратураның құрамдас бөлігі болып табылады, яғни оның құрамына осциллограф, вольтметр және арнайы кернеу генераторы кіреді.

Электронды осциллограф ОСУ-10-А (немесе ОСУ-10-Б) келесі негізгі характеристикаға ие:

Өткізу жолағы (жұмыс жасау жиілігінің диапозоны) — 0 ... 10 мГц;

максималды сезімталдық — 10 мВ/дел.; жайма ұзақтығы — 0,4 мкс/бөл. ден 2 с/бөл дейін.;

Өлшемнің дәлсіздігі — 4 %;

Кіріс кедергілері — 1 МОм.

В3-40 электрондық вольтметрдің жұмысында қолданылатын негізгі характеристикалар:

Кереудің өлшеу диапозоны — 10-4 ... 100 В;

Жиіліктің өлшеу диапозоны—20 Гц ден 1 МГц дейін;

негізгі жетекшілік — 6 %;

кіріс кедергілері — 5 МОм.

Жұмыс барысында: жоғары жиіліктегі сигналдарды өлшеу үшін вольтметр режиміндегі «өлшегіш түрлендіргіш» бірге MY-60 (MY-62, MY-64) мультиметрі қолданылады. Бұл шағын блоктың қажеттілігі стендке кіретін мультиметрлер жиілігінің диапозоны 40-тан 400 Гц-ге дейін жетеді. Түрлендіргіш түзетуші ретінде болады, оның кірісіне 26 Гц-ден 100 кГц-ге дейін синусоидалы өлшенген кернеу беріледі. Түзеткіштің шығысына 26 Гц ден 100 кГц дейінгі жиілігі бар синусоидты кернеу қосылады. (Электрлі вольтметр жұмыс істейді.) Бұл жағдайда тұрақты шығу кернеуі айнымалы кернеудің тиімді мәніне тең болады; стендке қосылған арнайы кернеу генераторы болады. «ФОРМА» қосқышы «~» күйінде орнатылған. Сигналдың жиілігі цифрлық индикаторы бар «ЖИІЛІК» он айналым потенциометрімен және «КӨБЕЙТКІШ» жолақты қосқышымен реттеледі. Үш жиілікті бақылау диапазоны бар: х1 - 25-тен 1 025 Гц; х10 - 250-ден 10 250 Гц-ке дейін; х100 - 2500-ден 102,500 Гц дейін. Генератордың шығу сигналының амплитудасы «АМПЛ» потенциометрімен 0-ден 6,5 ... 12,5 В-ге дейін реттеледі.

3. Зертханалық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа дайындық барысында орындалады

3.1. Жұмыстарды орындау тәртібі, осы тақырып бойынша теориялық ақпаратпен танысу. Жұмыс кітабында сынақ есебін дайындаңыз.

3.2. Кестеге сәйкес L13.3 кестенің бірінші және екінші бағандарын толтырыңыз, (сынақ туралы есеп 8-нұсқа үшін кестені толтырудың мысалын береді).

Зертханада орындалады

3.3. Осциллоскопты «Желілік» қосқышының көмегімен қосыңыз, өткізгішті сүңгілекты қолданып, қысқыштарға сигнал беріңіз.

Пара метр	Нұсқаның нөмірі							
	1	2	3	4	5	6	7	8
f, Гц	32 5 860	56 4 860	126 6 750	523 2 260	982 3 880	220 6 820	110 5 240	55 3 680
U, В	0,184 2,82	0,232 3,17	0,386 1,36	0,482 2,24	0,546 1,55	0,166 2,63	0,323 1,06	0,28 3,62

А және N (U = 2 В, 50 Гц) осциллографтың тік енуін (сурет L13.2а) қараңыз.

«Жарық», «Фокус», «Жоғары-төмен», «Солжақ- оңжақ», «КүшейтуY» түймелері экранның жұмыс бөлігінде сигнал кескінін орнатады. «Жайманың ұзақтығы» және «Синхрондау»

тұтқаларының көмегімен экранда екі немесе үш кезеңдік ауытқуымен тұрақты сигналдың бейнесін алуға болады. Амплитудалық және ұзақтықты калибрлеуді пайдалану, зерттеу барысында сигналдың амплитудасы мен кезеңін өлшеу, тиімді мәнді және сигнал жиілігін есептеңіз. Нәтижелер L13.2 кестеде берілген.

Электрондық вольтметрді (мультиметр) қолданып, А және N ұяларындағы кернеудің тиімді мәнін өлшеңіз. Нәтижелер L13.2 кестеде көрсетілген. X түймесін басу арқылы (П 2 қосқышы іске қосылады, L.1.1а суретте көрсетілген), осциллографты X-Y режиміне жылжытыңыз. X осциллографты Y-осциллографтың шығуына арнайы пішіндегі кернеу генераторының шығуынан синусоидалы сигнал қойыңыз (суретті қараңыз) және экранның ортасында симметриялық фигура алу үшін «АМПЛ» потенциометрін қолданыңыз. Лиссажу фигураларының әдісін қолданып, А және N қысқыштарынан алынған сигнал жиілігін өлшеңіз, нәтиже L13.2. кестеде көрсетілген.

Электронды өлшеу құралдарының жиынтығымен жұмыс әдістерін оқып үйрену үшін, L 13.2 б суретті қараңыз. Генератордың шығу кернеуін баламалы түрде орнату, оның мәні мен жиілігі кестенің алғашқы екі бағанында берілген. L13.3 кестеде зерттелінген тербелістердің екі немесе үш кезеңінің осциллографтар экранында тұрақтык ескінгежету.

L13.3 кестеде осциллографтың тұтқасының күйі «Y күшейткіш» және «Жайманың ұзақтығын» көрсетіңіз.

Электрондық вольтметр (мультиметр) көмегімен генератордан шығу сигналын өлшеңіз.

Өлшеу нәтижелерін L13.3 кестенің алтыншы бағанында енгізу керек, ал бесінші бағанда сигналдардың әрқайсысы өлшенген құралдың ауқымы көрсетіледі.

3.5 Сынақ нәтижелерін оқытушымен талқылап болған соң, ЭТ сөндіріңіз және оны жинақтаңыз, құрылғылар мен мини блокты орнына қойып, жұмыс орынын реттеңіз.

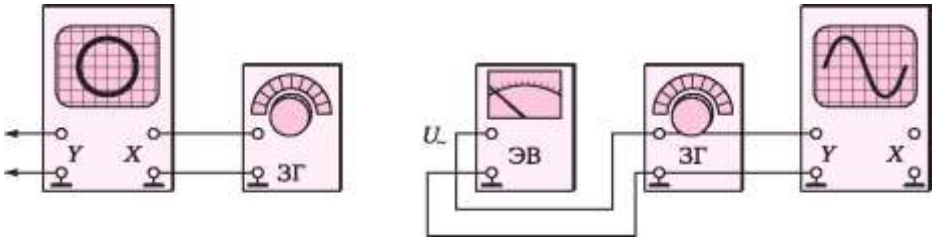
4. № 13 жұмысы бойынша жасалған сынақтың есебі

Электронды өлшегіш аппаратурасын оқу

Жұмыстың мақсаты_____

_____

_____



а *б*

Л 13.2 сурет. Электрондық өлшеу құралдарын біріктіру схемасы: а - Лиссажу фигурасында желі жиілігін анықтау; б - зерттелетін сигналдың жиілігін және шамасын өлшеу үшін; НГ - негізгі генератор; ЭВ - электрондық вольтметр

Электрондық құрылғылар мен кестелердің құрылымдық диаграммалары.

4.2. Кесте мен электрондық приборлардың құрылымдық.

Кесте Л13.2

Өлшенетін параметр	Өлшеу әдісі		
	Осциллографпен	Вольтметрмен	Лиссажу фигурасымен
U, В кернеу			—
f, Гц жиілік		—	

Кесте Л 13.3

f, Гц	U, В	осциллограф тұтқасының күйі		«Өлшем лимиті» вольтметрінің қосқышы	Вольтметрмен өлшенген кернеу
		«Күшейткіш Y»	«Жайма уақыты»		
55	0,28				
	3,62				
3 680	0,28				
	3,62				

Топ _____ Оқушылар _____ Дата

Оқытушы

4.3. Қысқаша тұжырымдар _____

Оқушылар _____Оқытушылар

БАҚЫЛАУ СҚРАҚТАРЫ

1. Электромеханикалық құралдармен салыстырғанда электрондық өлшеу құралдарының негізгі артықшылықтарын атаңыз.
2. Осциллографтың құрылымдық схемада қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
3. Электрондық вольтметрдің оның құрылымдық схемасында қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
4. Сигналды генератордың оның құрылымдық схемасына сәйкес қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
5. Осциллографты экрандағы Лиссажу фигурасынан сигнал жиілігі қалай анықталады?
6. Осциллоскопты қолданып сигнал амплитудасын қалай анықтау керек?

6 Тарау

ӨНДІРІСТІК ЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ

6.1. СЫЗЫҚТЫҚ ЖӘНЕ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЭЛЕМЕНТТЕР ӨНЕРКӘСІП ЭЛЕКТРОНИКАСЫНЫҢ ТЕОРИЯСЫ

ТЕОРИЯ

6.1.1. Жалпы мәліметтер

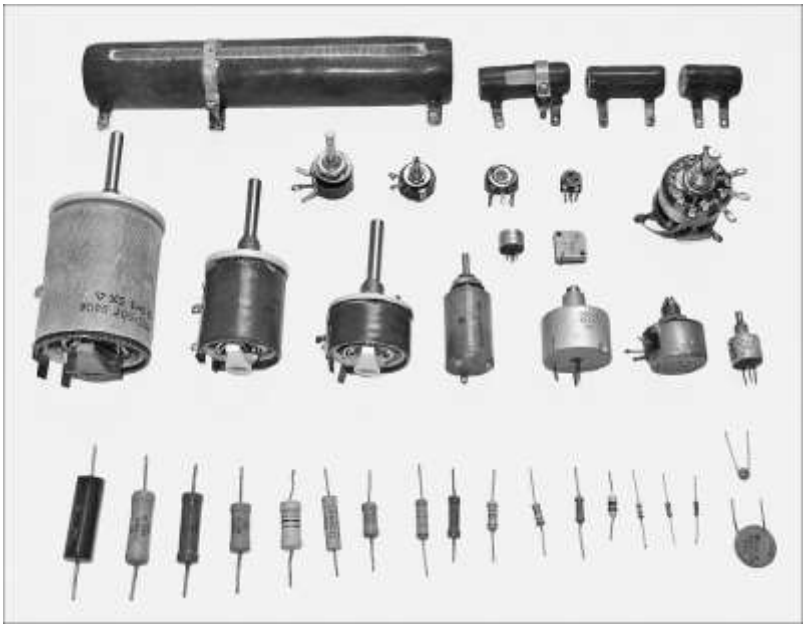
Өнеркәсіптік электроника - әртүрлі электронды, иондық, жартылай өткізгіш құрылғылардың өнеркәсібінде қолданылатын: электрондық түтіктердің, диодтың, транзисторлардың, микрочиптердің, индикаторлардың және басқа да көптеген құрылғылардың, ғылым мен технологияларға негізделген (түзеткіштердің, күшейткіштердің, генераторлардың, тұрақтандырғыштардың).

Электрониканың ең прогрессивті бағыты электронды және иондық құрылғылардың көп бөліктерінде көп тиімділікпен, әлдеқайда аз жалпы өлшемдермен, қызмет ету мерзімінің ұзағы, электр қуатын тұтынуды төмендетумен байланысты жартылай өткізгіштік технология болып табылады. Сондықтан, осы тарауда жартылай өткізгіш құрылғыларда орнатылған негізгі электронды құрылғылардың жұмысы қарастырылады.

Белсенді сызықтық емес элементтерден бөлек (шалаөткізгіштік құрылғы), заманауи құрылғылар айтарлықтай белсенді емес сызықты элементтерден тұрады.

6.1.2. Өндірістік электрониканың сызықтық элементтері

Сызықты элементтерге резисторлар, конденсаторлар мен индукторлар жатады. Олар электрондық құрылғылардың жұмыс режимдерін және олардың жеке түйіндерінің өзара байланысын қамтамасыз етеді.



6.1 сурет. Көп таралған резисторлардың сыртқы пішіні

Резисторлар (6.1 сурет) электр энергиясының жылу энергиясына айналмайтын түрлендіргіші болып табылады. Олар тұрақты және ауыспалы болып екіге бөлінеді. Кез келген резистордың кедергісін есептеу үшін R = pl / S өрнегін пайдаланыңыз, мұнда p - материалдың электр кедергісі; l - өткізгіштің ұзындығы; S - өткізгіштің көлденең қимасы. Кедергіні өлшеу бірлігі - Ом.

Тұрақты сымдық резисторлар үлкен тұрақтылық пен үлкен қуатты таратуға қабілеттілікпен ерекшеленеді. Олар 0,9 Ом-тан 50 кОм-ға дейінгі номиналды көлемде шығарылады және қуаттылықты 2,5-тен 150 Вт-қа дейін таратады.

Өзгермелі сымдық резисторлар 10 кОм-ке дейін және 100 Вт-қа дейін қуат кедергісіне ие.

Тұрақты қабыршақты резисторы - технологияда кең таралған. Оларды өндірудің негізі керамикалық түтікке қалыңдығы 0,001-ден 0,2 мкм-ге дейінгі көміртекті қабатқа орналастыруға арналған технологиялық процесс. Резисторлық шығарылымдар қалайы қысқыштардан жасалады. Көміртекті қабатының беті түрлі лакпен жабылған. Резисторлар 1 Ом нан 10 Мом дейінгі кедергілермен шығарылады және 0,05 дан 10 Вт дейінгі қуаттылықпен шығарылады.

Айнымалы қабыршақты резистор негізінен ол қолданылатын өткізгіш қабаты бар гетеро-гексагональды доғаға ие. Сигналды алу жезді серіппелі шөтке арқылы іске асады. Шөткенің бұрылу бұрышы 250° құрайды, резистордың кедергісі — 4,7 Мом дейін шашырап тараудың қуаты — 2 Вт дейін.

Схемаларға арналған техникалық сипаттамаларда: резистордың түрі, оның қуаты, кедергі рейтингі, дәлдік класы (мысалы, MLT-2-11кОмм-1) көрсетілуі тиіс.

Схемалардағы резисторлардың шартты графикалық бейнелері: -I I тұрақты; ~ Ф ~ айнымалы болып табылады.

Конденсаторлар (6.2-сурет) электр энергиясын сақтау құрылғылары болып табылады. Олар үш топқа бөлінеді: тұрақты -1 | -, кесетін және айнымалылар -

C = e0eS / d өрнегі конденсатор үшін қолданылады, мұнда e0 = 8,86 x 10-12 Ф / м - диэлектрлік тұрақты; e - диэлектрлік материалдың салыстырмалы өткізгіштігі; S - конденсаторлық тақталардың ауданы; d - тақталар арасындағы қашықтық.

Конденсатордың сыйымдылығын өлшеу бірлігі - Фарад (Ф); 1 Ф = 106 μF = 109 nF = 1012 пФ. Өндірістік электроникада 1 фунттан 2 000 мкФ дейінгі конденсаторлар қолданылады.

Тұрақты сиымдылыққа ие конденсаторлар көп сұранысқа ие. Конденсаторлардың астарының рөлін 7 ... 8 мкм қалыңдықтағы жолақты алюминий (қорғасын), фольга орындайды. Астар арасындағы диэлектрліктің рөлін конденсаторлы қағаз пластиналар, слюдадан, керамикадан, тефлон, стирофлокс т.б. пайдаланылады. Тиісінше конденсаторлар қағаз, слюдалық, керамика, электролитикалық болып бөлінеді. Электролиттік конденсаторларда диэлектриканың рөлін электрлік жолмен жағылған алюминий тотығының қабаты орындайды. Оның қалыңдығы - 0,01 ... 1,5 мм. Мұндай конденсаторлардың қуаты шағын габаритті өлшемдері 4000 ХКС жетеді.

Айнымалы конденсаторлар және айнымалы сыйымдылықтар айналу осі бар қозғалмайтын және жылжымалы тақталар жүйесі болып табылады. Диэлектрик ретінде керамика немесе ауаны пайдаланады. Олардың сыйымдылығы кішкентай: айнымалы 30 фунтқа дейін және айнымалыларда 1000 фунтқа дейін болады.

Схемалардағы техникалық сипаттамаларда: конденсатордың түрі, номиналды қуаты, жұмыс кернеуі және дәлдік класы (мысалы, KSO-470-600-1) көрсетілуі керек.

Индуктивтілік шарғы (6.3-сурет) магнитті энергияны сақтау құрылғылары болып табылады. Олардың негізгі параметрі - индуктивтілік L, ол Y және ағымдағы ағындары арасындағы пропорционалды коэффициент болады.

Индуктивтілік шамасы шарғылардың жалпы өлшемдері мен формасы, бұрылыстар саны және негізгі материалмен анықталады.

6.3 сурет. Индуктивті шарғының сыртқы түрі.

Индуктивтілікті өлшеу бірлігі - Генри (НН). Радиотехникалық схемаларда бірнеше микрогенераторларды индуктивтіліктегі шарғылар пайдаланылады және газ шығаратын лампалардың шоғырлары бірнеше Генри индуктивтілігіне ие. Индуктивтілік ядросы жоқ - шартты графикалық көрінісі - ферромагниттік ядросымен

6.1.3. Жартылай өткізгіштердің өткізгіштік физикасы

Жартылай өткізгіштерге қатты заттар жатады, олардың құрамына бөлме температурасындағы кедергі металдардың кедергісімен (10-6 ... 10-4 Ом-см) және диэлектриктермен (1018 Ом-см кем емес) 10-3 ... 1010 Омс •құрайды.

Жартылай өткізгішті технологиядағы ең үлкен қолданысқа - герман (Ge) және кремний (Si) ие. Бұл сыртқы резервуарларда төрт электроны бар төрт өлшемді элементтер болып табылады. Валентті электрондар мен ядроның арасындағы байланысы тұрақсыз, сондықтан электрондар өздерінің атомдарын сыртқы энергияның (жылулық, электрлік, сәулелік) әсерінен қалдырып, еркін болып қалады. Тесік деп аталатын босатылған кеңістік көрші атомнан электронмен толтырылуы мүмкін, ал онда пайда болған тесік көрші электронмен толтырылады және т.б.

Осылайша, жартылай өткізгіш материалдар сыртқы электр энергиясының әсерінен электронды және тесік өткізгіштеріне қабілетті.

Жартылай өткізгіш материалдардың негізгі ерекшелігі олардың қарсыласуының қоспалардан қатты тәуелділігі болып табылады.

Егер бес валентті сурьманын таза қоспасы таза германий немесе кремний кристалдық торына енгізілсе, герман немесе кремний кристалында еркін

электрондар пайда болады.

Мұндай жартылай өткізгіштің электрондық өткізгіштігі болады, сондықтан ол л-типті жартылай өткізгіш (negative) деп аталады.

Егер тривалентті индий немесе вольфрам қоспасы таза германий немесе кремний кристалдық торына енгізілсе, онда бір ковалентті байланыс еркін қалады.

Бұл жартылай өткізгіште саңылау өткізгіштігі бар, сондықтан ол р-типті жартылай өткізгіш деп аталады (positive).

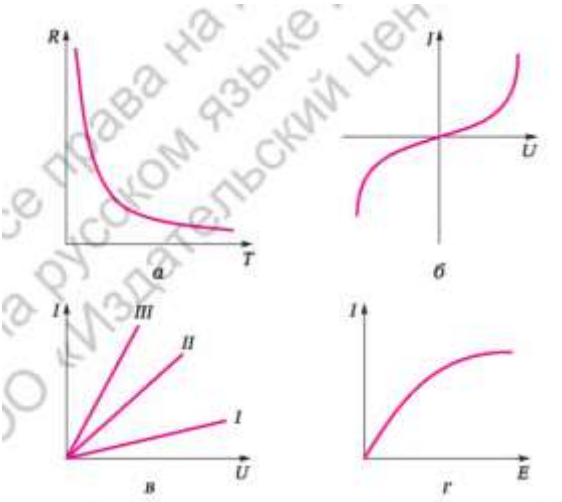
6.1.4. n және р-типті жартылай өткізгіштер негізіндегі құралдар

n - немесе р-өткізгіштігі бар жартылай өткізгіш материалдар негізінде температура, электр өрісі, жарық және т.б. әсерінен олардың кедергілерін өзгертетін сызықты емес құрылғылар құрылуы мүмкін.

Терморезисторлар температураның әсерінен олардың кедергілерін өзгертетін құрылғылар болып табылады.

Термисторлардың арасында термисторларда - теріс температура коэффициенті үлкен резисторларда негізгі қолдау табады. Металл термисторларынан айырмашылығы, кедергі температурасы артып, термисторлардың кедергілері күрт төмендейді (6.4а-сурет).

Бұл аспаптар температураны өлшеуге және реттеуге, сондай-ақ температура өзгерген кезде параметрлік кернеуді тұрақтандыруға қолданылады. Бұл абсолютті нөлге жақын температураны өлшейтін термисторлар болып табылады.



Сурет. 6.4. n- және р-типті жартылай өткізгіштер негізінде құрылғының сипаттамасы:

термистордың қарсыласу температурасына тәуелділігі; b - варистордың ВАХ; фоторезистордың кернеуінің сипаттамасы; r - фоторезистикалық жарықтандыруға тәуелділігі.

Термистордың шартты графикалық бейнесі.

Варисторлар - кедергісі қолданылған кернеу шамасына байланысты кедергі болып табылады.

Варисторлардың кернеуінің сипаттамалары кернеу ағысынан тәуелсіз болатын

учаскелері бар (6.4, б).

Варисторлардың негізгі қолданылуы автоматты басқару және реттеу тізбектеріндегі кернеуді тұрақтандыру болып табылады. ^

Варистордың шартты графикалық көрінісі [^ 5 -.

Фоторезисторлар кедергісі жарық шығарылымына байланысты болып табылады.

Фоторезистордың ағымдағы кернеудің сипаттамалары 6.4, б сурет. Ф2> 0 және Ф3> Ф2 жарық ағындарына және қараңғы ағынға (Ф1 = 0), сипаттамалары II және III-ге сәйкес келеді. Люкспен өлшенген жарықтандыруға арналған фоторезисторлық тоқтың тәуелділігі сызықты емес (6.4-сурет, d).

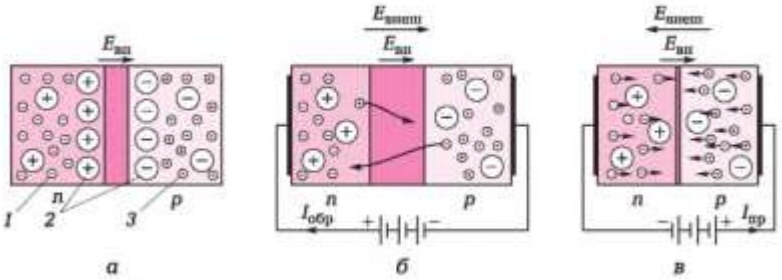
Фоторезистордың шартты графикалық бейнесі –

6.1.5. Электрондық-кемтіктік өткелдің қасиеті

Екі n- және p-типті жартылай өткізгіштер қосылған кезде, олардың арасында жолақ ені сыртқы электр өрісінің беріктігі векторының шамасына және бағытына байланысты n - p қосылыстары пайда болады.

Шекарадағы сыртқы өріс болмағанда, пр түріндегі жартылай өткізгіштерден келетін электрондардың бір бөлігі п-типті жартылай өткізгішке, ал тесіктердің бір бөлігі, керісінше, р-түрінен п-түріне дейін өзгереді. Бұл жағдайда позитивті зарядталған иондар п-типті жартылай өткізгіш жағының шекарасында, ал р-типті жартылай өткізгіш жағында теріс зарядталған иондар жиналады (6.5а-сурет). Ол кедергі қабаты деп аталады. Өтпелі кезеңнің шекарасында Евн қарқынды ішкі электр өрісі пайда болады. Сонымен қатар, көшу кедергісі өте маңызды.

Егер *n* — р-п өтулеріне сыртқы ($E_{внеш}$) өрісін қойсақ, Вектордың қарқындылығы бағыты ішкі өріс беріктігі векторының бағытымен сәйкес келеді, кедергі қабатының ені артады, әлеуетті тосқауыл өседі және негізгі тасымалдаушылар (электрондар мен тесіктер) өтпелі кезеңнен өтпейді (Сурет 6.5, б). Ол арқылы негізгі емес заряд тасымалдаушылары өтеді.



6.5 сурет. ***n*—**р-өтудің схемасы

а - сыртқы электр өрісі болмаған кезде; б. в - ішкі және сыртқы электр өрістерінің кернеуінің векторларының бірдей және кері бағыты үшін; 1 - еркін электрондар; 2 - оң және теріс иондар; 3 - бос тесіктер бұл жартылай өткізгіштердегі қоспалардың болуымен байланысты. Базалық емес тасымалдаушылар шағын кері ағыны $1_{пр}$ құрайды.

Егер сыртқы өріс ішкі және сыртқы өрістердің қарқындылығының векторлары қалпына келтірілсе және $E_{внеш}$> $E_{вн}$ теңсіздігі қанағаттандырылса, кедергі қабатының

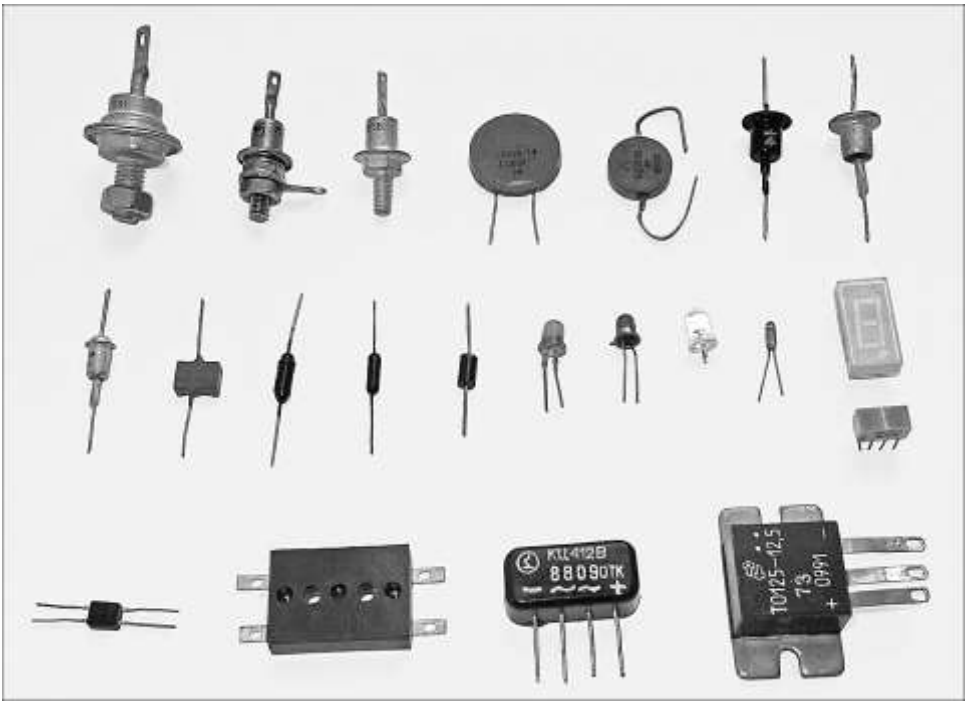
ені азаяды, ал ілгері ағыстың $1_{пр}$ мәні n -p қосылысы арқылы өтеді (6.5-сурет, с). n-p торабының ағымдағы кернеу сипаттамасынан (бұдан әрі - 6.7а-суретте қараңыз), n-p түйіні бір жақты өткізгіштігінің қасиетіне ие (қақпаның сипаты), яғни ол алдыңғы бағытта жақсы өткізіледі және іс жүзінде керісінше жүргізеді.

6.1.6 Диодтар

Біріктірілген n-p түйінінің негізінде өндірісте және технологияда әр түрлі болып табылатын диодтар (6.6-сурет) - жоғары жиілікті, қуат, анықтамалық, фотодиодтар, жарық шығаратын диодтар жасалады.

1 ^ = Жоғары жиілікті диодтар герман немесе кремнийдің кристалы бекітілген кристалл ұстағышына ие. Вольфрамды сым кристалмен байланысып, шекарада n-p өтуін қалыптастырады (вольфрам триваленты).

Жоғары жиілікті диодтар - нүктелік диодтар болып табылады. Олардың шағын ауыспалы аймағы бар, сондықтан шағын қуаты бар, сондықтан олар 100 МГц жиілікте қолданылады. Өнеркәсіп 10-100 мА түзетілген жоғары диапазондағы диодтарды және 10-нан 100 В-ға дейінгі кері кернеу (диодтың бұзылуы орын алғанда) өндіреді.



Сурет. 6.6. Диодтардың кейбір түрлерінің пайда болуы

Қуатты түзеткіш диодтар n-p түйісуінің айтарлықтай аумағына ие қорытпа құрылымы түрінде жасалады.

Герман немесе кремний пластинасында индий плитасы қолданылады, содан кейін екі пластина вакуумда қызады. Индий германийге қосылып, n-p өтуін қалыптастырады. Алынған кристал екі электродты корпусқа орналастырады.

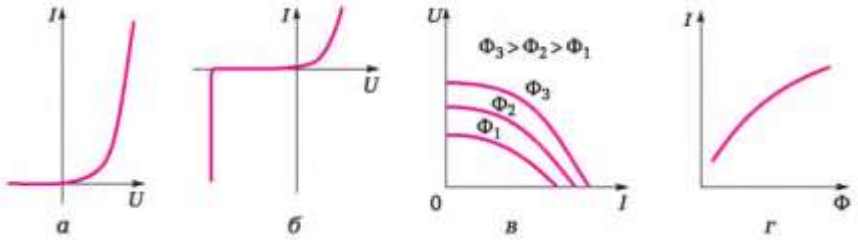
Қуат диодтары негізінен дыбыс жиіліктерінде жұмыс істейді, себебі олар n-p түйінінің айтарлықтай қуатына ие. Осы диодтардың ағымдағы кернеу сипаттамасы 6.7, а суретте сипатталған.. Өнеркәсіп түрлі диодтармен жұмыс істейді, мысалы:

редукторлар үшін 0,3 А дейін және кері кернеу 400 В дейін D226 диодтары;

Д302 - D305 диодтары 10 А дейін түзілген және 50 В дейін кері кернеу үшін;

диттелдер Д1004-Д1008, 100 мА редуктирленген және кері кернеуі 10 000 В дейін;

ВКВ-1000 диодтары - 1 000 А дейінгі токта жұмыс істейтін ауаны салқындататын қуатты германий.



6.7 сурет. Сипаттамалары: *а* — ВАХ диодтың қуаты; *б* — стабилитронның ВАХ; *в* —фотодиодтың ВАХ ; *г* — фотодиодтың жұмысының генераторлық жұмысы

Қуат диодтары рұқсат етілген кері кернеудің болуымен сипатталады, ол асып кетеді, ол n-p торабының жылытуына және оның бұзылуына (жылудың бұзылуына) алып келеді.

Диодты шартты графикалық бейнесі.

Тіректік диодтар үшін *(стабилитрондар),* тікелей ВАХ ие, қуат диодтарының ВАХ ұқсас, бұл жағдайда кері кернеуде көшкін тәрізді ойық болады, дегенмен оның құрамында қоспалар әдеттегі диодтардан 15 — 20 есе көп. Бұл атомдардың иондалуы мен n-p-түйісуі арқылы өтуге қабілетті электрондардың көшу үрдісі. Бұл жағдайда кернеу баяу жолмен өседі, ал кернеудің шамалы өзгеруі тоқтың маңызды өзгерістеріне әкеледі (6.7, б).

Көшкін тірізді ойық - сыртқы өрісті жоюдан кейін диодтың сипаттамалары қалпына келтірілетін құбылыс.

Өнеркәсіптік стабилизациясы бар стабилитон өндіріп шығарады олар 2 В (КС133, КС156) дан 200 В (КС650, КС680) дейін,стабилизация пен бірге 20 мА дан 1,5 А дейін, және 50 Вт дейінгі шашырау қуаттылығымен шығарылады.

Электрондық жабдықтардың кернеуді тұрақтандырғыштар тізбектерінде кремнийдің анықтамалық диодтары кеңінен қолданылды.

Стабилитронның графикалық кескіні -

Фотодиодтар — бұл құралдар, өткізгіштік *n* — p- оның өтуі оның

жарықтылығына байланысты.

Әр түрлі жарықтық ағындардағы фотодиодтың Вольт - амперлік сипаттамасы 6.7, суретте көрсетілген.

Сыртқы қуат көзі болмаған кезде, жарық әсерімен фотодиодтар кері токпен және белгілі бір аумақта жарық ағынын Ф (6,7, d) пропорционалды бағытта сәйкес келеді. Бұл генератор деп аталатын фотодиодтың жұмыс режимі жарық энергиясын күн батареяларында (мысалы, күн шатырларында, ғарыш аппараттарында, калькуляторларда) электр энергиясына айналдыру үшін кеңінен қолданылады

Фотодиодтардың шартты графикалық бейнесі -

Жарықдиод- электр сигналының әрекет етуіне тән толқын ұзындығының (қызыл, жасыл, көк) жарық кванттарын шығаруға қабілетті n-p түйісуіне негізделген құрылғы жарық шамдар мен басқа да жарық көздерінен айырмашылығы, жарықдиодтар инерциялық болып табылады. Негізгі қолданбалы индикация схемаларында (әріптер, сандар), жарықтандыру құрылғыларында табылған.

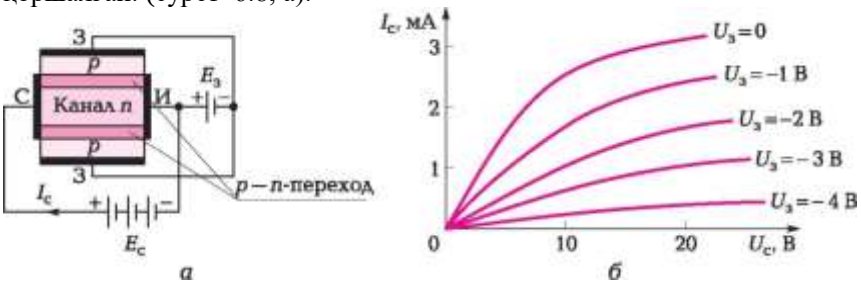
Жарық диоды -

6.1.7. ӨРІСТІ ТРАНЗИСТОРЛАР

Өрісті (бір полярлы) транзисторлар – бір *n* — p-ауысуы бар аспап, ол электр сигналын күшейтуге арналған.

Өз атауын бұл аспап, біріншіден биполярлық транзисторлар сияқты токпен емес тек өріске бағынатындықтан (6.1.8 бөліктен қара), екіншіден негізгі таратушының тек бір түрін қолданатындықтан (не электрон, не тесіктер) алған болатын.

Құрылымы жағынан өрісті транзистор n- немес p-өтімділігі бар кристалл тәрізді болады, барлық жақтан p- немесе n- өтімділігіне сәйкес жартылай өткізгіштермен қоршалған. (сурет 6.8, а).



Сурет 6.8. Өрісті транзистордың құрылымдық схемасы (а) және вольт-амперлік сипаттамалары

Кристаллдың л-өткізгіш қасиеті бар бүйіржақтарына электродтар қосылған, оларды бастау (Б) немесе ағынды (А) деп атайды. Р-аумағынан электрод шығарылған, оны бекітпе (Б) деп атайды.

Егер бекітпе мен бастаудың арасында 6.8, а суретінде көрсетілгендей, $E_з$ батареясын қосып қойса, оның ЭҚК өзгерту арқылы л- аумағының р-өтімділігін енің басқаруға болады, яғни л каналының кесу ауданын және оның кедергісін басқару мүмкіндігі туындайды.

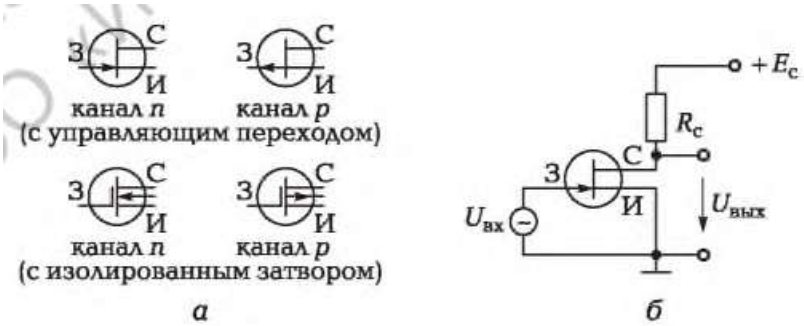
Электр өрісінің өткізбейтін бағытқа түсірілген кедергі өрісі қаншалықты көп болса, л – р өтімділігінің аумағы соншалықты кең болады және *S* каналымен *л* кесу аумағының кедергі көп болады (*R* = pl/S).

Егер бастау – ағу электродтарының арасында E_c батареясын қосып қойса, I_c тогы ағады, ол E_c батареясының ЭҚК-мен және л-кедерлігімен анықталады. Л – р өтімділігі кері бағытта жылжығандықтан және бекітпенің тогы аз болғандықтан, транзистордың кірулік кедергісі 10^6 Омға дейін жетеді. Ал жұмыс жиілігі 150 МГц-ке дейін жетуі мүмкін.

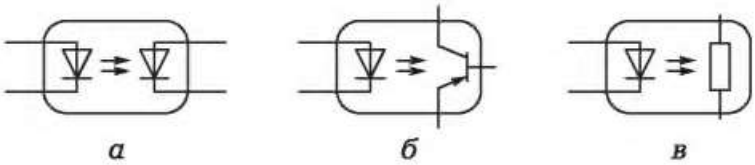
Өрісті транзистордың вольт-амперлік сипаттамалары 6.8, *б.* суретінде көрсетілген. Бұл күшейткіш қасиеттері бар ВАС-мен басқарылады, ол өрісті транзисторларды күшейткіш схемаларында қолдануға мүмкіндік туғызады.

Оқшауланған бекітпелі өрісті транзисторларды МОЖ (металл – оксид – жартылай өткізгіш) әзірлеу шығыстық кедергісін 10^{15} Ом-ға дейін өсіруге, ал жұмыс жиілігің 1 000 МГц-ке дейін көтеруге мүмкіндік берді. Осындай транзисторларда р жартылай өткізгіштің электрлік меншік кедергісін өзгерту арқылы ағу – бастау кедергісі өзгертіледі. Кернеудің күшею коэффиценті 100 дейін жетуі мүмкін.

Өрісті транзисторлардың шартты графикалық бейнесі 6.9, *а* суретінде, ал өрісті транзистор күшейткіштің схемасы 6.9, б суретінде көрсетілген.



Сурет 6.9. Өрісті транзистордың шартты графикалық бейнелері (а) және күшейткішінің схемасы (б)



Сурет 6.10. Оптрондар схемалары:
а — с фотодиодты; *б* — с фототранзисторлы; *в* — с фоторезисторлы

Өрісті транзисторлардың негізгі артықшылықтары:
кіру кернеулінің жоғарлығы;
Жоғары жиіліктік қасиеттері (1 000 МГц дейінгі жиіліктерде жұмыс істейді).

Оптрон — дегеніміз жартылай өткізгіш құралдар, олардың бір денесінде сәуле шығаратын көз (жарықдиод) және сәуле шығаруды қабылдағыш (фотодио, фототранзистор, фоторезистор) болады (сурет 6.10).

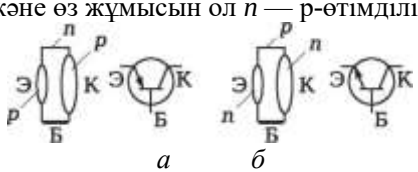
Құрылымы жағынан бұл элементтер келесідей орналасқан, элементтер арасында жақсы байланыс орнату үшін жарық ағыны және максималды гальваникалық айырым бойынша жайғастырылады. Оптрондардың өтімділік кедергісі 10^{11} Ом-ға дейін жетеді, сондықтан да, негізінде бөлек элементтерді электрлік босатуды қажет ететін схемаларда қолданылады. Бұл аспаптар сызықтық және дискреттік (релелік) сызбаларда қолданылады.

6.1.8. Биполярлы транзисторлар

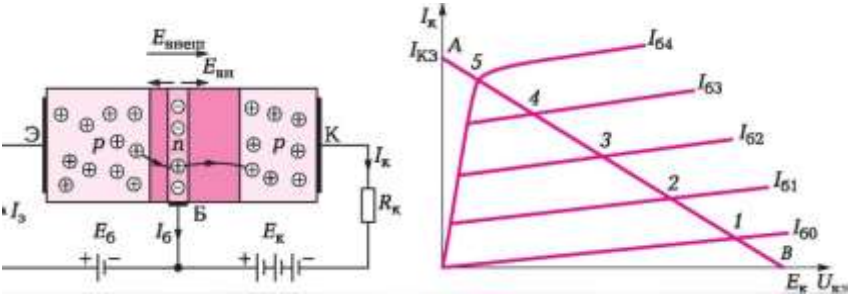
Биполярлы транзисторлар — бұл екі *n* — *p*-жартылай өткізгіштері бар транзисторлар, олар электр белгісін күшейту үшін қолданылады. Олар *p* — *n* — *p* немесе *n* — *p* — *n*-типті болуы мүмкін (сурет 6.11). Оларды кристаллға n-өткізгіштігі бар германий (немесе p-өткізгіштігі бар кремний) кесегін немесе *p*-өткізгіштігі бар индий (немес n-өткізгіштігі бар сүрме) екі жақтан балқытып қосу арқылы жасайды.

Биполярлы транзисторда үш электрод болады, олар: эмиттер, коллектор, негіз.

Өз атауын тасымалдаушылардың екі түрі (электрон дар және тесіктер) қатысатындықтан алды және өз жұмысын ол *n* — p-өтімділіктері негізінде жасайды.



Сурет 6.11.биполярлы транзисторларлың құрылымдық схемасы және шартты графикалық бейнелері : а — *p*—*n* —p-типті; *б* — *n* — *p*—n-типті

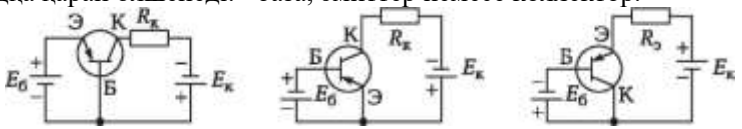


б

а

Сурет 6.12. Биполярлы транзистор:
а — *p*—*n*—р-типті транзистордың жұмысын айқындаушы схемасы,
б — жалпы эмиттеттері бар схемасындағы ВАС транзисторы

Екі типті транзисторларда өтетін процестер ұқсас, сондықтан да, *p* — *n* — р-транзисторының жұмысын қарастырумен тоқталайық (сурет 6.12, а).
n — р- өткізгіштерінің біреуіне (Б – К) $E_к$ батареясының кернеуі беріледі, бұл жағдайда өткізгіш кері бағытта ауыспалы болады ($E_{ішкі}$ и $E_{сырт}$ векторлардың кернеу бағыты бір-біріне сәйкес келеді). Бұл жағдайда, бірнеше микроамперге тең ток, коллекторлық тізбектін жүктемесі арқылы $1_{к0}$ негізсіз тасымалдаушылардың (аталмыш тесік базасында) тогы ағады. Егер өткізгішті тура бағытта жылжытып ($E_{ішкі}$ Ё$_{сыр}$ қарсы бағытталса), екінші *n* — р-өткізгішке (Э – Б) $E_б$ батареясын қосса, эмиттер тесіктері базаға қарай бағыт алады және де әрі қарай екінші *n* — р-өткізгішінің сыртқы өрісінің әсерінен коллекторға өтеді. Электр бейтараптылық заңына сай, эмиттерден коллекторға өткен тесік зарядтары, сыртқы тізбектен келетін ($E_к$ батареясынан) және коллектордың $1_к$ тогын жасайтын бос электрондармен толтырылады. База аумағында негізгі тасымалдаушы болып саналатын электрондар, $E_б$ батареясының ЭҚК әсерімен $1_б$ базасының тогын құрайды.
Транзисторды қосудың үш схемасы бар, олар (сурет 6.13): ортақ базасы бар; ортақ эмиттері бар және ортақ коллекторы бар. Олардың кірулік және шығыстық кернеуі бір электродқа қарап өлшенеді: база, эмиттер немесе коллектор.



Сурет 6.13. Транзисторды қосу схемасы:
а — ортақ базасы бар; *б* — ортақ эмиттері бар; *в* — ортақ коллекторы бар

Кернеу күшейткіштерінде ортақ эмиттері бар схемасы көбірек кездеседі.

Ортақ эмиттері бар вольт-амперлік сипатындағы транзистор, коллектор тогының коллектордың өткізгішінің кернеуіне тәуелділік болып көрінеді - тұрақты база тогы бар эмиттер (сурет 6.12, *б*). Егер база тогы әр түрлі болса, сызықсыз басқарылатын сипаттамалар жиынтығы пайда болуы мүмкін, оларды *транзистордың шығыстық сипаттамалары* деп атайды. Транзистордың шығу сипаттамаларына сай, $Я_к$ резисторының аударылған ВАС алуға болады, яғни кернеудің *АВ*тізбегін. Ол *В* ($U = E_к$, $1_к = 0$) нүктесінің бос жүрісі және А ($1_к = 1_{КЗ} = Е_к/Я_к$, $U = 0$) қысқа тұйықталу нүктесі бойынша құрылады. Аталған құрылым тасымалдаушы жұмысын талдауды жеңілдетеді, себебі ВАС транзисторының қиылысу нүктелері және ВАС резисторының аударылымы (1 – 5 нүктелері) бойынша коллектордың тогымен базаның белгіленген шығу кернеуін анықтауға болады.

Кіру каналының мөлшеріне қарай төмендегідей жұмыс тәртіптері бар:

1. Күшейткіш режимі (белсенді), бұл жағдайда жұмыс нүктесі кернеу тізбегі бойынша 1 және 5 кернеу нүктелері арасында жылжиды – күшейткіштің сызықтық режимы. Бұл режимде үйлесімді тербелістер күшейткіштері істейді. Сонымен қатар, күшейткіш кіруінде синусоидалық кернеу шығудағы синусоидалық кернеуге тең болады.
2. Қиылу режимі, база тогының $I_б < 0$ (1 нүктесінен төмен) мөлшеріне сәйкес болады. Транзистор жабылып коллектор тогы $1_{к0} = 0$ дейін төмендейді. $Я_{кэ}$ транзисторының кернеуі жоғары болады, $и_к$ кернеуі $Е_к$ ЭҚК-ға ұмтылады, ал $Р_к = и_к 1_{к0}$ тарнзисторындағы қуат нөлге ұмтылады.
3. Қанығу режимі, база тогының максималды $1_{б\ max}$ (5 нүктесінен жоғары) мөлшеріне тең болады. Бұл жағдайда $1_к$ тогы $1_{к\ max}$ тоыгна айналады және база тогы әрі қарай жоғарласа өзгермейді. $Я_{кэ}$ транзисторының шығу кернеуі аз (нөлге ұмтылады), $и_к = 1_к Я_{кэ}$ кернеуі нөлге ұмтылады. $Р_к = и_к 1_к$коллектор ауысуында ыдырайтын қуат – эмиттерде нөлге ұмтылады.

Транзистордың айыру режиміне қанығу режимі және кері өтуі лезде іске асады, бұл аталған кілттік тәртіпте, едәуір қуаты жүріп тұратын тізбектерді ауыстыруға мүмкіндік береді, бұл жағдайда транзистордың істен шығып қалу қаупі болмайды.

Кесте 6.1

Қуат	Жиілік		
	төмен	орташа	жоғары
аз	101 — 199	201 — 299	301 — 399
орташа	401 — 499	501 —599	601 — 699
үлкен	701 — 799	801 — 899	901 — 999

Қиылу және молайту режимдері логикалық автоматика құралдарында және қуат күшейткіштерінде, сонымен қатар кілттік тәртіпте істейтін құрылғыларда қолданыс тапты.

Ортақ коллекторы бар схема кеңінен қолданысқа енді. Осындай схемамен жұмыс жасайтын транзисторды *эмиттерлік қайталауыш* деп атайды, өйткені оның кернеуі бойынша нығайту коэффиценті бірге жуық болады және жүктеме салынған уақытта кернеу шамамен транзистор базасындағы кернеуге тең болады. Сонымен бірге, шығу сигналының фазасы кірмелік сигнал фазасына тең болады.

Эмиттерлік қайталауыштың шығыстық кедергісі өте аз, ал кірмелік кедергісі айтарлықтай жоғары болады, бұл аталған схеманы төмен омдық жүктемесі бар күшеткіш шығуын қиыстыру үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Транзистордың құжаттық мәліметтерінде мүмкін шекті параметрлер көрсетіледі:

коллектордың максималды тогы $1_{к\max}$;

коллектор – эмиттер өту барысындағы максималды кернеу — $и_{кэ}$;

коллектор ыдырататын максималды кернеу $Р_к$;

күшеюдің шекті жиілігі $/_{\max}$.

Өндірісте транзисторлардың екі түрін шығарады, олар: германийлік және кремнийлік.

Жартылай өткізгіш құралдардың шартты белгілері бірқатар әріптермен сандардан тұрады:

Бірінші әріп (сан) жартылай өткізгіштің материалын көрсетеді: Г немесе 1 — германий; К немесе 2 — кремний.

Екінші әріп – құрал типі: Д — диод; С — стабилитрон, Ф — фотоаспап; Б — басқарылатын шұра, Т —биполярлы транзистор, Ө — өрісті транзистор.

Үшінші элемент (үш белгілі сан) аспаптың қуатымен жиілігін көрсетеді (кесте 6.1).

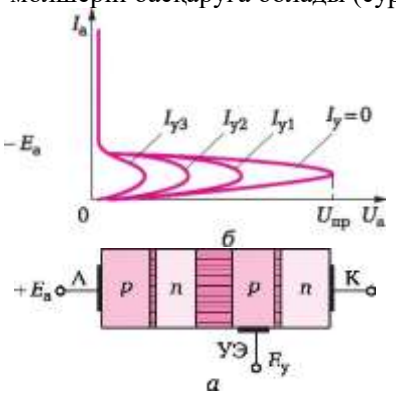
Төртінші элемент (әріптік) түрлемін көрсетеді. Мысалы, ГТ108А — А түрлеміндегі германийлік қуаты аз төмен жиілікті биполярлы транзистор.

6.1.9. Тиристорлар

Үш немесе одан да көп *n* — *p*-өткізгіштері негізде *тиристорлар*құрылады — жартылай өткізгіштігі бар аспаптар, оның басқарылатын ВАС және шұралық қасиеттері болады.

E_a көзінің кернеуін тиристордың шығу электродтарына (анод А және катод К) қосады, бұл жағайда (П1, П3) шеткі жалғастырғыш тура бағытта (ашық) жылжиды, ал П2- ортанғы жалғастырғышы кері бағытта (жабық) қалпында болады (сурет 6.14, а). Егер $E_у = 0$ болса, онда анод пен катод арасындағы кернеу $и_{пр}$ белгілі мәніне дейін өссе 1_a тогының аз ғана жоғарлауына әкеледі. $E_а = и_{пр}$ болса П2 жалғастырғышында (стабилитрондағыдай) көшкін тәрізді бұзылу басталады және П2 жалғастырғышы ашылады. 1_a тогы күрт жоғарлайды, ал тиристордағы кернеу 0,5 ... 1 В дейін төмендейді.

Бұл бұзылу жалғастырушының бүлінуіне әкеп соқтырмайды, яғни қайтымды болып саналады. Басқарылатын электрод арқылы П2 жалғастырғышына $E_у$ кернеуін қосса, $1_у$ тогының көмегімен $и_{пр}$ мөлшерін басқаруға болады (сурет 6.14, *б*).



Сурет 6.14. Тиристордың жұмысын түсіндіретін схема (а), және оның вольтамперлік сипаттамасы (б)

Тиристордың шартты графикалық белгілері :

Катод бойынша басқарылатын ;

Анод бойынша басқарылатын -

Өндірісте 2 000 дейінгі токқа және кернеуі 4 000 В дейінгі тиристорларды шығарады.

Тиристорларға салынған түзеткіштер (6.2 бөлікшені қара), басқарылатын электродқа қосылатын жүктемедегі түзетілген кернеуді бірсарында өзгерту арқылы ауыстыруға мүмкіндік береді. Аталған түзеткіштерді қуатты тұрақты тоқ қозғалтқыштарды басқару үшін қолданады.

6.1.10. Интегралдық микросхемалар

Өндірістік электроника аспаптарының қиындығының өсуі, яғни олардың құрамына кіретін белсенді (активті) және белсенді емес (пассивті) элементтердің өсуі, аспап бағасымен мөлшерінің өсіуіне алып келеді, сонымен қатар қолданатын қуат мөлшері де көбейеді.

Бұл жағдай функционалды қиын элементтердің пайда болуына алып келді, аталған элементтер элементтік интеграция негзінде құрылған.

Элементтік интеграция — бір шағын ғана күрделі элементте бірқатар жай элементтердің (резистор, конденсатор, диод, транзистор) қосылуы, олардың барлығы бір технолгия бойынша жасалады және бір біріне жұқа жалғастырушы көмегімен қосылады.

Жоғарыда аталған тәртіппен жасалған элементті *интегралдық микросхема* (ИМС) деп атайды. Ол аяқталған электр схемасы, оған бірқатар қызметтер тән болады. Микросхемалар күрделі электр құрылғыларды жасау барысында қолданылады, олардың қатарына, күшейткіш, коммутатор, есептеуші, есте сақтау құрылғылары, аналогтық-сандық және сандық-аналогтық жаңғыртушы және микропоцессорларды жатқызуға болады.

Микросхемалардың шағын габариттік өлшемдері және құрылымында өрісті транзистор қолдану, олардың қажет ететін қуат мөлшерін төмендетеді және ақпаратты өңдеу жылдамдығын әлдеқайда жоғарлатады. Микросхемаларды жасауды үйлестіруші және автоматтандыру стандартты технологиясы олардың жоғары деңгейдегі сенімділігімен төмен бағасын қамтамасыз етеді.

Жасап шығару технологиясы жағына интегралдық микросхемалар гибридті және жартылай өткізгіш болып бөлінеді.

Гибридті микросхемалар пленкадан тұрады, олардың диэлектрикалық материалдан жасалған төсем үстіне және корпусы жоқ элементтер: транзистор, диодтарға салынады. Резистор ретінде нихром жұқа қабықшасы қолданылады, ал диэлектрик ретінде— барий титанатының керамикалы жұқа қабықшасы қолданылады. Элементтерді бір бірімен байланыстыру және шығу шетеріне қосу үшін жалғастырушыларды жұқа алтын, мыс немесе алюминий пленкасы түрінде жасайды. Аспалы элементтер — диодтар, транзисторларды — жұқа қабықшалы микросхемаға балқыту немесе дәнекерлеу арқылы қосады. Жинақталған гибридтік микросхеманы металл немесе пластмас корпусқа жайғастырады.

Жартылай өткізгіш интегралдық микросхемаларды кристаллдың бөлек аумақтары қолданылады. Әр аумақ транзистор, диод, резистор немесе конденсатор қызметін атқарады.

Жартылай өткізгіштер микросхемаларының барлық элементтерін жартылай өткізгіштің кристаллындағы технологиялық процесстерден алады. Аталған процесс, қорғану маскасын қолданып поликристал кремнийді алғашқы өңдеуге негізделген, кейін ол әр түрлі өткізгіштігі бар материалдарға тотықтандырылып шаңдатылады. Екі типті де микросхемалар жоғары сенімді болады. Есептеулер бойынша, тіпті тым жүктеулі режимде олардың тоқтаусыз жұмыс істеуі орташа уақыты 10^6 с (100 жылдан астам тоқтаусыз жұмыс) жетуі мүмкін.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Өндірістік электроника құрылғыларында резисторлар және конденсаторлардың атқаратын қызметі?
а) электр аспаптарының бекітілген жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін;
б) бөлек түйіндердің қыздырылуын қамтамасыз ету үшін;
в) электр схемаларының каскадтары арасында байланысты қамтамасыз ету үшін;
г) электр қуат қорын қамтамасыз ету үшін.

2. Сипат тізімінде резистордың қандай негізгі сипаттамалары көрсетілген?
а) жұмыс тогы;
б) сейілу қуаты мен дәлдік класы;
в) түр мен номиналды кедергі;
г) жұмыс кернеуі.

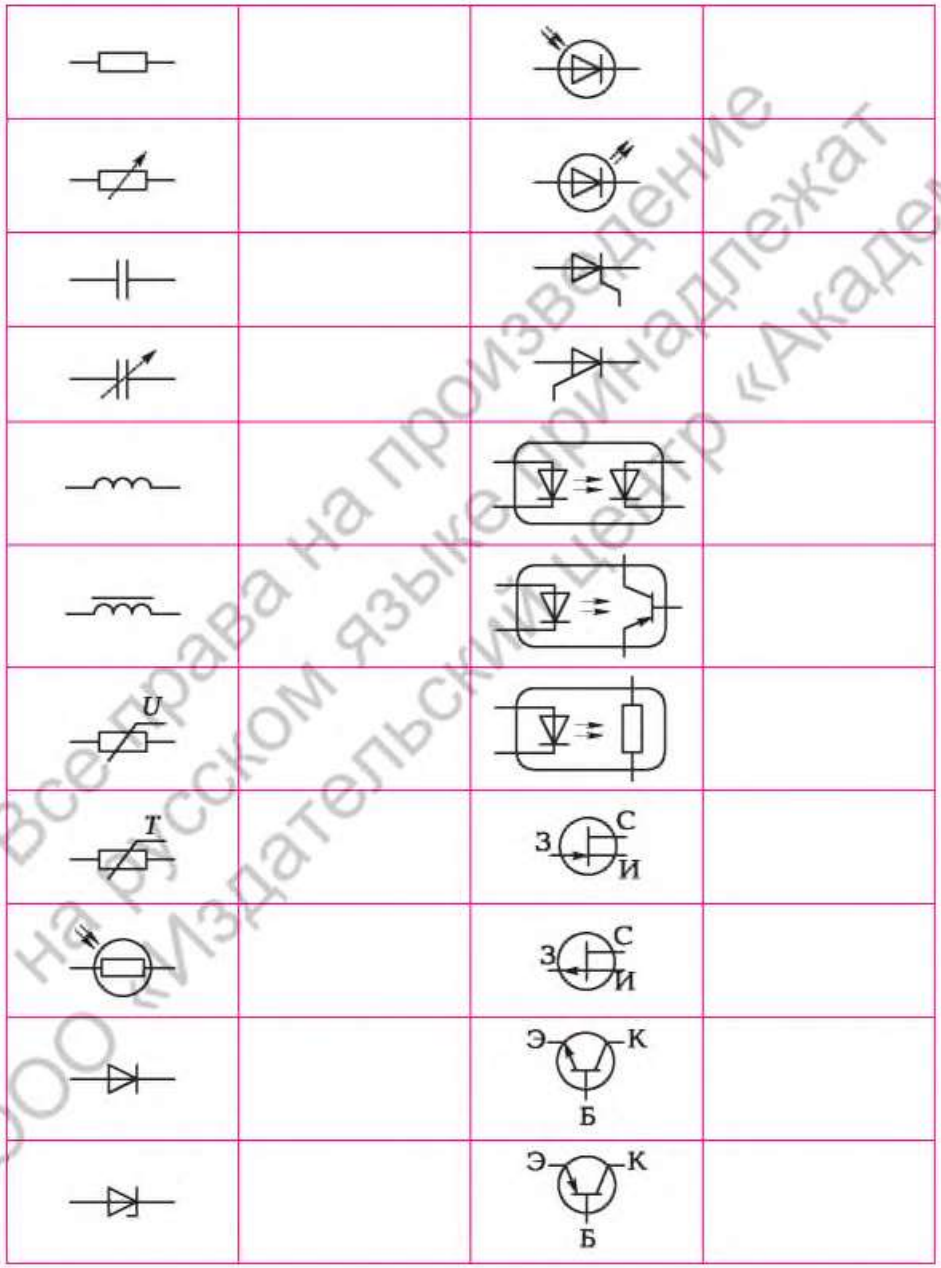
3. Сипаттізімінде конденсатордың қандай негізгі сипаттамалары көрсетілген?
а) түр мен жұмыс кернеуі;
б) номиналды сыйымдылық пен дәлдік класы;
в) сейілу қауты мен номиналды кедергі;
г) номиналды тоқ и пайдалану шарттары.

4. Жартылай өткізгіш техникада қандай екі негізгі материал қолданылады?
а) индий;
б) германий;
в) сүрме;
г) кремний.

5. *n* — *p*-өткізгіштігі бар аспапты тап.
а) шұралы;
б) екі жақты өткізгіштігі бар;

в) ауыспалы;
г) бір жақты өткізгіштігі бар.

6. Бір немесе бірнеше *n* — *p*-өткізгіштеріне негізделіп жасалған негізгі аспаптарды көрсет.
а) диодтар мен өрісті транзисторлар;
б) термо- және фоторезисторлар;
в) тиристорлар және биполярлы транзисторлар;
г) варисторлар және термисторлар.



Сурет 6.15. Жартылай өткізгіштігі бар элементтердің шартты графикалық кескіндері (9 тесттің 6.1 бөлімшесі)

Все права на произведение на русском языке принадлежат ООО «Издательский центр «Академ

7. Транзистордың негізгі режимын көрсет.
а) айырғыш;
б) күшейткіш;
в) кілттік;
г) біріктіруші.

8. Интегралды схемалардың бар түрлерін көрсет.
а) гибридтік;
б) интегралды;
в) жартылай өткізгіш;
г) дифференциалды.

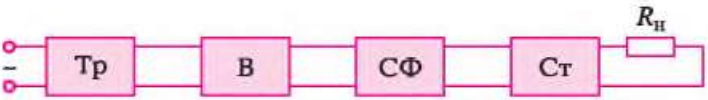
9. 6.15 суреттегі шартты графикалық кескіннің әр элементтің қасына төменде берілген тізімнен сәйкес сан қой
1 — конденсатор;
2 — варистор;
3 — л-каналды өрісті транзистор;
4 — фоторезистор;
5 — резистор;
6 — анод бойынша басқарылатын тиристор;
7 — биполярлы
л — *р*— л-транзистор;
8 — фотодиод;
9 — катод бойынша басқарылатын тиристор;
10 — р-каналды өрісті транзистор;
11 — оптрон «диод — фотодиод»;
12 — жарықдиод;
13 — биполярлы
р— *л* — р-транзистор;
14 — оптрон «диод — фоторезистор»;
15 — дроссель;
16 — диод;
17 — стабилитрон;
18 — айнымалы сыйымдылық конденсаторы;
19 — оптрон «диод — фототранзистор»;
20 — ауыспалы қарсыласу резисторы;
21 — терморезистор;
22 —ферруммагниттік өзекшесі бар дроссель.

6.2. ТҮЗЕТКІШ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

ТЕОРИЯ

6.2.1. Түзеткіш құрылғылардың құрамы мен элементтерінің міндеті

Түзеткіш құрылғылар айнымалы тоқты бір бағытты тоққа айналдыру үшін қолданады.



Сурет . 6.16. Түзеткіш құрылғының құрылымдық схемасы:
Тр — трансформатор; Т — шұра; СФ — бәсеңдеткіш сүзгі; Ст — стабилизатор

Жалпы алғанда, түзеткіш құрылғыға күштік трансформатор, шұра, бәсеңдеткіш сүзгі және стабилизатор кіреді (сурет 6.16).

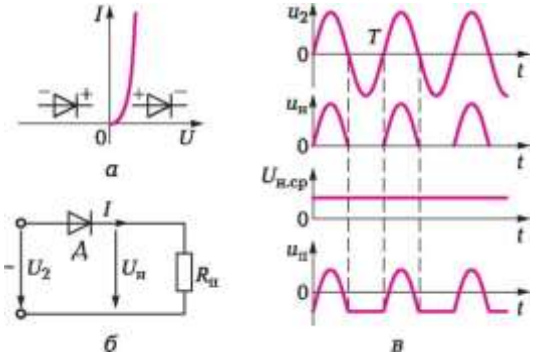
Түзеткіштердің екі негізгі түрі бар: бір жартылай кезеңді және екі жартылай кезеңді.

Қоректендіргіш фазалардың санына қарай түзеткіштерді бір фазалы және үш фазалы болып бөледі.

Түзеткіштер басқарылатын және басқарылмайтын болуы мүкін. Басқарылатын түзеткіштерде түзелген кернеу мағынасы реттелуі мүмкін. Электронды аспаптарды қоректендіру үшін қарапайымдау басқарылмайтын түзеткіштер қолданылады.

Трансформатор айнымалы кернеуді, мысалы 220 В, түзеткіш шығуында қажетті кернеуді қамтамасыз ететін, мысалы 20 В, айнымалы кернеуге айналдыру үшін арналған. *Шұра* айнымалы кернеуді пульсациялаушы кернеуге айналдырады, *бәсеңдеткіш сүзгі* түзетілген кернеудің пульсациясын азайтады, *стабилизатор* жүктеме түскен уақытта кернеуді тұрақты сақтайды.

Түзеткіштің негізгі элементтері шұра болып келеді – олар, желілік емес элементтер, олардың өткізгішітігі қолданылған кернеуге байланысты болады. Әдетте, шұра ретінде шалаөткізгіш диодта қолданылады. Диодтың вольт-амперлік сипаттамасы 6.17, *а* суретінде көрсетілген.


I
U
0
а
I
A
U2
Uн
Rн
б
u2
T
0
t
uн
0
t
Uн.ср
0
t
uн
0
t
в

Түзеткіштердің негізгі параметрлері төмендегідей болып келеді:
$и_{н \cdot ср}$ — жүктеме түскен кездегі түзетілген орташа кернеу;
4. ср — жүктеме түскен кездегі түзетілген орташа ток;
$P = и_{осн\ max}/и_{н \cdot ср}$ — түзетілген кернеудің пульсация коэффициенті (бұл жерде $и_{осн\ max}$ — түзетілген кернеудің негізгі гармоника амплитудасы);
$/_п$ — түзетілген кернеудің негізгі гармоника жиілігі (пульсация кернеуі).

6.2.2. Бір жарты кезеңдік бір фазалы түзеткіш

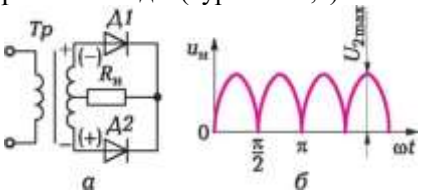
Бір жартылай кезеңдік түзеткіш схемасы 6.17, *б* суретінде көрсетілген.

U_2 трансформаторынан екінші орауының айнымалы кернеуі дәйекті қосылған диодпен Д жүктемелік $Я_н$ резисторға жеткізледі. Егер кернеу жартылай кезеңі оң болған жағдайда диод ашық болады және жүктеме арқылы тоқ ағады. Ал жарты кезең теріс болғанда диод жабық болады және жүктемеде тоқ болмайды.
$u_н$ түзетілген кернеуді $и_{н \cdot ср}$ тұрақты мөлшер ретінде және $u_п$ ауыспалы мөлшерінің құрамдас бөлігі түрінде көрсетуге болады (сурет 6.17, в). Жүктеме $и_{н \cdot ср}$ жүктемесі түскен кезде орташа түзетілген кернеу = 0,45 U_2 болады. Негізгі гармоника амплитудасы $и_{осн\ max} = 0{,}7U_2$ болады.
Пульсация коэффициенті $p = и_{осн\ max}/и_{н \cdot ср} = 1{,}57$ болады.
Пульсация жиілігі $/_п = f$ болады.
Әдетте, бір жарты кезеңдік түзеткіштер аз мөлшердегі қуат жүктемесін қоректендіру үшін қолданылады.

6.2.3. Екі жарты кезеңдік бір фазалы түзеткіштер

Екі жарты кезеңдік бір фазалы түзеткіштер арасында, орта нүктелі трансформатор негізіндегі түзеткіштер және көпірлі түзеткіштер көбірек қолданылады.

Осындай түзеткіштің схемасы орта нүктелі трансформатор негізіндегі түзеткіш бір жарты кезеңдік екі схемасына сәйкес, олар *Д₁ және Д₂* диодтарына салынған және ортақ $Я_н$ жүктемесінде жұмыс жасайды (сурет 6.18,а).



Сурет 6.18. Орта нүктелі трансформатор негізіндегі екі жарты кезеңдік түзеткіш:
а — түзеткіш схемасы; *б* — жүктемедегі кернеудің уақытша диаграммасы

Оң жарты кезеңде тоқ жүктемеге Д1 диоды арқылы, ал терісі Д2 диоды арқылы түседі. Нәтижесінде период кезеңінде жүктемеге кернеудің екі жартытолқын жалғанады. (сурет 6.18, *б*).
Бұл түзеткіштін кемшілігіне, трансформатордың қиын құрылымын және оның үнемсіздігін жатқызуға болады. Көпірлік түзеткіште айтылған кемшілік байқалмайды.
Көпірлік түзеткіш. Бұл түзеткіш төрт диодтан тұрады, олар көпірлік схема бойынша

қосылады (сурет 6.19, а). U_2 қоректендіргіш желісінің, тогының, диодтарының, кернеуінің жүктемесінің өзгерістері 6.19, б суретінде көрсетілген.

Егер, көпірлік схемада кернеу жартылай кезеңі оң болса Д және Д4 диодтары ашық болады да, тоқты жүктемеге өткізеді. Д1 және Д3 диодтары бұл жағдайда жабық болады. Егер кернеу жарты кезеңі теріс болса Д2 және Д4 жабылады, бірақ Д1 және Д3 диодтары ашылады және тоқты жүктемеге сол бағытта өткізеді.

Бір жарты кезеңдік түзеткішпен салыстырғанда бір фазалы екі жартылай кезеңдік түзеткіш орта кернеуді көбірек, пульсация амплиудасын аз және оның жиілігін көбірек қамтамассыз етеді, бұл бәсеңдеткіш сүзгілердің көмегімен пульсацияны басу міндетін оңайлатады.

$и_{н.ср}$ жүктемесіндегі орташа түзетілген кернеу $= 0{,}9\ U_2$.

Негізгі гармоника амплитудасы $и_{осн\ max} = 4U_{2\ max}/(3л) = 0{,}6U_2$.

Пульсация коэффициенті $p = и_{осн\ max}/и_{н.ср} = 2/3 = 0{,}67$.

Пульсация жиілігі $/_п = 2f$.

6.2.4. Үш фазалы түзеткіш схемалары

Үш фазалы кернеуді түзету үшін үш фазалы түзеткіштер кеңінен қолданылады. Бір жартылай кезеңдік түзеткіштің қарапайым схемасы 6.20, *а* суретінде көрсетілген. Бұл бейтарап нүктелі схема. Екінші реттік орама фазалары жұлдызшамен қосылған. Әр фазаға дәйекті түрде диод қосылған. Диод катодтары бір біріне жалғанған. Катодтардың ортақ нүктесімен бейтарап нүктесі арасында $Л_н$ жүктемесі қосылады.

Диодтар арқылы ток, тек анод потенциалы бейтарап нүкте потенциалынан жоғары болған жағдайда ғана жүреді. Кернеу арқылы жүретін нәтижелік тоқ барлық үш тоқтың қосындысы болады. Оның өзгерістерің 6.20.б, суретіндегі орай жанаспа көрсетеді.

$U_{н.ср}$ жүктемесіндегі орташа түзетілген кернеу $= 1{,}17\ и_2ф$.

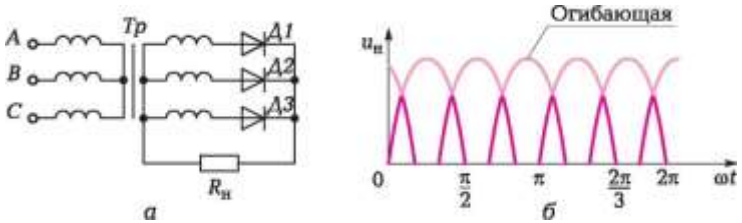
Негізгі гармоника амплитудасы $и_{осн\ max} = 0{,}29\ и_2ф$.

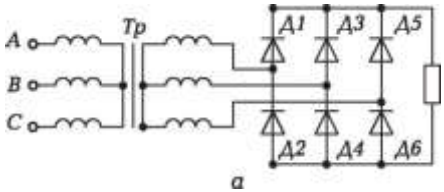
Пульсация коэффициенті $p = 0{,}25$.

Пульсация жиілігі $/_п = 3f$.

Үш фазалы түзеткіштің басқа схемасы Ларионов схемасы сияқты белгілі. Ол ортақ жүктемеге жұмыс жасайтын үш көпірлік схема болып көрінеді (сурет 6.21, а).

Үш фазалы екі жарты кезеңдік түзеткіште әр фазаның диодтары тоқты кернеуге жүктемені қоректендіретін екі жартытолқынға жібереді. Бұл, түзетілген жүктеме пульсациясын едәуір төмендетуге мүмкіндік туғызады. (6.21.б суретіндегі орай жанаушыға қара).





Сурет 6.21. Үш фазалы екі жарты кезеңдік түзеткіш:
а — түзеткіш схемасы; *б* — жүктемедегі кернеудің уақытша диаграммасы

$U_{н \cdot ср}$ жүктемесіндегі орташа түзетілген кернеу = 2,34$и_2$ф.
Негізгі гармоника амплитудасы $U_{осн\ max}$ = 0,13$и_2$ф.
Пульсация коэффициенті p = 0,057.
Пульсация жиілігі $/_п = 6f$.

6.2 кестесінде қарастырылған схемалардың негізгі параметрлері көрсетілген. Мағына U_2 түзеткіш кіруіндегі кернеу және f қоректендіргіш кернеудің жиілігі турасында жасалды.

Көпірлік схема бойынша жиналған қуатты үш фазалы түзеткіштерде басқарылатын шұра - тиристорлар кең қолданыс тапты. Аталған түзеткіштерді басқарылатын деп атайды. Тиристорлардың ашылу сәтін реттеген жағдайда, түзеткіш кернеудің мәнін біршама оңай және үнемді реттеуге болады.

Кесте 6.2

Түзеткіш	ин.ср /U2	и осн max / U2	*P*	4/f
Бір фазалы бір жарты кезеңдік	0,45	0,7	1,57	1
Бір фазалы екі жарты кезеңдік	0,9	0,6	0,67	2
Үш фазалы бір жарты кезеңдік	1,17	0,29	0,25	3
Үш фазалы екі жарты кезеңдік	2,34	0,13	0,057	6

6.2.5. Бәсеңдеткіш сүзгілер

Түзетілген кернеудің ауыспалы құрамдасын басу үшін шұра мен жүктеме арасына бәсеңдеткіш сүзгілер орналастырады.

Бәсеңдеткіш сүзгінің негізгі параметрі Бф тегістеу коэффиценті болып табылады. Ол кірулік және шығыстық пульсация коэффиценттері қатынасымен анықталады:

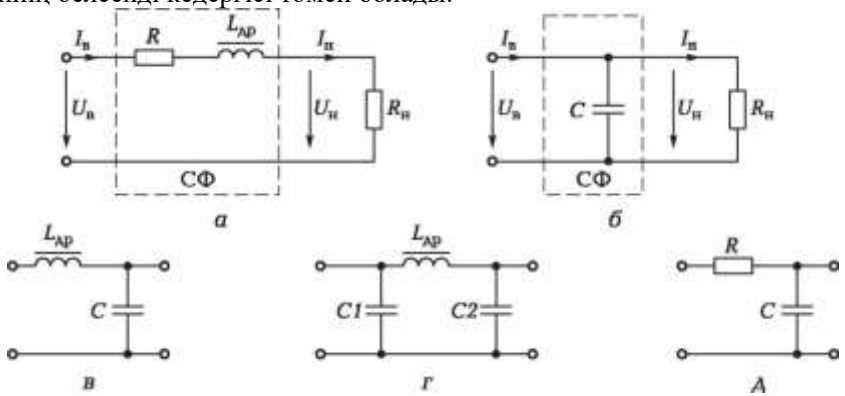
$$S_{ф} = \frac{p_{вх}}{p_{вых}}.$$

Кейбір құрылғыларда бәсеңдеткіш сүзгілер мүлдем керек жоқ (мысалы, тұрақты токпен жүретін электрқозғалтқыштардың қуаттандыратын түзеткіштерде, өйткені инерция моменті айтарлықтай болғандықтан қозғалтқыш роторы жоғары жиілікті пульсацияларға әрекет ете алмайды), ал басқаларында қуат блогынан шығуда пульсация коэффиценті 10^{-6} аспау керек (электронды микроскоп тартпасын қуаттандыру аспабы), бұл жоғары бәсеңдеткіш коэффиценті бар сүзгілер орнатуды қажет етеді.

Ең қарапайым бәсеңдеткіш сүзгілерге индуктивті және сыйымдылық сүзгілерін жатқызуға болады.

Индуктивті сүзгі (сурет 6.22, а) дроссель болып табылады, ол кернеумен дәйекті түрде қосылады.

Айтарлықтай индуктивті кедергі $X_L = 2nf_aL$ кернеудің ауыспалы құрамдасын едәуір төмендетеді, іс жүзінде тұрақты құрамдасын өзгертпейді, өйткені R дросселінің белсенді кедергісі төмен болады.



Сурет 6.22. Сүзгілердің схемалары:
а — индуктивті; *б* — сыйымдылық; *в* — Г-тәрізді LC-сүзгісі; *г* — П-тәрізді *LC- сүзгісі*; *д* — Г-тәрізді RC-сүзгісі

Айтарлықтай нақты деп $Бф = 2nf_{Tl}L/R_H$қабылдауға болады.

Индуктивті сүзгілер әдетте қуатты төмен омды тізбектерде қолданылады.

Сыйымдылық сүзгісі (сурет 6.22, *б*) жүктемеге қарсы қосылған конденсатор болып табылады. Егер сыйымдылық айтарлықтай болса түзелген тоқтың ауыспалы құрамдасына кедергі аз болады (X_C = 1/(2л/$_п$C) ^ R_h) және ол конденсатор арқылы өтеді, жүктемеге тоқтамайды. Жүктемеге тек түзелген тоқтын тұрақты құрамдасы ғана түседі.

Пульсацияны бәсеңдету принциптерін түсіну үшін, жүктемедегі кернеу көбейген кезде диод ашық болатынын және оның кедергісі төмен болғандықтан конденсатор дәл сол сәтте зарядталатынына назар аударған жөн. Кернеуді төмендеткен уақытта, диод жабылады және конденсатордың заряды диодтың кедергі жүктемесімен салыстырғанда әлдеқайда баяу төмендейді.

Сыйымдылық сүзгісі бар екі жарты кезеңдік түзеткішке Бф = 1,34/jjCRh айтарлықтай нақтылықпен қолдануға болады.

Сыйымдылық сүзгілері негізінен қуаты аз жоғары омдық тізбектерде қолданылады.

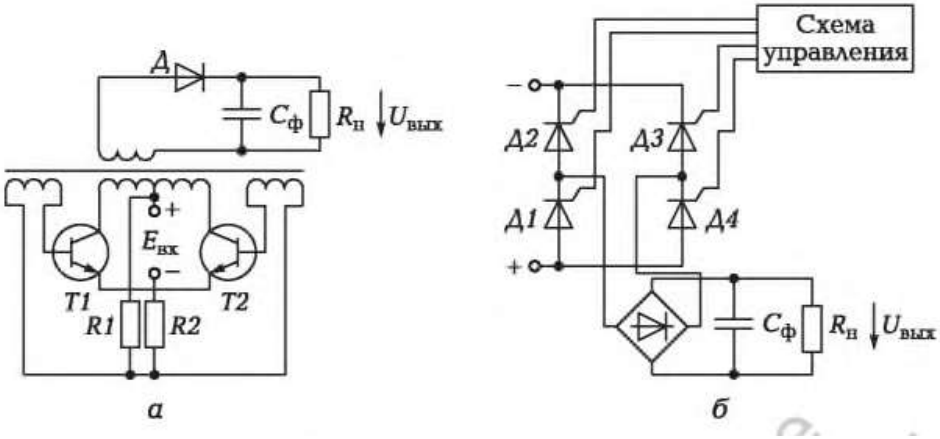
Түзетудің сапасы жоғары болу үшін индуктивті және сыйымдылық сүзгілерін біріктіреді, Г- тәрізді (сурет 6.22, в) немесе П-тәрізді (сурет 6.22, г) LC-сүзгілері алынады. Түзету коэффиценті сүзгінің буын коэффицентінің туындысына тең болады.

Аз қуатты көздерде Г-тәрізді RC-сүзгілерін қолданылады (сурет 6.22, д).

6.2.6. Инверторлар

Техникада түзткіш құралдармен қатар инверторлар да кеңінен қолданылады, инверторлар – тұрақты тоқты қажетті жиіліктегі айнымалы токқа түрлендіретін құрылғы. Олар тұрақты тоқ қуатын өткізгіш жүйелерде тұрақты кернеудін бір өлшемін (мысалы, төмен) екіншісінің тұрақты кернеуіне (мысалы, жоғары) түрлендіру үшін қолданылады. Түрлендіру түйіспесіз электронды кілттердің көмегімен жүзеге асырылады, кілт ретінде транзисторлар немесе тиристорлар қолданылады.

Аз қуатты электронды аспаптарда әдете транзисторлық схема қолданады. 6.23,а суретінде оң трансформаторлық кері байлансы бар транзистордағы инвертордың схемасы көрсетілген.



6.23 сурет. Инвертор схемалары.
а — транзисторарда; *б* — тиристорларда

Соңғысы инвертордың өздігімен қозуына және шығыста екіполярлы тікбұрышты импульстардың пайда болуына әкеп соқтырады. Бұл жағдайда транзисторлар кілттік режимде жұмыс істейді: біреуі ашық болса, онда екіншісі жабық болады. Трансформатордың шығыстық орамына қосылған сүзгілі түзеткіш инвертордың шығыуында $u_{шыг}$ тұрақты кернеуді қамтамасыз етеді, ол кірулік кернеуге қарағанда мәні басқа болады.

Қуатты схемаларда ауыстырып қосу құрылғылары ретінде тиристорлар қолданылады, оларды көпірлік схема бойынша қосады (сурет 6.23,б). Басқару схемасы тиісті тиристор жұптарының кезекпен ашылуын қамтамасыз етеді (*Д1 – Д3* немесе *Д2 – Д4*) , осылайша көпірдің бір диагоналіндағы тұрақты кернеуді екіншісіндегі айнымалы кернеуге айналырады. Алынған кернеу түзеткіш көмегімен қайта тұрақты кернеуге айналдырылуы мүмкін, бірақ тиристордың ашу бұрыштарымен анықталған шамасы басқа болады.

6.2.7. Тұрақты кернеу стабилизаторлары

Жалпы мәліметтер. Бір топ тұтынушыларға біршама тұрақты қоректендіруші кернеу қажет. Мысалы, радиомен хабар беретін және қисынды радиостанцияларды қоректендіру үшін кернеу 2 ... 3 % тұрақсыз болуы мүмкін, ал тұрақты кернеу күшейткіштері және жоғары дәлді класындағы кейбір өлшеу аспаптары үшін кернеу 0,001 % аспау керек.

Тұрақсыздандырғыш факторларға қоректендіргіш желі кернеуінің, кернеу тогын, қоршаған ортадағы температура және т.б. өзгерістерді жатқызуға болады. Тұрақты кернеудің берілген тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін арнайы құрылғылар қолданылады, олар: тұрақты кернеу стабилизаторлары.

Әрекет жасау қағидасы бойынша стабилизаторларды параметрлік және компенсациялық деп бөледі.

Параметрлік стабилизаторларда тұрақтандыру вольт-амперлік сипаттамасы бар түзеткіш элементтің ерекше сызықтық еместігінің есебінен қамтамассыз етіледі.

Сызықтық емес түзеткіш элементтер ретінде жартылай өткізгіш стабилитрондар кеңінен қолданылады.

Компенсациялық стабилизаторларда тұрақтандыру кернеу бойынша теріс кері байланыс есебінен қамтамасыз етіледі. Осындай стабилизаторлар шығыстық кернеудің автоматты реттеу жүйелері болып саналады.

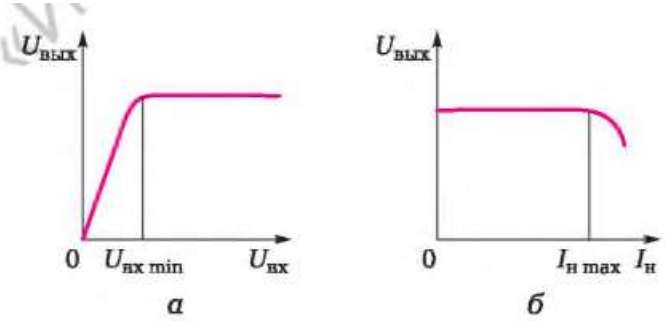
$И_{кір}$ кірулік кернеу немесе $1_н$ тоқ кернеуі өзгерген жағдайда $и_{шығ}$ стабилизаторының шығыстық кернеуі іс жүзінде өзгермейді. $И_{кір}$ өзгерген уақытта $и_{шығ}$ өзгеру сипаттамасы 6.24,а суретінде көрсетілген, ал $1_н$ өзгергерген жағдайдағысы 6.24, *б* суретінде бейнеленген.

Кернеу тұрақтануының сапасын анықтайтын негізгі параметр – тұрақтандыру коэффиценті $К_{ст}$.

Тұрақтандыру коэффициент кірулік кернеу бойынша шамалар арасындағы байланыстың салыстырмалы кірулік және шығыстық кернеуіне қарап анықталады, егер

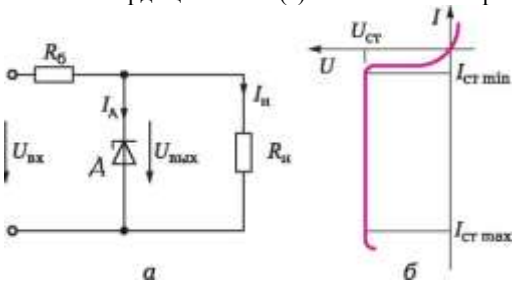
$$K_{ст1} = \frac{\Delta U_{вх} / U_{вх.ном}}{\Delta U_{вых} / U_{вых.ном}} = \frac{\delta U_{вх}}{\delta U_{вых}},$$

Бұл жерде $8и_{кір}$, $8и_{шығ}$ — кірулік және шығыстық кернеудің салыстырмалы өзгерістері болады.



Сурет 6.24. стабилизатор шығысындағы кернеу өзгерістері:
а — кірулік кернеу өзгергенде; *б* — тоқ кернеуі өзгергенде

Сурет 6.25. параметрлік стабилизатордың схемасы (а) және вольт-амперлік сипаттамасы ***(б)***



Ток бойынша тұрақтандыру коэффициенті салыстырмалы шама байланысымен, яғни тоқ жүктемесінің 84 және 8$и_{шығ}$ егер $и_{кір}$ = const: шығыстық кернеуімен анықталады.

$$K_{ст2} = \frac{\Delta I_н / I_{н.ном}}{\Delta U_{вых} / U_{вых.ном}} = \frac{\delta I_н}{\delta U_{вых}}.$$

Параметрлік стабилизатор. Стабилизатордың қарапайым схемасы 6.25, *а* суретінде көрсетілген.

Параметрлік стабилизатор *Я*$_б$ балластық резистор және Д шалаөткізгіш стабилитроннан тұрады. $И_{шығ}$ шығыстық кернеу Д стабилитронының $И_{ст}$ тұрақтануынатең.

ВАС-тың жұмыс аумағы болып, оның кері тармағындағы электрлік тесілу саналады, бұл жерде кең шамада тоқ өзгерген уақытта кернеу аз ғана өзгереді (сурет 6.25, *б*).

Стабилитронның маңызды параметрлеріне төмендегілер жатады:

$и_{ст}$ — тұрақтандыру кернеуі;

4т min — стабилитронның минималды тогы;

4т шах — стабилитронның максималды тогы.

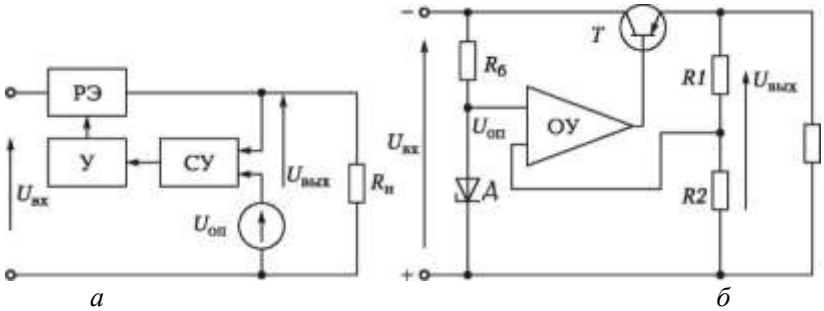
Параметрлік стабилизаторлар үшін $К_{ст}$ шамасы, әдетте бірнеше ондықтан аспау керек.

Компенсациялық стабилизатор. Стабилизатордың құрылымық схемасы 6.26, *а* суретінде көрсетілген.

Компенсациялық стабилизатор реттеуші элемент (РЭ), күшейткіш (К), салыстыратын құрылғы (СҚ) және тірек (эталонды) кернеуден $И_{оп}$ тұрады.

Кейбір элементтерді жиі біріктіреді. Мысалы, күшейткіш бір уақытта салыстыратын құрылғы қызметін атқара алады.

Стабилизатордың жұмысы барысында оны шығыстық кернеуі $и_{шығ}$ тірек кернеумен $и_{тір}$ салыстырылады. Егер $и_{шығ}$ кернеуі берілген деңгейден ауытқыған болса салыстыратын құрылғы шығысында тепе-теңдігі бұзылған (разбаланс) электр сигналы пайда болады.



Сурет 6.26. Компенсациялық стабилизатордың құрылымдық (а) және электр (б) схемалары

Бұл сигнал арта береді және реттейтін элементтің кірісіне жетеді, оның кедергісін тиісті жолмен өзгертеді. Кірулік кернеуі артқанда реттеуші элементтің кедергісі да артады, яғни оның кернеуінің азаюы да артады, төмендеген уақытта процесс те төмендейді. Процесс теңдіктің бұзылу (разбаланс) сигналы нөлге жетпегенше жалғасады. Бұл орайда, шығыстық кернеу берілген деңгейге оралады.

Компенсациялық стабилизатордың электр схемасы 6.26, *б* суретінде көрсетілген. Реттеуші элемент ретінде транзистор Т қолданылады, ал салыстыратын құрылғы және күшейткіш ретінде – операциялық күшейткіш – ОК қолданылады, оның бір кірісіне тірек кернеу көзінен – параметрлік стабилизатордан (R - Д) сигнал түседі, ал екіншісіне *R1* — *R2* бөлгішінен алынатын шығыстық кернеудің бір бөлігі түседі.

Параметрлік стабилизаторларға қарағанда компенсациялық стабилизаторлардың шығыстық кедергісі көбірек және тұрақтандыру коэффиценті әлдеқайда жоғары, ол бірнеше мыңға жетуі мүмкін, болады.

Күшейткіш коэффиценті қаншалықты көп болса, тұрақтандыру коэффиценті соншалықты көп және стабилизатордың шығыстық кедергісі аз болады.

ТӘЖІРИБЕ

Типтік тапсырмаларды шешу мысалдары

Анықтамалық деректерге сәйкес 2Ц103А түзеткіш бағанасы 40 мА топен кернеудің тура азаюы 7 В болады, ал 2 000 В кері кернеуде кері тоқ 0,1 мкА сәйкес болады. Диодтың тура және кері кедергісін анықта.

Шешімі. Берілген мәліметтер Ом заңына сәйкес, жоғарывольтті түзеткіш бағананың тура және кері тармақтағы үшін статикалық кедергісін анықтауға мүмкіндік береді. Тура кедергі $Л_{пр} = u_{пр}/1_{пр}$ = 7 В/0,04 А = 175 Ом, кері кедергі $Л_{обр} = u_{обр}/1_{обр}$ = 2 000 В/(0,1 • 10^{-6} А) = 2- 10^{10} Ом. Есептеулер бойынша, жоғарывольтті түзеткіш бағананың тура кедергісі жүздеген омға жетуі мүмкін, ал кері кедергі ондаған гигаоммен есептеледі (1 ГОм = = 10^9 Ом).

Жауабы. 2Ц103А түзеткіш бағананың тура кедергісі 175 Ом, ал кері кедергісі — 2- 10^{10} Ом. Осылайша, кері кедергі тура кедергіден 10^8есе артық.

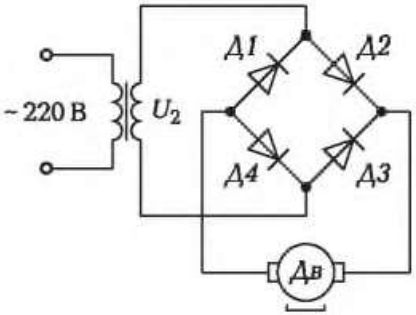
1. Кернеуі 220 В және 50 Гц болатын өндірістік желіден ДПМ-30-Н2 тұрақты тоқты электрқозғалтқыш жұмысы үшін түзеткіш қолданылады. Тұрақты магниттерден қоздырылатын қозғалтқышта келесідей негізгі электрлік параметрлері болады. $и_н$ = = 27 В; $1_н$ = 0,7 А.

Түзеткіш схемасын таңдап оның негізгі элементтерінің параметрлерін есептеп ал.

Шешімі. Бұл жағдайда, электрқозғалтқышты қоректендіру үшін тек екі элемент жеткілікті, олар: трансформатор және шұра. Бұл, түзетілген кернеудің айтарлықтай жоғарлығы қозғалқыштың жұмыс сипаттарына әсер етпейтінімен байланысты. Ол тек $и_{н.ср}$ орташа түзетілген кернеуге ғана әрекеттеседі.

Сипаттамаларына қарап шұра ретінде көпірлік қосылу схемасы бар КЦ402 болгын таңдаймыз, оның келесідей параметрлері болады: $и_{обр\ max}$ = 100 В, $1_{пр\ max}$ = 1 000 мА. Қозғалтқыш тура пульсациялаушы кернеуі бар көпір диагоналіна қосыла алады, екінші диагональ транформатордың екінші орамасына қосылады (сурет 6.27).

Сурет 6.27. Тұрақты тоқты электрқозғалтқыштың қоректену схемасы (6.2 бөлімшенің 2 тапсырмасына қосымша)



Екі жартылай кезеңдік бір фазалы түзеткіш үшін $u_{н\cdot ср}$ = 0,9 U_2,әсер ететін шама болғандықтан трансформатордынн екінші орамасында $U_2 = и_{н\cdot ср}/0,9 = 27/0,9 =$ 30 В болады.

Осылайша, түзеткіш жұмысына U_1 = 220 В бірінші кернеуі бар және U_2 = 30 В екінші кернеуі түзеткіш қажет. Трансформатордың номиналды қуаты $P_{ном} = U_2 I_h$ = 30- 0,7 = 21 Вт.

Жауап. Айнымалы 220 В кернеуі бар қоректену көзінен тұрақты тоқ қозғалтқышы жұмыс жасау үшін КЦ402 түзеткіш блогын қолданған жөн, ол трансформатормен кешенді жұмыс атқарады, оның екінші кернеуі 30 В тең, ал номиналды қуат – 21 В.

2. Егер шығыстық тоқ номиналды түрде 5 А, номиналды шығыстық кернеу 20 В болса тоқ бойынша түзету коэффицентін есепте. Бұл ретте, 3 – 7 А диапазонында кернеу тогының өзгеруі шығыс кернеудің 0,4 В-қа өзгеруіне әкеледі.

Шешімі. тоқ бойынша тұрақтандыру коэффициенті AUj^ шығыстық кернеудің өзгеру диапазонын анықтайды, егер ДД тоқ жүктемесінің өзерсе $К_{СТ}2$ = (Д4 /4.$_{Н}$о$_{М}$)/(ДU$в_{Ш}$ = (4/5)/(0,4/20) = 40 болады.

Жауабы. тоқ бойынша тұрақтандыру коэффициенті 40 тең.

3. R_h = 120 Ом жүктемесінде U^^ = 4 тұрақты кернеуін қамтамассыз ету үшін кернеудің параметрлік стабилизаторы қолданылады (6.25, а суретіне қара). Кірулік кернеуінің өзгеріс диапазоны 6 ... 10 В. $Я_б$ баластты резистордың кедергісін, оның сейілу қуатын анықта және стабилитрон түрін тап.

Шешімі. Кернеу тогы жүктемесін анықтаймыз: $1_н$ = U^/Rh = 4/120 = 0,033 А.

Балластық резистордың кедергісін табамыз: $R_б = (U_{вх\,min} - U_{вых})/I_н = (6 - 4)/0,033 = 61$ Ом.

ЭЦ қолданатын максималды тоқты анықтаймыз: $I_{max} = (U_{вх\,max} - U_{вых})/R_б = (10 - 4)/61 = 0,1$ А.

Стабилитрон арқылы максималды тоқты есептейміз: $I_{ст\,max} = I_{max} - I_н = 0,1 - 0,033 = 0,067$ А.

Шығыстық 4 В кернеуін қамтамассыз ететін және максималды тоқ аз дегенде 0,067 А есептелген стабилитрон түрін анықтамалық бойынша таңдаймыз.

Бұл талаптарға $E_{ст}$ = 3,9 В и $4_{т\ max}$ = 70 мА параметрлері бар КС139А стабилитроны сай.

Балластық резистордың максималды қуатын анықтаймыз: P = = $im_{ax}Rf$, = 0,01 • 61 = 0,61 Вт.

*Жауап.*4 В жүктемесіндегі 120 Ом кедергісі бар шығыстық кернеуді тұрақтандыру үшін КС139А стабилитроның, сонымен қоса балластық резистор, мысалы, МЛТ-1-62 қолдануға болады.

5. КЦ407А диодтық көпірінің вольт-амперлік сипаттамалары бойынша (сурет 6.28) -60, +25 және +85 °С температуралары үшін диодтың тура бағыттағы $1_{пр}$ = = 40 мА статикалық кедергі мағынасын тап. Ол мағыналарды салыстыр.

6. КЦ407А диодтық көпірінің вольт-амперлік сипаттамалары бойынша (сурет 6.28, *б*) оның үш температурада диодқа $и_{обр}$ = 150 В кері кернеу салынғанда кері бағыттағы статикалық қарсылық мағынасын тап. Ол мағыналарды салыстыр.

7. Шалаөткізгіш диодтарды тоқ схемаларында қолданған диодтарда тура тоқ жоғары болса тоқ қалай жалғайды?

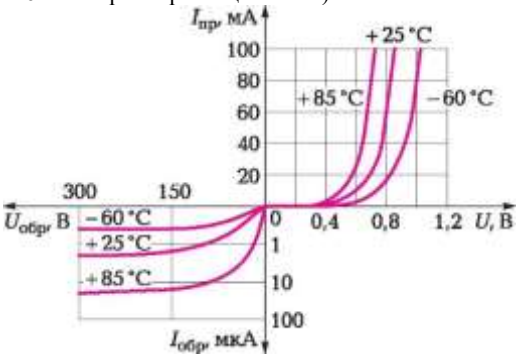
8. Диодта қолданылатын рауалы кері кернеудің максимумынан жоғары кернеуі бар схемаларда шалаөткізгіш диодтарды қалай байланыстырады?

9. Трансформатордың бастапқы орамасына $U_{1\ тх}$ = = 160 В кернеуі түседі, трансформация коэффиценті K_{21} = 0,1 болады, ал схемадағы әр шалаөткізгіш диодтың кедергісі 10 Омға тең боған жағдайда, жүктемелік резистор арқылы көпірлік түзеткіштің $Л_н$ = 140 Ом кедергімен ағатын тоқ мөлшерін анықта.

10. Сүзгі кірісіне кернеу айнымалы кернеу 50 Гц жиілігі бар екі жартылай кезеңді түзеткіштен келсе, индуктивтілігі 0,8 Гн-ға тең, 50 Ом кедергімен жұмыс жасайтын индуктивті сүзгінің пульсация коэффицентін анықта.

11. Егер сүзгі кірісіне кернеу 50 Гц жиілігі бар айнымалы кернеуден қоректенетін екі жартылай кезеңді түзеткіштен келсе, 1 кОм кернеуге жұмыс істейтін өлшемі 200 мкФ сыйымдылық сүзгісінің шығысындағы пульсация коэффицентін анықта.

Сурет 6.28. КЦ407А диодтық көпірінің вольт-амперлік сипаттамалары (6.2 бөлімшенің 5 және 6 тапсырмаларына қосымша)



Бәсеңдеткіш сүзгі	**Трансформатор**	**Стабилизатор**	**Шұра**

Сурет 6.29. Түзеткіш құралдың құрылымдық схемасы (6.2 бөлімшенің 13 тапсырмасына қосымша)

12. Мінсіз вольт-амперлік сипаттамасы бар стабилитрон кернеу стабилизаторының параметрлік тізбегінде қолданылады. $И_{кір}$ = (16 ± 1,6) В, $и_{ст}$ = 9 В, $1_{ст}$ = 10 мА, жүктеме тогы$1_н$ = = 8 мА белгілі. $1_{кір}$ стабилизаторының кірісіндегі тоқты және $Я_б$ балластық резистордың кедергісін анықта.

13. 6.29 суретінде түзеткіш құралдың құрылымдық схемасының бөлек блоктарын қажетті ретпен сәйкестендір.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Түзеткіш құралының негізгі элементтерін көрсет.
а) стабилизатор;
б) трансформатор;
в) диод;
г) күшейткіш;
д) сүзгі;
е) генератор.

2. Түзеткіштің негізгі параметрлерін көрсет.
а) түзетілген кернеу;
б) кірмелік кедергі;
в) пульсация коэффициенті;
г) түзетілген ток;
д) шығыстық кедергі;
е) пульсация жиілігі.

3. Бір жартылай кезеңді түзеткшіпен салыстырғанда екі жартылай кезеңді түзеткіштің негізгі артықшылықтарын тап.
а) түзетілген кернеу көп болады;
б) түзетілген кернеудің негізгі гармоника амплитудасы төмен болады;

в) пульсация коэффициенті төмен болады;
г) түзеткіштің кірудегі кернеуі көп болады;
д) шығыстық кедергі аз болады;
е) лүпіл жиілігі көп болады.

4. Түзеткіштерде шұра ретінде қандай элементтер қолданылуы мүмкін?
а) күштік диодтар;
б) жарық диодтар;
в) жоғарыжиілікті диодтар;
г) тиристорлар;
д) фотодиодтар;
е) $U_{2\ max} <$ $и_{ст}$–тағы тіректік диодтар.

5. Индуктивті сүзгінің жұмыс негізі қандай?
а) лүпіл жиілігі өскен кезде индуктивті кедергінің артуы ;
б) индуктивті кедергі кернеудің ауыспалы құрамдасының төмендеуі;
в) жүктеме қарсылығымен салыстырғанда сүзгінің индуктивті кедергісінің едәуір көптігі;
г) индуктивтілік жоғарлаған жағдайда индуктивті кедергінің артуы;
д) жүктеме кедергісімен салыстырғанда сүзгінің индуктивті кедергінің едәуір төмендігі;
е) пульсация жиілігінің өсуі.

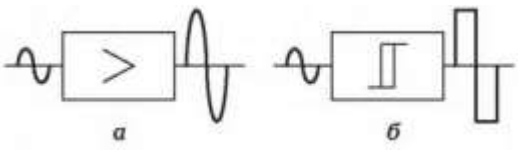
6. Сыйымдылық сүзгісінің жұмыс негізі қандай?
а) пульсация жиілігі өскен кезде сыйымдылық кедергісінің артуы
б) кернеу кедергісін конденсатормен шунттау;
в) жүктеме кедергісімен салыстырғанда сүзгінің сыйымдылық кедергісінің едәуір көптігі;
г) диод ашылған кездегі конденсаторды зарядтау;
д) жүктеме кедергісімен салыстырғанда сүзгінің сыйымдылық кедергісінің едәуір төмендігі;
е) жүктемедегі конденсатор зарядының бітуі.

7. Компенсациялық кернеу стабилизаторының құрамына не кіреді?
а) тірек кернеу көзі;
б) реттеуші элемент;
в) қосылу индикаторы;
г) салыстыратын құрылғы;
д) түзеткіш;
е) күшейткіш.

ТЕОРИЯ

6.3.1. Күшейткіштің нысаны мен түрлері

Күшейткіш — бұл электрмен қуаттандыру көзінің энергиясы есебінен электрлік сигналдардың қуатын күшейтетін құрылғы.
Жұмыс тегі бойынша күшейткіштер келесідей түрлерге жіктеледі:
шығыста кіру белгісіне пропорционалды сызықтық (пропорционалды), кіру сигналында пропорционалды сигналды (сурет 6.30, а);
релелік, кіру сигналы пішінінен шығыста ерекшеленетін сигнал формасы, бұл жерде шығыс сигналы белгіленген деңгейдің кіріс сигналына қол жеткізген кезде ғана пайда болады (сурет 6.30, б).
Мақсатына байланысты ерекшеленеді: тоқ күшейткіштері; кернеу күшейткіштері; қуаттылық күшейткіштері.
Белгілер спектрінің сипаттамасы бойынша күшейткіштер келесідей түрлерге жіктеледі:
тұрақты тоқтың күшейткіштері (ТТК) — тұрақты тоқтың, сонымен қатар, үлестік герцтен бірнеше килогерцке дейін электрлі сигналдарын күшейтеді;
төмен жиілік күшейткіштері (ТЖК) —10 Гц ден 20 кГц-ке дейін; кең жолақты күшейткіштер (КЖК) — бірлік герцтерден ондық мегагерцтерге дейін;
таңдаулы күшейткіштер (ТК) — тек бір ғана электрлі сигналдарды күшейтеді.
Күшейткіш каскадтар арасында келесідей болып табылуы мүмкін: реостатты-сыйымдылықты (RC-байланыс) — ТЖК және ТК қабылданады; трансформаторлық — ТЖК мен ТК-да қолданылады; гальваникалық — ТЖК да қолданылады (тек кедергілердің көмегімен).



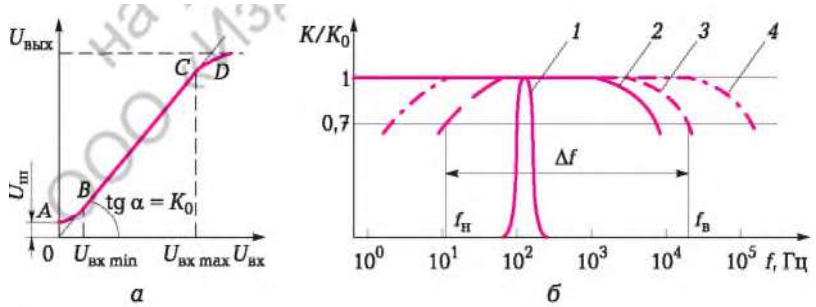
Сурет 6.30. ұзындықты (а) және релелік (б) күшейткіштер

6.3.2. Күшейткіштің параметрі мен сипаттамалары

$K_U = = U_{вых}/U_{вх}$ — қуаты бойынша күшейту коэффиценттері ажыратады, бұл — кірістегі ауыспалы тоқ құрамы қатынасы, сонымен қатар, тоқтың өсу коэффициенті Kj және қуат күші Кр— кіріс және шығыс токтар мен қуаттылықтық ара қатынасы.
Көпкаскадты күшейткіштердің күшейту коэффициенттері: К = каскадтардың күшейту коэффиценттерін өндіруге тең болып табылады.
Сонымен қатар күшейткіштердің қасиеттері төмендегідей бағаланады:

■ орташа жиілікте алынатын амплитудалық сипаттамалармен $U_{вых} = f(U_{вх})$ (сурет 6.31, а). А нүктесі $U_{вх} = 0$ сәйкес келеді, шығыс $U_{вых} = U_{ш}$ (шудың кернеуі); В нүктесі — $B = U_{вх\,min}$; ВС қиындысы күшейткіш жұмысының жолақты диапазонына сәйкес келеді және орташа жиіліктегі күшейту коэффициентін анықтайды K0 = tg a; D нүктесі — жолақтық емес бұрмалаулар кезіндегі кірістегі максималды қуаттылығы белгіленген деңгейден аспайды (мәселен, 5 %);

■ K/K0 жиілікті сипаттамасымен = у(/), ол өзгертілмейтін кіріс сигналындағы жолақты диапазонла алынады және көбінесе логарифдік масштабта көрсетіледі (сурет 6.31, б). Жиілікті сипаттама K/K0 қатынасы жиіліктердің белгілі аумағында ғана тұрақты болып табылатындығын көрсетеді. Төменгі (/т) және жоғарғы (/ж) жиіліктердің арасындағы диапазон K/K0 максималды қатынасынан 0,7 деңгейінде орналасқан Д/ = /т - /ж күшейткішінің өткізгіштік жолағын анықтайды.



Сурет 6.31. Күшейткіш сипаттамалары:
а — амплитудалық; б — ТК үшін жиілікті (1 қисықты), ТТК (2), ТЖК (3) және ШУ (4)

6.3.3. Күшейткіштің жұмыс қағидасы мен тәртібі

Жартылай өткізгішті күшейткіштің негізгі элементтері болып табылады (сурет 6.32, а):

■ Т транзисторы —ис электр сигналдарын күшейтетін ВАХ–пен басқарылатын белсенді элемент;

■ белсенді элементтермен бірізді қосылатын Як жүктемесі;

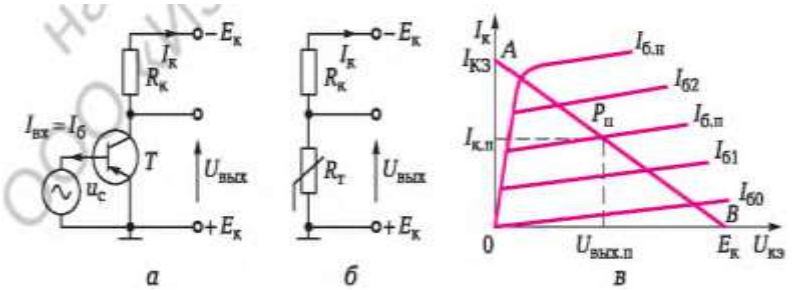
■ Ек қуат көзі(тұрақты ток).

6.32, б суретінде Т транзисторы жолақты емес Ят резисторымен көрсетілген күшейткіштің эквивалентті схемасы келтірілген. Мұндай схемасының талдауды транзитордың ВАХ-ты және қуаттан аударылған ВАХ–ты пайдала отырып жасауға болады. (сурет 6.32, в). Соңғысы екі нүктеде құралады;бос жүріс; ($I_к = 0$; $U_{вых} = E_к$ — точка B) пен қысқа тұйықталуда ($I_к = I_{КЗ} = E_к/R_к$; $U_{вых} = 0$ — точка A).

Кіру сигналының амплитудасы мен АВ салмақты түзудің жұмыс нүктесінің орналасуына байланысты күшейткіш келесі жағдайларда жұмыс істей алады:

■ жолақты тәртіпте (А классы) — жұмыс нүктесі қуатты түзудің орта бөлігінле орналасады $2I_{вхmax} \leq (I_{б.н} - I_{б0})$. $U_c = 0$ болған кезде шығыстағы қуат $U_{вых} = U_{вых.п} = E_к/2$ болады. Жұмыс нүктесі жүктеме бойының ортасында орналасады (қуатсыз Рт нүктесінде). Күшейткіштің кірісінде синусоидальді заңға сәйкес өзгеретін гармоникалық сигналдың пайда болуы, жұмыс нүктесін Рт нүктесінен жылжуға мәжбүрлейді, мәселен, жүктеме бойы бойынша жоғары қарай, одан кейін тура сондай қашықтыққа Рт нүктесінен жүктеме бойынша төмен қарай. Бұл кездегі шығыстағы қуат $U_{вых}$ Бас кезінде төмендейді (нөлге қарай тартылса), одан кейін осындай көлемге өседі (Ек қарай тартылады). Сөйтіп, күшейткіш шығысында пайда болады.

Суретте: $U_{вых}$ - $U_{шығ}$



Сурет 6.32. Күшейткіш жұмысының түсініктемесіне иллюстрациялар: а — күшейткіштің электрлі схемасы; б — орнын ауыстыру схемасы; в — транзитордың ВАХ-ы , аударылған ВАХ пен жүктемелер

К рет кірістегі сигналмен салыстыру бойынша күшейтілген гармоникалық сигнал. Осы тәртіп қуаттылық күшейткіштері үшін негізгі болып табылады. ПӘК бұл режимде 25 % маңайында ғана;

■ айыру (В класс) режимінде, жұмыс нүктесі тиемелі түзудің төменгі жағында орналасқанда (В нүктесімен сәйкес келеді), ал Ікірmax < (1б.н - 1бо)болады. Бұл жағдайда транзистор диод ретінде жұмыс істейді, тоқты бір жаққа қарай өткізеді және кері қарай өткізбейді. Транзистор шығысында біржартылай мерзімді түзеткіштің шығысындағы сигналдарға ұқсас сигналдар қалыптасады. Бұл режимдегі ПӘК шамамен 70 %. Бұл тәртіп екі тактілі қуаттылық күшейткіштерінде пайдаланылады;

■ Негізгі режимде (D класс) $I_{вхmax} \gg (I_{б.н} - I_{б0})$. Бұл жағдайда транзистор оқтын-оқтын жұмыс істейді, кейде айыру тәртібінде, кейде қанықтыру тәртібінде. Оның кедергісі шексіздіктен нөлге дейін сәйкесінше өзгереді, ал шығыстағы кернеу —Ек ден нөлге дейін. Шығыстағы сигналдың тік төртбұрышты пішіні бар. Осы тәртіптегі ПӘК 95 % шамасында. Бұл тәртіп автоматиканың импульсті құрылғыларында пайдаланылады.

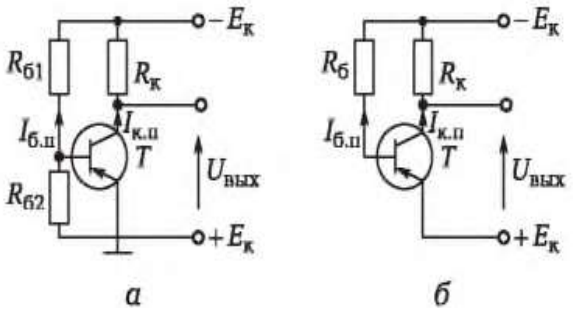
Шығыстағы жағдайы 1б = 1б.п. болса, онда 1к = 1к.п және $U_{вых}$ = Ек - - 1к.пЯк. База тогының ұлғайтылуы 1б 1к коллекторы тогының ұлғайтылуына әкеп соғады. Тиісінше, иЯк = 1кЯк ұлғайтылуы мен $U_{вых}$ = Ек - 1кЯк төмендеуіне әкес соғады. 1б негізіндегі тоқтың азайтылуы 1к азайтылуына және сәйкесінше $U_{вых}$ ұлғайтылуын сәкес соғады. Сөйтіп, кіріс пен шығыстағы кернеу қарсы фазаларда өзгереді.

Р жұмыс нүктесін жүктеу түзуіндегі қажетті орында қалай бекітуге болады? Ол үшін қажетті база тогы база мен эмиттер арасында қосылған автономды көз қамтамасыз ете алады (6.12, а суретін қараңыз). Алайда, негізгі қолдануды Ек.қамту көзінің бірегей коллекторлы кодын пайдалану арқылы тапты.

Бұл жағдайда жұмыс нүктесінің бекітілуі екі түрлу амалмен орындалуы мүмкін:

- негізгі айырғыш базасы потенциалының өзгертілуімен;
- база тізбегіне резисторды қосу арқылы база тогын өзгертілуімен.

$R_{б1} - R_{б2}$ базалық айырғышын Ек көзіне паралельді етіп қосады (сурет 6.33, а). Бұл транзистор негізінде корпусқа қатысты потенциалды алуға мүмкіндік береді, ол $R_{б1}$ және $R_{б2}$ резисторының арақатынасына байланысты 0 ден -Ек – ге дейін өзгереді. Бұл жағдайдағы жұмыс нүктесі А және В нүктелерінің арасында қуатты бойдың кез-келген жерінде орналасуы мүмкін (6.32, в суретін қараңыз).



Суретте: $U_{вых}$ - $U_{шығ}$

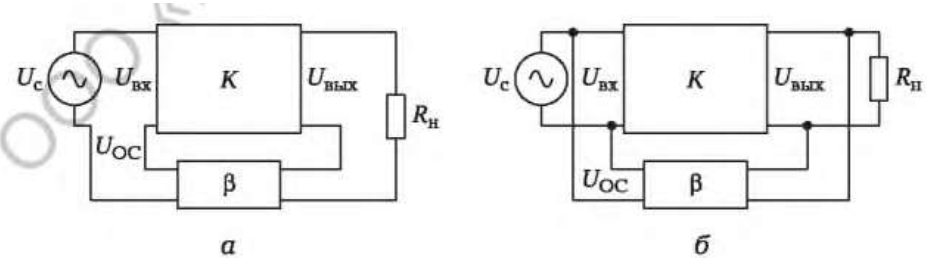
6.33 суреті. Жұмыс нүктесін бекіту схемасы: а — негізді бөлінгіштің көмегімен; б — база нүктесінің көмегімен.

$I_{б.п}$ қуатсыз базасының тоғы сонымен қатар, Ек қысқышы мен транзистор базасының арасындағы R_6 резисторының қосылуымен қамтамасыз етіледі (6.33, б суреті). R_6 резисторының кернеуінің өзгеруі база тогын өзгертуге мүмкіндік береді.

6.3.4. Күшейткіштердің ішіндегі кері байланыс

Транзистор кемшілігі — күшейткіштің элементтерін негізгі элементтерінің бірінде — сипаттамалардың температурадан елеулі

тәуелділігі. Бұл тоқ немесе кернеудің тұрақты құрамы бойынша кері байланыс (КС) жүргізу есебінен термотұрақтандырудың арнайы схемалардың күшейткіштерінде қолдануды талап етеді. Күшейткіш кірісінде шығыс сигналының әрекет етуі күшейткіштердегі кері байланыс болып табылады.
Кері байланыс бірізді (сурет 6.34, а) және паралельді (сурет 6.34, б), бұл сигналдың тұрақты құрамды және ауыспалы құрамды болуы мүмкін.
КБ тізбегінің тасымалдау коэффициенті $\beta = = U_{ОС}/U_{вых}$ формуласы бойынша анықталады және $U_{вых}$ күшейткіштің шығыстағы кернеуіне күшейткіштің кірісіне берілетін қуаттылық қатынасы болып табылады. Ол шығыстағы сигналдың қандай бөлігі күшейткіштің қандай сигналы күшейткіштің кірісіне берілетінін көрсетеді.



Суретте: Uвых - Uшығ, UОС – UКБ
Сурет 6.34. Күшейткіштердегі кері байланыс: а — бірізді; б — параллельді

Егер КБ сигналы кірісук кіріс сигналымен бірге фазада берілсе (β> 0), онда КБ оң, егер керу фазада болса (β< 0) — теріс болып табылады.
Кері байланыс күшейткіштің күшейту коэффицентіне әсер етеді.
КБ жоқ күшейткіштегі күшейту коээфиценті.

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{с}} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}.$$

КБ оң болған жағдайда (β> 0) күшейткіштің кірісіндегі қуаты $U_{вх} = U_{с} + U_{ОС}$ болып табылады. Бұл жерде күшейту күшейткіштің күшейту коэффиценті оң жақ кері байланысымен

$$K_{ОС} = \frac{U_{вых}}{U_{с}} = \frac{U_{вых}}{U_{вх} - U_{ОС}} = \frac{\frac{U_{вых}}{U_{вх}}}{1 - \frac{U_{ОС}}{U_{вх}}} = \frac{\frac{U_{вых}}{U_{вх}}}{1 - \frac{U_{ОС}}{U_{вых}}\frac{U_{вых}}{U_{вх}}}.$$

Себебі

$$\frac{U_{вых}}{U_{вх}} = K \text{ и } \frac{U_{ОС}}{U_{вых}} = \beta,$$

$$K_{ОС} = \frac{K}{1-\beta K}.$$

Оң КБ күшейткіштің күшейту коэффицентін шақырады. $\beta K = 1$ болған кезде кері байланыс сыни болып табылады, себебі бұл сәтте $K_{ОС} \to \infty$, яғни күшейткіш $U_{вых} \neq$ 0 болғанда, ишығ ^ 0 болып табылады, ол сол себепті өздігінен қоздыру режиміне (генерацияға) ауысады.
Күшейткіштердегі оң КБ қолданылмайды, ол тек автогенераторларда ғана қоданылады.
Теріс кері байланыс болған кезде (β< 0) кірістегі кернеу икір = ис – иКБ болып табылады.
Бұдан

$$K_{ОС} = \frac{U_{вых}}{U_{с}} = \frac{K}{1+\beta K}.$$

Теріс керу байланыс (ТКБ) күшейткіш күшінің коэффицентінің азайтылуына әкеп соқтырады, бұл оның жұмысының тұрақтылығын жоғарылатуға мүмкіндік береді, яғни, әртүрлі пайдалану жағдайларында өздігінен қоздыруды болдырмау (қамту көзінің, қоршаған орта температурасының өзгеруі, сынған жағдайда элементтердің алмастырылуы, және т.б.). ТКБ-ның бар болуы оның күшейткіштегі шығыстағы кернеуін азайтып және оның кірістегі кернеуін ұлғайтуға мүмкіндік береді, ол өз кезегінде оңтайлы фактор болып табылады.

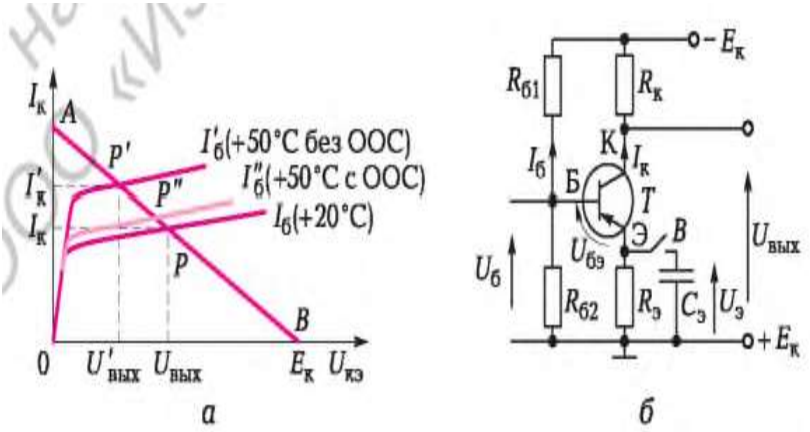
Тұрақты тоқ бойыншаТКБ-ны енгізу қоршаған ортаның температурасының өзгеруі жағдайында күшейткіш жұмысының тұрақтылығын жоғарылатуға мүмкіндік береді.

6.3.5. Термотұрақтандыру қағидасы

Температура жоғарылаған кезде, мәселен, 20 ден 50 °С –ке дейін транзитордың ВАХ-ы (6.35, а суреті) жоғары қарай жылжиды (+50 °С ТКБ-сыз), Р жұмыс нүктесі жүктеме бойы бойынша Р нүктесіне қарай ауысады, коллектор тогы ТД-ға дейін жоғарылайды. Бұл шығыстағы кернеудің Uшығ – ға дейін төмендеуіне әкеп соғады. Осындай жағдайлар орын алмауы үшін эмиттер тізбегіне Rэ резисторын қосады (6.35 сурет, б). Ол ТКБ-ны коллектор тогы бойынша қамтамасыз етеді, себебі, Rэ резисторынан алынатын ТКБ кернеуі шығыстағы токқа пропорционалды болып табылады. Коллектор

тогының ұлғаюы Rэ. резисторында кернеудің төмендеуіне әкеп соғады. Себебі $R_{б2}$ транзисторында иб кернеудің құлауы температураға байланысты емес, және база мен эмиттер арасындағы кернеу $U_{б-э} = U_б - U_э$ болып табылады. Бұл база тогының 1б', дейін төмендеуіне әкеп соғады, нәтижесінде, Р нүктесіне жақын орналасқан жұмыс нүктесі Р" нүктесіне ауысады (келесі суретті қараңыз 6.35, а). Осылайша, шығыстағы кернеу Uшығ өзгеріссіз қалады.
Теріс кері байланыс күшейткіштің жиілікті сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді, яғни оның өткізу жолағын кеңейтіп, шығыстағы кернеудегі жолақты емес бұрмалауларды азайтып, күшейткіштің кірістегі кернеуін жоғарылатып, шығыстағысын (1 + рК) есе төмендетуге мүмкіндік береді.

Суретте: Uвых - Uшығ



6.35, б суретте көрсетілген схемасы бойынша ТКБ тұрақты тоқ бойынша және ауыспалы тоқ бойынша қамтамасыз етіледі. ТКБ тізбегі тұрақты тоқ бойынша тек термотұрақты тізбегі болып табылады. Ауыпалы тоқ бойынша кері байланыс күшейткіштің тұрақтылығын жоғарылату үшін қолданылады.
Егер қандай да бір себептерменауыспалы тоқ бойынша ТКБ қажет болмаса, (схемасы тұрақты жұмыс істейді, ал К күшейту коэффициенті онсыз да төмен) болса, Яэ резисторын Сэ конденсаторымен тұйықтайды, ол арқылы ауыспалы эмиттер тогының құрамы өтеді. Яэ резисторын тұйықтау үшін В ажыратқышы пайдаланылады.
Төмегі шекаралы жиілікте /н консденсатордың сыйымдылықты кернеуі Яэ резисторының кернеуінен бірталай төмен болуы керек. Тұйықтаушы конденсатордың сыйымдылығы келесі өрнек арқылы анықталады.

$$C_э = \frac{10...20}{2\pi f_н R_э}.$$

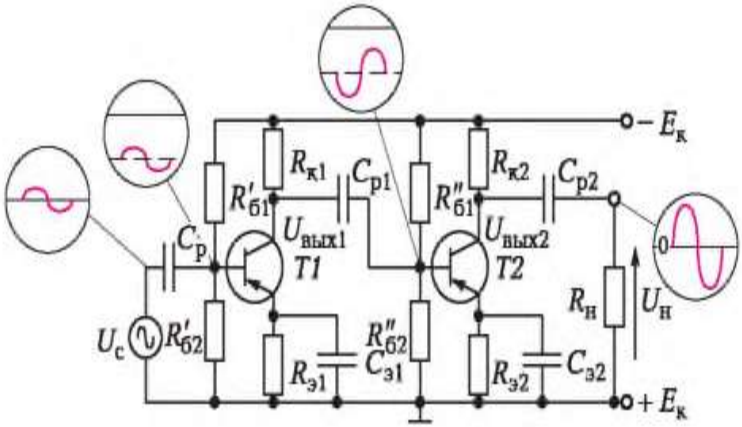
6.3.6. Көп каскадты кернеудің күшейткіштері

Қарастырылған бір каскадты күшейткіштерде көбінесе кернеу бойынша күшейту коэффиценттері бірнеше ондықтар шегінде болады. Алайда, өнірістік электрониканың көптеген құрылғыларында көбінде күшейтудің жоғарырақ коэффиценті талап етіледі (бірнеше жүзден тіпті мыңнан жоғары). Бұл жағдайда көп каскадты күшейткіштер қолданылады, олардың жалпы коэффициенті жеке каскадтарды күшейту өндірісіне тең келеді:

$$K = K_1 K_2 \ldots K_n.$$

Жеке каскадтар өзара реостатты-сыйымдылықты (RC), трансформатордық және гальваникалық байланыспен қосыла алады.

ДС-байланысы бар күшейткіштер. Көпкаскадты күшейткіштер (сурет 6.36) кернеу күшейткіштерінде кең таралған. Каскадтар арасындағы байланыс олардың ішінде айыру конденсаттары мен базалық айырғыштар есебінен жүзеге асырылады.
Ср1 конденсаторлары Uшығ алғашқы каскадтың шығыстағы кернеуінің ауыспалы құрамын коллекторлы қамтудың тұрақты құрамынан ажыратады, яғни ишығ1 кернеуі Ср1 конденсаторлары арқылы келесі каскадтың кірісіне келеді.



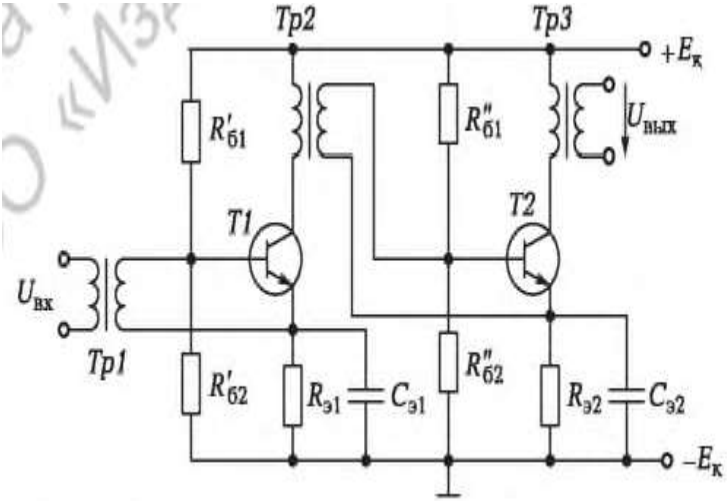
Суретте: Uвых - Uшығ
Сурет 6.36. Екі каскад арасындағы RC-байланыс арасындағы екі каскадты схемасы

Ср2 конденсаторы күшейткіш шығысына тұрақты құрамдас бөлікті өткізбейді (Лн салмаққа), ал Ср конденсаторы күшейткіштің кіріс тізбегіне сигнал көзінің шығыстағы кернеуінің әсер етуін болдырмайды. Күшейткіштің жеке нүктелеріндегі сигнал пішіні барлық айналасындағы шығаруларда ұсынылған.

Трансформаторлық байланыс бар күшейткіштер. Осы қуат күшейткіштеріндегі каскадтар арасындағы байланыс трансформатор көмегімен жүзеге асырылады (сурет 6.37).

Икіріс іріс қуаты жоқ болған кезде Тр2 және Тр3 трансформаторлары бойынша алғашқы реттік орамалар бойынша сәйкесінше Т1 және Т2 тұрақты транзтор токтары өтеді. Екінші реттік трансфоматорлардың орамаларында қуат нөлге тең (трансформатор тұрақты тоқты екінші реттік орамаларына тасымалдамайды).

Егер кіріске икір ауыспалы кернеу жеткізілетін болса, Тр1 трансформаторының екінші орамасында сонымен қатар, бірінші каскад кірісіне тасымалданатын ауыспалы кернеу пайдла болады. Бірінші және өз кезегінде екінші Тр2 трансформаторлары ормаларында келесі каскадтың кірісіне тасымалданатын ауыспалы кернеу және т.б. пайда болады.



6.37. сурет

Трансформаторды қолданудың арқасында коллекторлық қамту көзінің тұрақты құрамдас бөлігі келесі каскадтың кірісіне жетпейді.

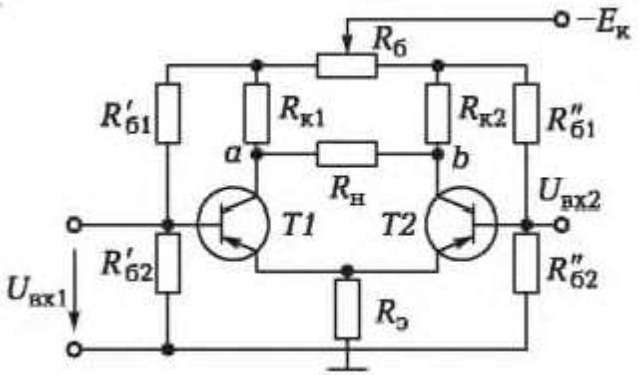
Гальваникалық байланысты күшейткіштер. Жиілік сигналдарын герц бөлшектерінде күшейту күшейту қажет болған жағдайда, каскадтар арасында реактивті эдементтерді пайдалану мүмкін емес (С ыдысы өте үлкен болу керек). Байланыс тізбегінде ю\бұл жағдайда резисторлар пайдаланылады. Осы қағида бойынша құрылған күшейткіштер гальваникалық байланысы бар күшейткіштер деп аталады. Олар тұрақты тоқтың күшейткіштері болып табылады (ТТК).

Мұндай күшейткіштерде тұрақты және ауыспалы құрамдас бөліктердегі бөліну компенсациялық әдіспен жүргізілу керек. Бұл жерде төрт иықты көпір қағидасы бойынша құрылған ТТК баланстық схемасы пайдаланылады (сурет 6.38).

Салмақ көпірдің екі иығын атқарушы Т1 және Т2, транзиторлардың коллекторлары арасында қосылады. Көпірдің басқа екі иығы $R_{к1}$ және $R_{к2}$ коллекторлық резиторлары болып табылады. Егер Т1 және Т2 транзисторларындағы потенциалдар бірдей болып табылса (фа = фь), салмақта тоқ болмайды.

Яб резисторы схемасы балансировкасы үшін қызмет етеді, яғни коллекторларда потенциалдарды түзету үшін. Температуралық тұрақтандыру екі транзистор үшін ортақ R3 резиторы есебінен жүзеге асырылады.
Икір1 кірістегі сигналы Т1 транзисторы базасына беріледі; Т2 транзисторы базасының потенциалы тұрақты және Rg1 — Rg2 бөлгішімен анықталады. Бұл жағдайда салмақта кіру сигналының амплитудасына пропорционалды және сондай белгіленуі бар тоқ пайда болады. Егер Т2 тразисторы базасына икір2 кіріс сигналы берілетін болса, онда шығыстағы сигнал кіріс сигналдарының әр түрліліктеріне пропорциналды болып табылады:

$$U_{\text{вых}} = K_U(U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}}).$$



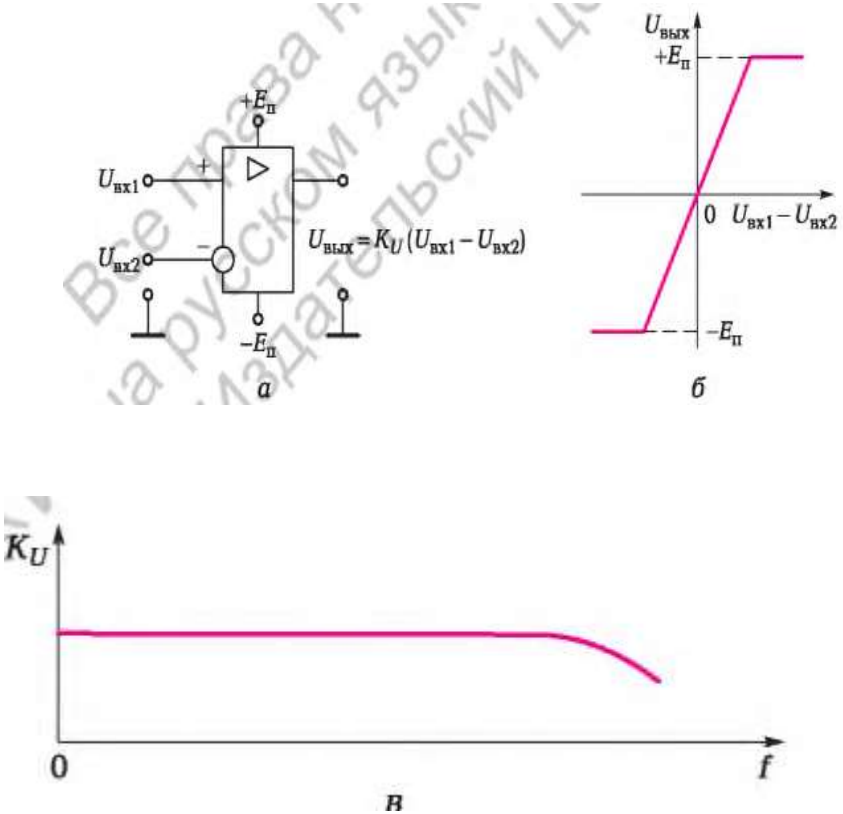
6.38. сурет

Екі кіріс жері бар күшейткішті дифференцияланған кірісті күшейткіш деп аталады. Көбінесе, мұндай күшейткіште бірнеше каскад болады, бұл күшейтудің едәуір коэффицентін алуға мүмкіндік береді.

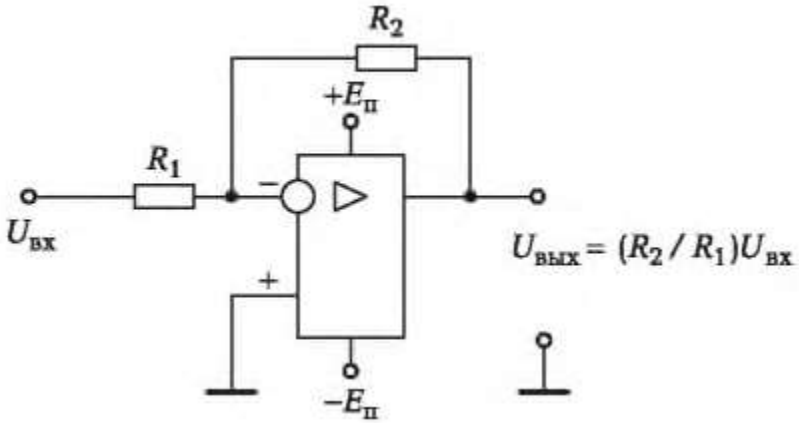
6.3.7. Операциялық күшейткіштер

Микросхемаларда атқарылатын тұрақты тоқтың операциялық күшейткіштері ретінде кең қолданыс тапқан.

Операциялық күшейткіштер —екі кіру жері — тура (+) және инверсті (-) өте жоғары күшейту коэффиценті бар күшейткіштер (жүз мыңдық). Шығыстағы сигнал осы шығыстардағы әртүрлілікке проаорционалды.
Ток күші әрқашан екі өткізгішті желі бойынша тасымалданатындықтан оны екі күшейткіш кірісіне немесе күшейикіштің нөлдік нүктесіне қатысты кірістердің біріне жалғауға болады. Шығыс сигналы сонымен қатар осы нөлдік нүктеге қатысты шешіледі. Егер кернеу тек тура кіріске ғана жалғанса (+), онда $U_{\text{вых}} = K_U U_{\text{вх1}}$, ал егер инверстік (-) болса, онда $U_{\text{вых}} = -K_U U_{\text{вх2}}$болады.



Сурет 6.39. Операциялық күшейткіш:
а — схемадағы шартты сурет; б — амплитудалық сипаттама; в — жиі-лікті сипаттама



$U_{вых} = (R_2 / R_1)U_{вх}$.

Сурет 6.40. Теріс кері байланысы бар операциялық күшейткіш

6.39 суретінде принципиалды схемаларда операциялық күшейткіштің шартты суреттері, оның амплитудалық және жиілікті сипаттамалары көрсетілген. Кіріс сигналына байланысты операциялық күшейткіштің тоқ күші оң және сондай-ақ теріс болу мүмкін, бұл +Еп және -Еп. тоқ күшінің екі көзінен күшейткіш қамту көзімен қамтамасыз етіледі. Шығыс тоқ күші бұл мәндерге жақындаған кезде, күшейткіштің қанығуы басталады және амплитудалық сипаттамалар бұрамаланады (сурет 6.39, б).

Операциялық күшейткіш электрлі сигналдарды күшейту үшін, мәселен, автоматтандырылған басқару жүйелері датчиктерінен қолданылуы мүмкін. Бұл жағдайда күшейткіш кірістерінің бірі пайдаланылады, көбінесе, инверсті. Күшейткіштің екінші кірісі (тура) корпуспен қосылады. Сондықтан күшейту коэффициенті аса жоғары болып, оларды қажет мәнге азайту үшін осы шаралар қажет.

Операциялық күшейткіштің күшейту коэффицентін оңай реттеуге болады, егер күшейткіштің шығысымен оның инверсті шығысы арасындағы теріс байланысты енгізу керек (сурет 6.40).

Күшейткіштің шығысындағы тоқ күшінің өзгеруі әрқашан инверсты шығыста әрқашан қарама-қарсы келеді, яғни бұл кернеулер әрқашан қарсы фазада пайда болады. Шығыстан кернеу бөлігін бөлшектеп кіріс сигналын, сол арқылы күшейту коэффицентін азайту керек. Сондықтан мұндай кері байланыс теріс деп аталады. Дұрыс оң күшейту коэффициенті тізбек бойынша тізбек керезисторлардың біреуін кері өзгертулер үшін қалыптасады (көбінесе R2 резисторы). Жеткілікті нақтылық етіп, кері байланысы бар кері операциялық күшейту коэффициентін КОС = R2/Rl келтіреді.

6.3.8. Қуаттылық күшейткіштері

Кернеуі арттыру құралы бір уақытта электр сигналының қуатын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Алайда қажеттілік жағдайында маңызды қуаттылық кезінде шығыстағы кернеу күшейту каскадының арнайы схемасы қолданылады. Оларда үлкен токтар мен кернеулерге есептелген, коллектордамаңызды қуаттылығын таратуға қабілетті транзисторлар орнатылады

Таратудың жеткілікті қуаттылығын ұлғайту үшін, нәтижесінде, шығыс қуаттылығына коллекторлық Р-л ауыспалы жүрісінен керу қайтару қамтамасыз етілуі мүмкін. Осы мақсатта күшейткіш жылуды таратуға қабілетті арнайы ралиаторымен (оның массасымен) транзистор корпусын бері кетіп қосады.

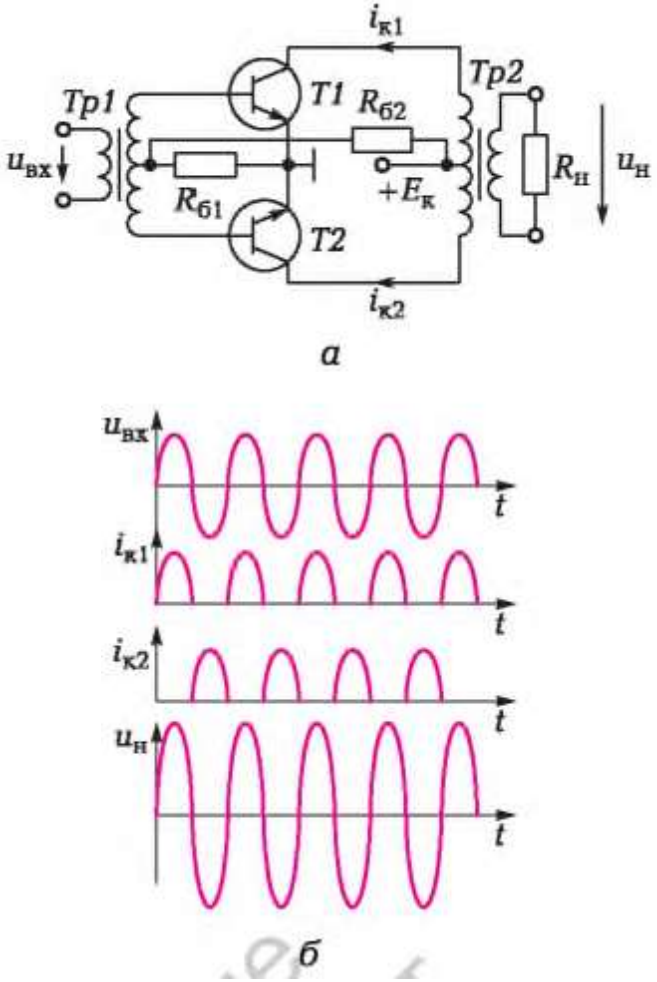
Қуаттылықты ұлғайту шығысына қосылатын салмақтың кернеуі көбінесе аз болғандықтан, (мәселен, 4 Омға дейін кернеу күшіндегі динамикаларды орнату), трансформаторлық байланыс қолданылады, ол сәйкес трансформация коэффиценті арқасында аз ғана салмақ түсіру жүктілігінің үлкен күшейткіш шығысындағы қарсылық ретінде келісу жүргізуге болады.

Қуаттылық күшейткіштері бір тактілі және екі тактілі схемалар бойынша құрылуы мүмкін.

А классты тәртіпте жұмыс істеуші бір тактілі схемасы (6.3.3 бөлімшесін бұзу керек), ол төмен ПӘК себебінен не шығыстағы қуаттардың мәнді емес мүмкіндігін салыстырмалы түрде сирек қолданылады.

Бұл олқылықтардың орнын В классында жұмыс істеуші, екі тактілі күшейткіштің схемасын орындаңыз (сурет 6.41, а). Олардың ПӘК 70 % жетеді, олардың қуаттылығы 10 Вт-танкем болады, тұрақты тоқтың икір = 0 тегісті берілген, яғни трансформатордың ортасымен толықтырылды.

Көптактілі қуат күшейткіштерінің екі тактілі басқару схемасын басқару үшін фазалық инверсті каскад қажет, яғни, күшейткіштің кірісіне бір уақытта екі бірдей көлемді бір-ақ фазасы бойынша қарама-қарсы қуатты күшейткіш кірісін (Т1 және Т2 транзисторлы базаларын) қосу керек. Біздің жағдайда мұндай құрылғымен орташа шығысы бар екінші реттік орауы бар кіріс трансформаторы қолданылады. Қуаттандыру ажыратқышы транзисторлардың талап етілетін жұмыс тәртібін қамтамасыз етеді — В классы режимі. Тр2 трансформаторы төмен Омды салмағы бар күшейткіштің шығыс кернеуін келісу үшін пайдаланылады.



Сурет 6.41. Екі тактілі қуат күшейткіші:
а — күшейткіш схемасы; б — токтар мен кернеулердің уақытша диаграммалары

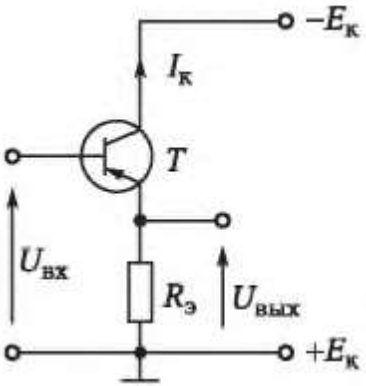
Күшейткіштің жұмысын 6.41, б. суретте келтірілген уақытша диаграммалардың көмегімен талдауға болады. Кіріс сигналы $U_{вх}$, Тр1, трансформаторы арқылы беріліп, Т1 және Т2 транзисторлары арқылы қарсы фазаға беріледі. Транзисторлар В классында жұмыс істейді, сондықтан, егер кіріс қуаты уақытында Т1 коллекторының кірісінің; к1, Т2 тогы жабық және тоқты өткізбейді.

Келесі транзисторлардың жарты толқыны кезінде рөлдері ауысады: Т2 тоқты өткізе жігк 2, алТ1 жабық. Токтар Тк1 және Тк2 алғашқы Тр2 трансформаторы орамасында қарама-қарсы бағытта жүргізіледі. Нәтижесінде екінші орамадағы кернеу коллекторлық токтардың Тк1 - Тк2. әртүрлілігіне байланысты болады. Әртүрлі осьті тоқ формасы, және салмақтағы қуат формасы кіріс тоқ күшін қайталайды.

Бұл жерде сигнал қуатындағы салмақ бірнеше рет кіріс сигналының қуаттылығынан асып түседі.

Кернеулік күшейткіш ретінде сонымен қатар жалпы коллекторы бар схемасы бойынша жиналған транзисторлық күшейткіш — эмиттерлі қайталағышта пайдаланылуы мүмкін (сурет 6.42).

Оның күшейту коэффициенті кернеу бойынша бірге тең, шығыс сигналының фазасы кіріс фазасымен сәйкес келеді, шығыстағы сигнал эмиттерден шешіледі
(«эмиттерлі қайталағыш» атауы осыдан шыққан).
Осы жерде тоқ бойынша күшейту
коэффициенті орыналады, яғни, және қуаттылығы
бойынша маңызды болып табылады.
Осындай схемасындағы кіріс кернеуі 0,5 ... 1 МОм (жалпы эммитері бойынша — 0,1 ... 1 кОм). Бұл күшейту кірісіне электр тогы тізбектерін жоғары шығыс кернеуі арқылы жүзеге асырылады.



Сурет 6.42. Эмиттерлі қайталаушы

Бұл уақытта күшейткіштің шығыс кернеуі үлкен емес (ои бірліктері), бұл оны төмен омды салмаққа шығысқа қосуға мүмкіндік береді. Осыған байланысты эмиттерлі қайталағыш сонымен қатар, төмен омы салмақпен жоғары омды күшейткіш шығысы арасында жалғаушы элемент ретінде қолданылады.

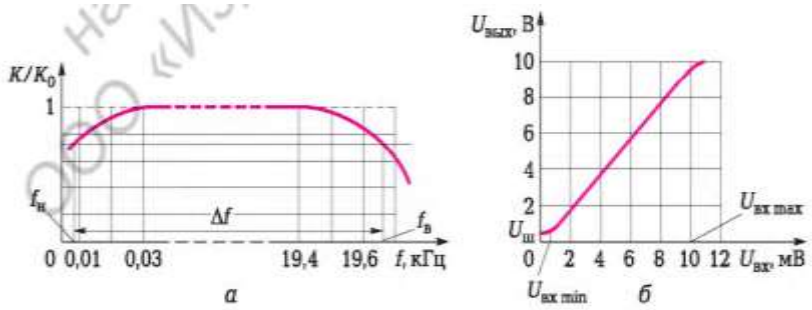
ТӘЖІРИБЕ

Типтік тапсырмаларды шешу амалдары

1.Үш каскадты кернеу күшейткішінің күшейту коэффициенті бірінші екі каскадтың әрбіреуі 30-ға тең, ал үшінші каскад эмитерлік қайталаушы схемасы бойынша жиналған. Күшейткіштің күшейту жалпы коэффиценті неге тең?

Шешім. Көпкаскадты күшейткіштің күшейту коэффициенті жеке каскадтардың күшейту коэффиценттерінің көбейтіндісіне тең. Күшейткіштің үшінші каскады эмиттерлі қайталағыштың схемасы бойынша жиналған, сондықтан оның күшейту коэффициенті кернеу бойынша 1-ге тең. Сонда күшейтудің жалпы коэффиценті K = K1K2K3 = 30 • 30 • 1 = 900 болады.
*Жауап.*Үшкаскадты күшейткіштің жалпы коэффиценті 900-ге тең.

2. 6.43, а суретінде келтірілген күшейткіштің жиілікті сипаттамасы бойынша төменгі және жоғарғы жиілікті шекараларын, сонымен қатар, күшейткішті өткізу жолағын анықтаңыз. Спектр бойынша ол күшейткіштердің қандай түріне жатады?
Шешімі. Төменгі және жоғарғы жиілікті шекаралар күшейту коэффицентінің максималды мәнінен 0,7 деңгейінде анықталады. Біздің жағдайда максималды мәні 1-ге тең. Сипаттама бойынша, шамамен 9 Гц, а /в — шамамен 19,69 кГц құрайтынын анықтаймыз. Бұл жиіліктер төмен жиілікті күшейтуге тән. Күшейткіштің өткізу жолағы Д/ = 19,68 кГц.



Сурет 6.43. 6.3. тармақшасының 2 және 3 тапсырмаларына сәйкесінше күшейткіштің жиілікті (а) және амплитудалық (б) көрсеткіштері

Жауап. 6.43, а суретінде көрсетілген жиілікті сипаттама төменгі жиілікті күшейткішке тән; /н и 9 Гц, /в и 19,69 кГц, А/ = 19,68 кГц.

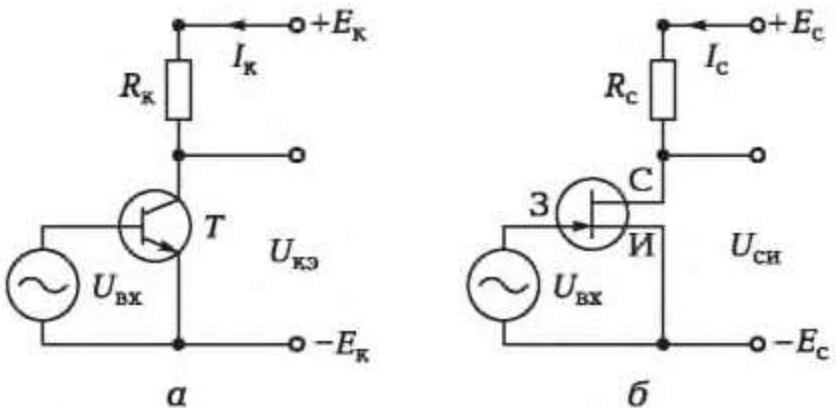
3. 6.43, б, суретінде көрсетілген күшейткіштің амплитудалық сипаттамасы бойынша оның күшею коэффициентін, шулар деңгейін жолақты емес бұрамалулар орын алатын максималды кіріс сигналын, сонымен қатар, күшейткіштің жұмыс диапазонын орнатыңыз.
Шешім. Күшейту коэффициенті кіріс сигналы мәндері көрсетілген сипаттамалы амплитудалық сипаттамасы бұрышының тангенсін есептеңіз. Біздің жағдайда Ки = ивых/ивх = = 6 В/6 мВ = 1 000. Шулар деңгейі иш = 0,5 В; ивх max = 10 мВ кезінде жолақты емес бұрмалаулар пайда болады; кіріс сигналы бойынша күшейткіштің жолақты жұмыс диапазоны—1 нан 10 мВ-ға дейін.

4. Теріс кері байланысы бар күшейткіштегі күшейту коэффициенті КОС = 40, кері байланыс коэффициенті р = 0,02. Егер кері байланыс коэффиценті 0, 005-ке тең болса, күшейту коэффиценті қалай өзгереді?
Шешім. Күшейткіштің күшейту коэффициенті КОС = К/(1 + рК). Осы амалдан күшейткіштің күшейту коэффицентін теріс байланыссыз анықтауға болады (коэффициент К). Белгілі мәндерді қою арқылы, 40 = К/(1 + 0,02К) шығады. Мүнда К = 200.

К белгілі болғанда, және р жаңа мазмұны арқылы жаңа күшейту коэффицентін есептеп шығарамыз: КОС = К/(1 + рК) = 200/(1 + 0,005- 200) = 100.
Жауап. Кері байланыстың коэффициентінің 4 есес кішіреюі күшейткіштің күшейту коэффициенті кері теріс байланысы КОС в 2,5 есе өзгереді.

Өздігінен шешу үшін тапсырмалар мен сұрақтар

5. Егер К1 = 100; К2 = 10; К3 = 10 болса, салыстырмалы бірліктер мен децибелдерде үшкаскадты күшейткіштің жалпы коэффициентін анықтаңыз.
6. Егер салмақ қуаты 0,3 Вт, транзистордағы таралатын қуаттылық, — 120 мВт, ал күшейткіштің қалған тізбегінде таралатын қуаттылық — 80 мВт құраганда, күшейткіштің пайдалы әсерінің коэффицентін анықтаңыз.
6. Схемасы 6.44, а, суретінде көрсетілген, Ек күшейткіштің қамту көзінің ЭДС-ін егер икэ = 6 В, 1к = 100 мА, Як = 100 Ом болса анықтаңыз.
7. Күшейткіштің келесі коллекторлық тізбегіне қосылуы керек резистордың кернеуін анықтаңыз (келесі суретті қараңыз 6.44, а), 1к коллектор тогының күші икэ = 7 В, Ек = 16 В кезінде 3 мА болып табылады.



Сурет 6.44. Күшейткіштер схемасы:

а —7, 8, 9; б тапсырмаларына — 10 тапсырмасына 6.3 бөлімшесі
8. Күшейткіш каскадында 1 к коллекторын тізбегін анықтаукерек (келесі суретті қараңыз 6.44, а) келесі параметрлерде: Ек = 12 В, икэ = 6 В, Як = 3 кОм.
9. иси күшейткіштің кернеуін алаңдық транзисторда анықтаңыз (сурет 6.44, б), егер Rс резисторында құлау кернеуі мен жолақ тогының көзінен құрылады және сәйкесінше 2,4 және 0,2 В. Қамту көзінің кернеуі Ес = 6 В.
10. Күшейткіштің шығысындағы қуатты анықтаңыз, қамту көзінің тоқ күші 5 В, егер шығыстағы Uвх = 20 мВ болса , ал күшейту коэффициенті Ки = 1 000 болады.

11. Кері байланыстың қандай коэффициентін K = 500 күшейткіш коэффицентімен күшейткіштерінде анықтайды, олардың максималды кіріс сигналында Uвх = 50 мВ шығыста максималды сигнал Uвых = 5 В қанша болады?

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Күшейткіштер жұмыстарының негізгі режимдерін көрсетіңіз.
а) кірмелі;
б) айырулар;
в) жолақты;
г) жолақты емес;
д) кілтті;
е) демалысты.

2. Күшейткіштің негізгі элементтерін көрсетіңіз.
а) трансформатор;
б) транзистор;
в) конденсатор;
г) қамту көзі;
д) коллектор мен эмиттер тізбегіне резистор;
е) дроссель.

3. Жүктеуші шұңқырға жұмыс нүктесін бекітудің негізгі амалдарын көрсетіңіз.
а) автономды көзден қамту көзі;
б) желіден қамту;
в) конденсатордың көмегімен;
г) негізгі бөлінгіштің көмегімен;
д) транзистордың көмегімен;
е) база тогы көмегімен.

4. Каскад аралық байланыстардың негізгі түрлерін көрсетіңіз.
а) гальваникалық;
б) дроссельді;
в) реостатты-сыйымдылықты;
г) транзисторлы;
д) диодты;
е) трансформаторлы.

5. Күшейткіштерде теріс кері байланысты жасауға не мүмкіндік береді?
а) кірістегі кернеуді азайту;
б) жұмыс тұрақтылығын арттыру;
в) жиілік жолақтарын кеңейту;
г) шығыстағы кернеуді ұлғайту;
д) күшейту коэффицентін жоғарылату;

е) жолақтық емес бұрмалауларды төмендету.

6. Жалпы коллекторы бар күшейткішті неліктен эммитерлі қайталағыш деп атайды?
а) оның кіріс кернеуі үлкен емес;
б) ол жұмыс тұрақтылығын жоғарылатуға мүмкіндік береді;
в) оның шығыстағы сигналы эмиттерден шешіледі;
г) оның шығыстағы сигналы фазасы кіріс фазасына тең келеді;
д) ол күшейту коэфицентін жоғарылатуға мүмкіндік береді;
е) оның кернеу бойынша күшейту коэффиценті бірге тең.

6.4. ЭЛЕКТРОНДЫ ГЕНЕРАТОРЛАР

ТЕОРИЯ

6.4.1. Электронды генераторлардың жіктелуі

Электронды генераторлар — ішіндегі тұрақты тоқтың қуаты электронды немесе жартылай өткізгішті аспаптардың көмегімен белгілі жиілікті және формалы электр қуатына айналатын құрылғылар болып табылады.

Электронды генераторлар әртүрлі белгілер бойынша бөлінеді. жиілікті диапазонына байланысты — генераторларға:
- төмен жиілікті (100 кГц-ке дейін герц үлестерінен);
- жоғары жиілікті (100 кГц ... 100 МГц);
- аса жоғары жиілікті (100 МГц артық).

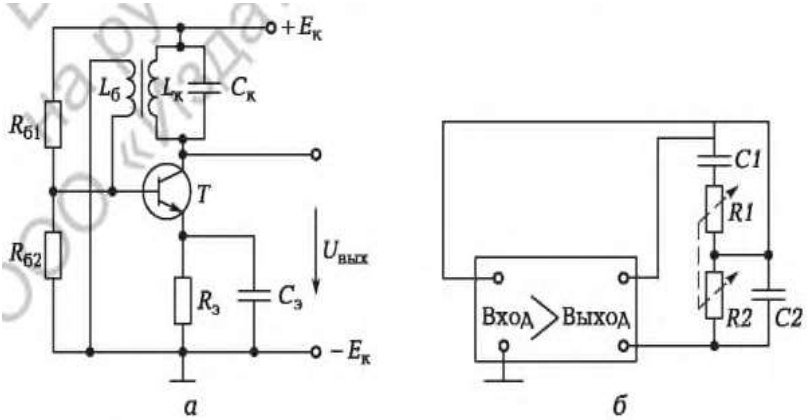
Толқылар пішіні бойынша —генераторларға:
- синусоидалды;
- релаксациялық (синусоидалды емес).

Жұмыс тәртібі бойынша —генераторларға:
- тәуелсіз қозуымен — қуаттылықтың жоғары жиілікті күшейткіштері;
- өздігінен қоздырушылар (автогенераторлар).

Кері байланыстар бойынша кері байланысты талдау b = 1/K коэффиценті бар оң КБ күшейткішті өздігінен қоздыруға және оны генераторға айналдыруға жеткізеді. Бұл қағидада барлық генераторлар синусоидальді және синусиодальді еме (релакциялық) толқулар бойынша болып табылады.

6.4.2. Синусиодалды толқулардың *LC*-генераторлары

Паралельді кСк кескіні бар транзистор коллекторлық тізбегінің және трансформаторлық оң кері байланысты база бойынша синусиодальді толқулардың жартылай өткізгіштіавтогенераторларын қарастырып көрейік (сурет 6.45, а).



Сурет 6.45. Синусоидальды толқулар генераторлар: а — LC-генератор; б — Вина мосты бар RC-генераторы

Қамту көзі қосылған кезде Ск конденсаторы тізбек бойынша қосылады: «+Ек» — Ск — Т—R3 — «-Ек». Заряды Ек, мәніне дейін жеткен соң, Ск конденсаторы Ьк индуктивтілікті орамаға токтан ажыратылуды бастайды. Бұл жерде конденсатордың электр тогы ораманың магнитті энергиясына айналады. Одан кейін индуктивтілік конденсаторға токтан ажыратылады, яғни магнитті энергиясы жаңадан электрлікке айналады және т.б. Кескінде сөніп бара жатқан f = 1/(2^/LKСк) жиілікті толқулар пайда болады. Толқулардың сөніп бара жатқан бөліктері к, орамасындағы белсенді кернеумен анықталады, оның үстінде орны толмайтын қуаттың жоғалуы ретіндегі жылу пайда болады. Егер олар болмаса, толқулар сөніп қалушы еді.

Сөніп қалулардың орнын жою үшін Ьб трансформатордың екінші реттік орамасы көмегімен ЬкСк толқулы кескіннің тоқ күші транзистор базасына беріледі. Осыған байланысты резонансты жиіліктегі толқулар колебания на сөнбейтін болуы мүмкін. Каскад шығысында сонымен қатар сөнбейтін толқулар болады.

Толқуларды қоздыру үшін екі шарт орындалу керек:

- амплитуда баланстары — β = 1/K (βK = 1 — сынамалы кері оң кері байланыс);
- фазалар балансы — $\varphi_{вых} + \varphi_{вх} = 0$, где $\varphi_{вых}$ — контур шығысында қуат фазасы; фкір — транзистор негізіндегі қуаттар фазасы.

Егер бұл шарттар бір жиілікке орындалатын болса, шығыста синусоидальные толқулар тіркеледі. Егер амплитуралардың баланстары мен фазалары бірнеше жиіліктерде орын алса, шығыстасинусоидальді емес толқулар пайда болады. Генератор жиілігінің өзгеруі кескін элементтерін өзгерту есебінен жүзеге асырылады: Lк немесе Ск.

LC-контурлы паралельді генераторларын жоғары жиілікте қолданыс тапты.

6.4.3. Синусоидалды толқулардың *RC*-генераторлары

Төмен жиіліктерде LC-генераторларда едәуір индукциялық және сыйымдылықты кескін элементтері пайдаланылу керек. Генератор конструкциясын күрделендіреді.

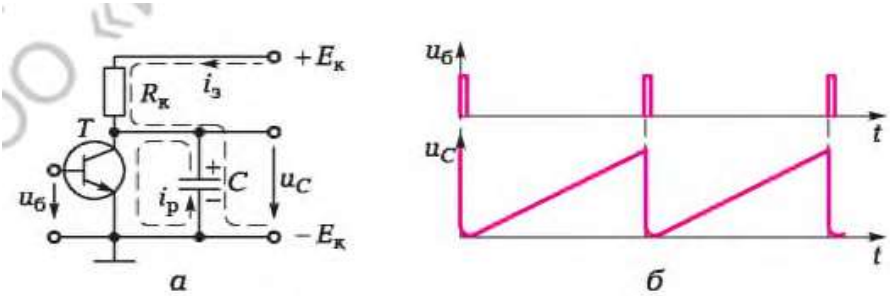
Сондықтан төмен жиілікті тізбектерде RC- генераторлар қолданыс тапты. Оларда жиілікті-тәуелді КБ болып табылады, бұл КБ коэффиценті мен Ф сигналы f фазасы жиілікке тәуелді болып табылады.

Бұл кері байланыс егер шығыс сигналы күшейткіштен кіріске, 180° -қа фазаны төмендетуші және р рет сигналды төмендетуші болып табыласа, қабылдануы мүмкін, (сурет 6.45, б). Сондай-ақ, мәселен, сыңарланған R1 және R2 (R1 = R2) резисторларынан және C1 и C2 (C1 = C2) конденсаторларынан тұратын фильтр болуы мүмкін. Ол Вина көпірі атуынан Ол Вина көпірі атауына ие болды. Кейбір жиілікте /р = 1/(2PRC) (резонансты) р коэффицентінде максималды мән пайда болады (р = 1/3), а фшығ + фкір = 0.
Басқа f/p, ерекше жиіліктерінде р коэффициенті жедел түрде құлайды да, ф фазасы — ұлғайтылады. Осылайша, Вина көпірі автотолқуларды бір жиілікте, сәйкесінше, синусоидальді формалы толқуларды қабылдауға мүмкіндік береді. Гармоникалық толқулардың жиілігін өзгерту үшін /р. Резонансты жиілігін өзгерту керек. Мұны мәселен, біруақытылы R1 және R2 резисторларын өзгерту арқылы жүзеге асыруға болады.

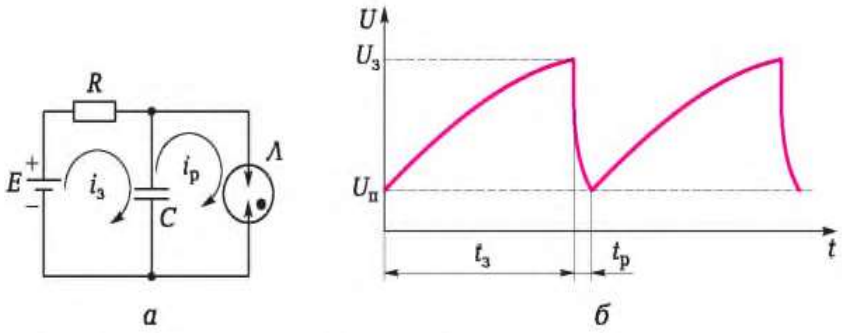
6.4.4. Релаксациялық генераторлар

Көбінесе тәжірибеде шығыстағы толқулардың формасы синусоидальдіден өзгеше болып табылатын генераторлар пайдаланылады. Олар аратемір тәрізді, тік бұрышты, трапеция пішінді және т.б. болады.

Жұмыс негізінде мұндай генераторлар оң КБ-ге зарядтау, мен схемасы конденсаторларын токтан ажырату да жүзеге асырылады. Бұл генераторлар релаксациялық деп аталады.
Ара тәрізді пішіннің толқулар генераторы ретінде RR коллекторлық салмағы мен М конденсаторының, транзистор мен эммитер арасында қосылған (сурет 6.46, а) Т транзисторынан тұратын схемасы пайдаланылуы мүмкін.
Бастапқы жағдайда Т транзисторы жабық және С конденсаторы токпен Ек көзінен «+Ек» — RR — С — «-Ек» тізбегі бойынша зарядталады.



Сурет 6.46. Ара темірлік кернеу генераторы: а — электрлі схемасы; б — кернеулердің эспоненциалды заңы бойынша уақытша диаграммалары



Сурет 6.47. Ара түрлі қуатты кернеу автогенераторы: а — электрлік схемасы; б — кернеулердің уақытша диаграммалары

uc(t), тәуелділігін сипаттаушы экспоненттің бастапқы учаскесі жолақты болып табылады. Т транзисторы базасына оң импульс келген кезде соңғысы С конденсаторына ауысып, (разрядтау тогы ;р) ашық транзистордың кіші кернеуі арқылы бірден токтан ажыратылады. Транзистордың оң импульсінің әрекеттерінің аяқталғанынан кейін жаңадан жабылады және С конденсаторынан басталады (сурет 6.46, б). Қарастырылып отырған схемасы тәуелсіз қозуымен генератор схемасы болып табылады.

Егер Е көзінен, R резиторы арқылы С конденсаторына паралельді етіп Л неонды шамын қоссақ, автогенератор схемасын аламыз (сурет 6.47, а). Неондышам жанбағанша, конденсатор «+Ек» — R — С — «-Ек» тізбегі бойынша қуатталады. Конденсатордағы қуат (экспонента бойынша) из неонды шамындағы кернеуге жеткенше ақырындап өседі (сурет 6.47, б). Бұл сәттегі шамның кернеуі үлкен емес, сондықтан конденсатор жылдам уақытта ол арқылы кернеуге жетпей, сөнгенге дейін айырылады. Одан кейін конденсатордағы кернеу қайтадан өсе бастайды, және процесс қайталанады. Конденсатор қысқыштарында конденсатор сыйымдылығы мен резистор кернеуінің мәндерімен анықталатын өшпейтін аратәрізді толқулармен толықтырылады.

Жолақты өзгерілетін тоқ көзінің генераторлары (ЖОТГ) деп аталатын аратемір тәрізді генераторлары электронды-сәулелік осциллографтарда кеңірек қолданылады. Олар көлдеңінен электронды сәулены жылжыту үшін және оны жылдам өз қалпына жеткізу үшін қолданылады (көлдеңінен ашылма). Бұдан басқа, ЖОТГ ұқсас сандық өзгерткіштерде, жазықтық-импульсті модуляция мен т.б. –да пайдаланылады.

6.4.5. Мультидірілдеткіш

Генераторлардың тікбұрышты толқулары өздігінен оталдыру шарты жиіліктердің кең диапазонында орындалатын мультидірілдеткіш схемасы бойынша құрылуы мүмкін. Осыған

орай генератор шығысындағы сигналда гармониктердің көп болады, нәтижесінде, ол тіктөртбұрышты болып табылады.

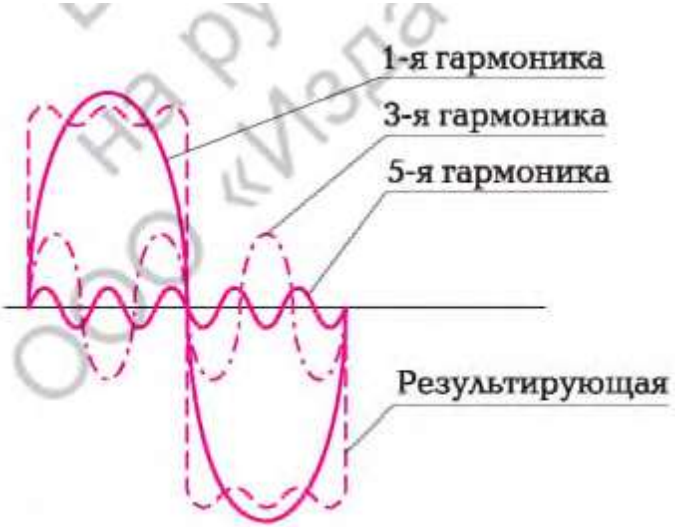
6.48 суретінде үш гармоника үшін нәтижелендіруші толқулар көрсетілген. Көрсетілгендей, бұл жағдайда да сигнал формасы тік төртбұрыштыға жақын болады.

Мультидірілдеткіштің негізіне 100%-дық оң кері RC-сбайланысы бар екі каскадты күшейткіштері салынған (шығыстағы тоқ күші толығымен оның кірісіне жанасқан) (сурет 6.49, а). ишығ1 кернеуі С1 конденсаторы арқылы Т2 транзисторына жеткізіледі, ал ишығ2 шығысы С2 конденсаторы арқылы — Т1 транзитор базасына жалғанады. Транзисторлар қарсы фазасында жұмыс істейді: егер Т1 ашық болса, онда Т2 жабық және керісінше.

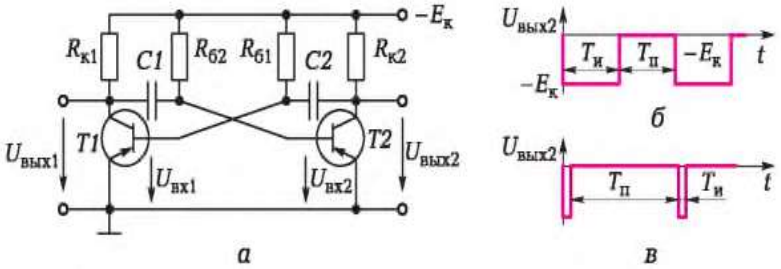
Т1 транзисторынан ауысу процессі ашық жағдайдан жабық жағдайға ауысады, ал Т2 транзисторынан жабықтан ашыққа ауысады ал күшейткіш жедел түрде схемасы ретінде таңдалады, күшейткіштің үлкен коэффиценті (оң кері байланыс күшейту коэффициентін жоғарылатады) орын алады.

Мультидірілдеткіш шыққаннан кейін тікбұрышты импульстер алынады, олардың ұзақтығы С и Rg, параметрлерімен анықталады, осы параметрдерді өзгерте отырып, кең шекараларда толқулар жиілігін ауыстыруға болады.
Егер С1 = С2, R б1 = R б2, R к1 = Rr2 және транзиторлар бірдей болса, мультидірілдер шығысында симметриялық импульстер пайда болады (сурет 6.49, б), бұл жерде, импульстің ұзақтығы мен паузалары (Ти = Тп) тең болады. Мұндай мультидірілдеткіш симметриялық болып табылады. Толқулардан кейін Т = Ти + Тп жақындау бойынша Т = 0,7R62C1 + 0,7R61C2

Егер қысқа импульстерді алу қажет болса, келесі үлкен аралықпен (сурет 6.49, в), симметриялық емес мультидірілдегіш, оның С1 ^ С2 немесе
1-ші гармоника



Сурет 6.48. Тікбұрышты сигналдың гармоникалық құрамдас бөлігі



Сурет 6.49. Мультидірілдеткіш:
а — электрлі схемасы; б, в — уақытша диаграммалар симметриялық және симметриялық емес схемалар үшін
R61 Ф R62. толқулар мерзімінің уи = Т/Ти импульсінің ұзақтығына қатысы ұңғымалылық деп аталады.

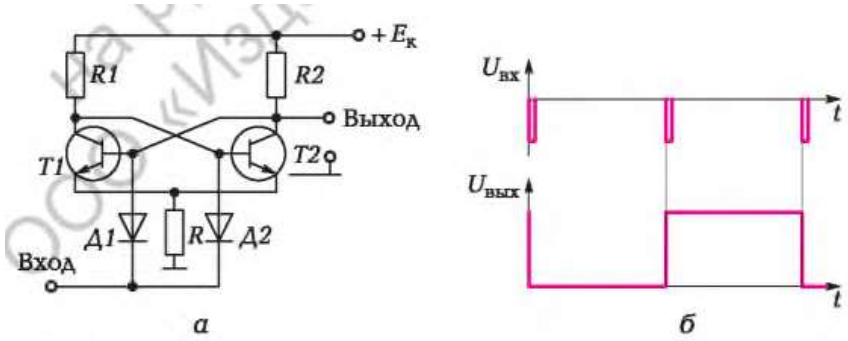
6.4.6. Триггер

Бақыланатын параметр белгіленген деңгейге жеткендігі туралы сигналдау үшін екі тұрақты тепе-теңдік жағдайы бар электронды реле — құрылғылар пайдаланылады.

Көбінесе электронды реленің рөлін триггерлер — екі тұрақты тепе-теңдік жағдайлары бар түсіру құрылғысы бар құрылғылар (сурет 6.50, а) атқарады.

Триггер негізіне екікаскадты оң КБ-сы бар күшейткіш пайдаланылады (мультидірілдеткіште де, бірақ мұнда, конденсаторларды зарядтау мен токтан ажырату жоқ). Бір жағдайдан екінші жағдайға өту сыртқы іске қосушы импульстардың әсері арқылы жүзеге асырылады.

Қарастырылып отырған жағдайда (п — р — n-транзистор) іске қосушы импульстер болып, Т1 және Т2 транзисторлары Д1 және Д2 диодтары арқылы теріс импульсы табылады. Т1 ашық болса да,



Сурет 6.50. Триггер:
а — электрлі схемасы; б — кірісте және шығыста кернеулердің уақытша диаграммалары

Т2 жабық. Д2 диоды арқылы теріс импульс Т2 транзисторына әсер етпейді (ол онсыз да жабық), ал Д1 диоды арқылы импульс Т1 транзисторына әсер етеді және оны жауып тастайды. Коллекторлы тоқ Т1 транзисторы арқылы азайтылады, және оның коллекторында оң тоқ күші Т2 транзисторы арқылы өтеді және оны ашады. Появляется коллекторный тоқ через транзистор Т2 транзисторы арқылы коллекторды тоқ пайда болады және оның коллектордағы тоқ күші, Т1 базасына келіп, іске қосылушы импульсімен фазаға тіреледі (оң КБ). Т1 және Т2 транзисторларының бір тұрақты тепе-теңдік жағдайынан өзгесіне ауысуы оң көбінесе бір сәтте жүргізіледі. Бұл триггер шығысында тірбұрышты импульстерді алуға көмектеседі (сурет 6.50, б).

Триггерлерді сонымен қатар электрлі импульстерді есептеу үшін, есептеуіш машиналарда жады құрылғысы және т.б. ретінде логикалық және арифметикалық опреацияларды үзеге асыру үшін қолданады.

ТӘЖІРИБЕ

Типтік тапсырмаларды шешудің амалдары

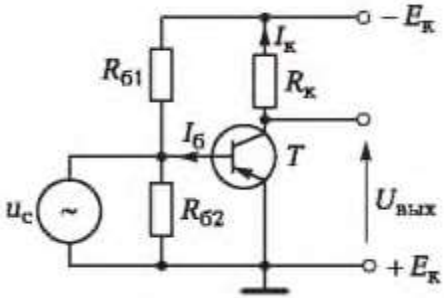
1. Синусоидальді толқуы 40 Гц болатын жиіліктерге қол жеткізу үшін Виа көпірі бар RC-генератор қолданылады (келесі суретті қараңыз 6.45, б). Егер С1 және С2 конденсаторларының сыйымдылығы 10 мкФ болып табылса, R1 және R2 (R1 = R2) резисторларының кернеуін анықтаңыз.

Шешім. RC-генератордың Вин көпірі бар резонансты жиілігі /р = = 1/(2рRC). Мұнан R = 1/(2яСД) = 1/(2я- 10- 10-6- 40) = 400 Ом.

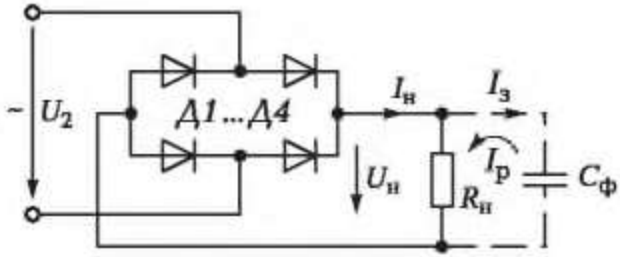
Жауап. 40 Гц синусиодальді толқулардың жиілігін қамтамасыз ету үшін RC-генераторларда номиналды кернеу көлемі 400 Ом резисторлары пайдаланылсын. Резонансты жиілікті нақты орнату үшін таңдамалы екі реттік кернеуі СП2-6В және максималды кернеуі 470 Ом болатын ауыспалы резисторлар қоланылады.

2. Симметриялық мультидірілдеткіш шығысында (келесі суретті қараңыз 6.49, а, б) жиілігі 100 Гц болатын тіктөртбұрышты толқулар орын алды. С1 және С2 конденсаторлардың сыйымдылығын тік бұрышты импульстердің толқу ұңғымалылығы сол жиілікте 10-ға тең болатындай етіп қалай өзгертуге болады?

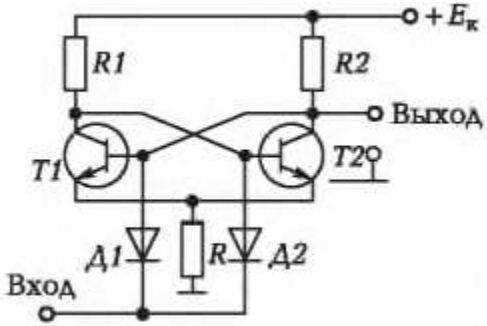
Шешім. Толқу мерзімдері Т = 1/f = 0,01 с. Ол С1 + С2 конденсаторлар сыйымдылық сомасымен анықталады. уи = 10 ұңғымалылығын алу үшін R61 = R62 кезінде импульс ұзақтығы Ти = Т/уи = = 0,01/10 = 0,001 с болуы керек. Бұл жерде пауза ұзақтығы Тп = Т- Ти = 0,009 с. Осылайша, импульс ұзақтығы паусза ұзақтығынан 9 есе кішірек, яғни, С1 = С2/9.



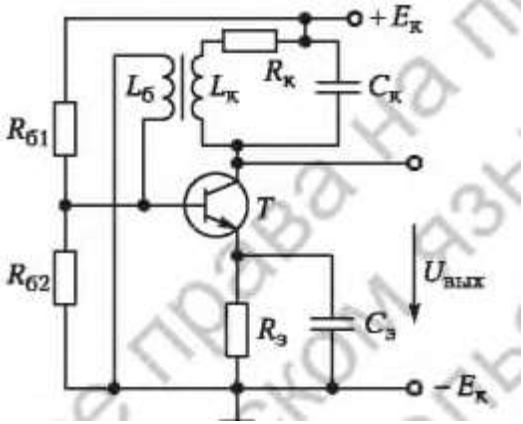
Мультидірілдеткіш



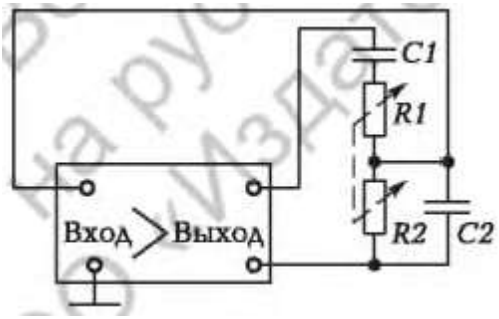
Мультидірілдеткіш



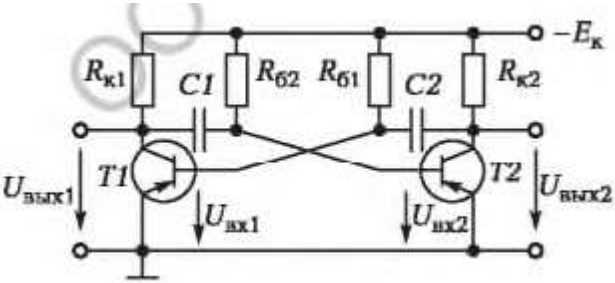
Күшейткіш



Триггер



LC-генератор



RC-генератор

Сурет 6.51. 7 тапсырмаға электронды құрылғылар схемасы, 6.4 бөлімшесі Мультидірілдеткіш

Жауап. Жиілігі 100 Гц, ұңғымалылығы уи = 10 болатын тікбұрышты импульстерді алу үшін С1 конденсаторының сыйымдылығы С2 конденсаторының сыйымдылығынан 9 есе аз болуы мүмкін.

Өздігінен шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

3. LC-генератордың шығысында жиілігі 12,5 кГц болатын синусоидальді толқулар орнады. Бұл жерде конденсатор сыйымдылығы 0,16 мкФ-ке тең. LC-генератордың шығысындағы толқулар жиілігі 50 кГц-ке тең болу үшін конденсатордың сыйымдылығы қандай болу керек?

4. Вина көпірі бар В ^С-генераторда сыйыдылығы 1 мкФ болатын және 4,7 кОм кернеудің номиналды көлемімен ауыспалы резисторлар. 2 ден 4 кОм-ға дейін диапазонындағы кернеулердің өзгеруі кезінде генератор шығысындағы жиілік диапазонын анықтаңыз.

5. Егер конденсаторлар сыйымдылығы 4 700 пФ, базалық резистор кернеуі 62 кОм-ге, ал коллекторлы резистордың кернеуі — 2,2 кОм-ге тең симмертиялық мультидірілдеткіштің шығысындағы тікбұрышты импульстардың жиілігін анықтаңыз.

6. 5 тапсырмада келтірілген параметрлері бар мультидірілдеткіштің жиіліктері, егер бірлей сыйымдылықты конденсаторларды сыйымдылығы С1 = 2 200 пФ және С2 = 7 200 пФ конденсаторға ауыстырса қандай болады? Тікбұрышты импульстердің қуыстылығы неге тең болады?

7. 6.51 суретте әрбір электр схемасынан оның атауына жолақ жүргізіңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫЛЕРІ

1. Генераторларда қандай кері байланыс пайдаланылады?
а) теріс;
б) біркелкі;
в) симметриялық;
г) оң.

2. Неліктен LC-генераторда кері байланыссыз толқулар тоқтап қалады?
а) батарея тогынан айырылу;
б) белсенді ораманың кернеуінде жылуға айналатын электр қуаты;
в) конденсатор қартайып келеді;
г) ораманың индукциялығы төмендейді.

3. Екі ЛС-тізбектің бар болуы жағдайында ЛС-генераторды қоздыруға бола ма?
а) болмайды, себебі фазалардың жылжуы 180°;
б) болады, себебі фазалардың жылжуы 90° артық;
в) ыдыстардың үлкен мәндерінде болады;
г) кернеулердің үлкен мәндерінде болады.

4. Неліктен LC-генераторлар көбінесе жоғары жиіліктерде пайдаланылады?
а) төменгі жиіліктерде L және C параметрлері үлкен;
б) биік жиіліктерде L және C параметрлері үлкен;
в) биік жиіліктерде LC-кескіннің теңшелімі қарапайымдау;
г) биік жиіліктерде конденсаторлар аздау жұмыс кернеуде болуы мүмкін.

5. ЛС-генераторда конденсатор ыдысын екі есе ұлғайтты. Толқулар жиілігі қалай өзгерді?
а) 2 есе ұлғайды;
б) 3 есе азайды;
в) 4 есе ұлғайды;
г) 2 есе азайды.

6. LC-генераторда конденсатор ыдысы 4 есе кішірейтілді. Толқулар жиілігі қалай өзгерді?
а) 2 есе ұлғайды;
б) 3 есе азайды;
в) 4 есе ұлғайды;
г) 2 есе азайды.

7. Мультидірілдеткіш шығысында не қалыптасады?
а) екі еселік синусоидальді толқулар;
б) симметриялық үшбұрышты импульстері;
в) аратәрізді формалы импульстер;

г) симметриялық тікбұрышты импульстер.

№ 14 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСЫ

Түзеткіштерді сынау

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Түзеткіштердіқұрусхемасыменолардыңжұмысқағидаларынзерттеу.
1.2. Түзеткіштердіңнегізгісипаттамаларынзерттеу.
1.3. Түзеткіштердіңнегізгіэлементтеріндегінегізгіүрдістердібақылаудыорындау.

2. Объект пен сынақтар құралдары

Сынақтардың объектісі болып бір фазалы түзеткіштер есептеледі, олар бір жарты мерзімді және екі жарты мерзімді түзетудің схемасы бойынша құрылған.

Бір жартылай мерзімді түзеткіштің құрамына Д вентилі кіреді, ол Сф фильтрді және Rн (сурет Л14.1) салмақты резисторын тегістейді.

Екі жартылай мерзімді түзеткіш құрамына вентильден өзге барлы сол элементтер кіреді. Бұл жағдайда төрт жартылай өткізгішті, көпірлік схемасы бойынша қосылған Д1 — Д4 диодтар кіреді (сурет Л14.2). Көпір диагональдерінің біреуі синусоидальді кернеу көзіне қосылса, екіншісіне кернеуі 10 кОм болатын салмақты резистор қосылады.

Түзеткіштердің сынақтарын электронды әмбебап вольтмертрдің көмегімен уақытша процесстерді бақылау мүмкіндігін беретін (кернеулердің осцилограммасы) негзгі түзеткіштерде (мультиметрдің) және осциллографтың көмегімен атқарады.

Кірістегі синусоидальді сигнал түзеткіштердің әрбіреуіне жиілігі 50 Гц болатын үш фазалы токкөзінің біреуінен түседі.

3. Лабораториялық жұмысқа тапсырмалар

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. Осы тақырып бойынша зертханалық жұмыстарды, теоретикалық мәліметтерді атқару тәртібімен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақтар хаттамасын дайындау.

3.2. Қолданыстағы негізгі гармоника мәнін (иосн) және екі схемасы үшін түзетілген тоқ күшінің орта мәнін (ин.ср) U2 = 8 В, f = 50 Гц кезінде анықтау. Есептеулер нәтижелерін сынақтар хаттамасына енгізу.

Зертханада орындалады

3.3. Л14.1 суретіне сәйкес түзеткіштің бір жартылай мерзімді схемасын (фильтрсіз — конденсаторды қоспай) жасаңыз. ТТ мұғалім тексерген соң автоматтарды орнатып, УЗО қосқышын «Қосулы» позициясына қойыңыз. «Желі» қосқышының көмегімен ТТ-ға және мультиметрлерге тоқты қосыңыз. Бұл жерде сәйкес сигнал шамдары қосылуы керек.

Үш фазалы көздің біреуінің максималды кернеуін «ГОЖТ» потенциометрінің сабын соңғы жағдайына оны сағат тілі бойынша соңына дейін бұрау арқылы жүзеге асыруға болады.

Осциллографтың көмегімен бір жартылау мерзімді түзеткіштің кірісі мен шығысындағы игналдардың сипаттамасын бақылауды экранда екі-үш толқулар мерзімін орнату арқылы орнату керек. Бақылау нәтижелерін теоретикалық мәліметтер мен салыстырыңыз.

3.4. «~U» тәртібінде мультиметрдің көмегімен Uвх.түзеткіш кірісіндегі синусоидальді кернеудің қолданыстағы мәнін өлшеңіз. Нәтижесін сынақтар хаттамасына енгізіңіз. Одан әрі Uвх ауыспайтындай есептеңіз.

3.5. «~U» режиміндегі мультиметрдің көмегімен Rн салмағында түзетілген кернеудің қолданыстағы мәнін Uосн, ал «=U» — режиміндегі түзетілген кернеудің орта мәнін (тұрақты құрамын) Uн.ср. анықтау керек. Нәтижелерін Л14.1 (Сф = 0) кестесінің алғашқы жолағына енгізіңіз.

3.6. Rн салмақты резисторына паралельді түрде тегістеуші фильтрді және оның үшеуінің әр біреуінде Л14.1 кестесінде көрсетілген С ф конденсаторы сыйымдылығын анықтаңыз, тегістеуші шығысындағы сигналдар сипаттамасының өзгеруін осциллографтың көмегімен бақылауды жүзеге асыру.

3.5 Тармағын басшылыққа ала отырып, түзетілген кернеудің конденсатордағы үш мәннің әрбіреуі үшін қолданыстағы және орташа мәнін өлшеңіз. Нәтижелерін Л14.1 кестесінің екінші, үшінші, төртінші жолдарына енгізіңіз.

3.7. Екі жартылай мерзімді түзеткіштерді зерттеу үшін Л14.2 суретіне сәйкес схемасын жинаңыз және 3.3-3.6. тармағында мазмұндалған әрекеттерді орындаңыз. Өлшеулер нәтижелерін Л14.2. кестесіне енгізіңіз.

3.8. Сынақтар хаттамасының мұғаліммен келісілгенінен кейін токтан ажыратыңыз, өткізгіштермен мини-блоктарды орнына қойып, жұмыс орнын жинаңыз.

4. Сынақтар хаттамасы және №14 жұмыс туралы есеп

Түзеткіштерді сынау

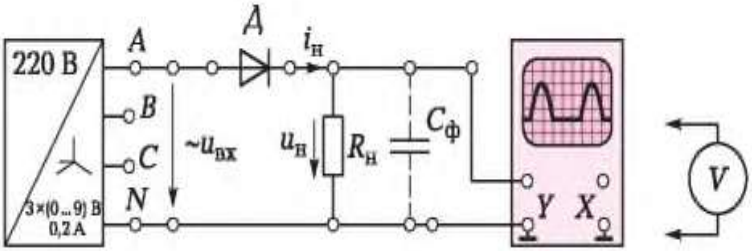
4.1.Жұмыстың мақсаты_____
_____
_____
_____

4.2. Алдын ала есептеулер.

а) $U_{осн} = U_2/2 =$ _____; $U_{н.ср} = 0,45U_2 =$ _____;
б) $U_{осн} = 4U_2/(3\pi) =$ _____; $U_{н.ср} = 0,9U_2 =$ _____.

4.3. Электр тізбектері мен кестелерінің схемасы.

а) $U_{осн} = U_2/2 =$ _____; $U_{н.ср} = 0,45U_2 =$ _____;
б) $U_{осн} = 4U_2/(3\pi) =$ _____; $U_{н.ср} = 0,9U_2 =$ _____.



Сурет Л14.1. Бір жартылай мерзімді түзеткіш сынақтары үшін ТТ схемасы

$U_{вх}$ = ____ В

Таблица Л14.1

$C_ф$, мкФ	$U_{осн}$, В	$U_{п.ср}$, В	$U_{осн\ max}$, В	p
0 (без фильтра)				
1				
10				
100				

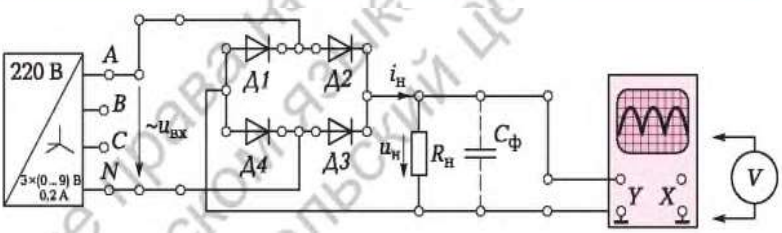


Таблица Л14.2

$C_ф$, мкФ	$U_{осн}$, В	$U_{п.ср}$, В	$U_{осн\ max}$, В	p
0 (без фильтра)				
1				
10				
100				

4.4. Есептеу-графикалық бөлігі.

Негізгі гармоника амплитудасын есептеу үшін пульсация коэффиценті мен түзетілген кернеулер формулалары пайдаланылады

4.5. Қысқаша нәтижелер

Топ _____Оқушы _____ Күні_____
Оқытушы_____

5. Есептің есептік-графикалық бөлігіне талаптар

Все права на произведение принадлежат ООО «Академический центр «Академия»

5.1. Л 14.1 кестесі негізінде негізгіг армониканың амплитудасын есептеңіз Uосн max және түзетілген р пульсациялар бір жартылай мерзімді түзету схемасын фильтрсіз және фильтрмен анықталады. Нәтижелерін сәйкес Л14.1 кестесінің бағандарына енгізіңіз.
5.2. Л14.2 кестесінің мәліметтері негізінде негізгі гармоникасын амплитудасын есептеңіз Uосн max және тура кернеуінің р пульсация жартылай мерзімді схемасыны фильтрімен фильтрсіз орыналады. Нәтижелері Л14.2 кестесінің сәйкес нәтиежелерін енгізіңіз.
5.3. Жұмыс бойынша қысқаша нәтижелер орыналады.

БАҚЫЛАУСҰРАҚТАРЫ

1. Түзеткіш құрамына қандай элементтер кіреді?
2. Ауыспалы тоқтың бір фазалы түзеткіштерінің атуларын атаңыз.
3. Бір жартылай мерзімді түзеткіштің схемасын және оның жұмыстары қағидаларын түсіндіріңіз.
4. Екі жартылай мерзімді түзеткіш схемасын салыңыз және оның жұмысы қағидасын түсіндіріңіз.
5. Түзеткіштің негізгі параметрлерін атаңыз және сипаттаңыз.
6. Фильтр атауын көрсетіңіз. Фильтрдің негізгі типтерін және олардың әрекет ету қағидаларын атаңыз.
7. Түзеткіш үшін диодтарды анықтаушы негізгі параметрлерді атаңыз.

№ 15 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСЫ

Екі каскадты транзисторлық күшейткіштің сынақтары

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Күшейткіштің электрлі схемасымен олардың жұмыс қағидасы.
1.2. Күшейткіштің негізгі параметрлері мен сипаттамалары (күшейткіш коэффициенті, амплитудалық және жиілікті сипаттамалар) және оларға теріс кері байланыстың әсері (ТКБ).

2. Объектпен сынақ құралдары

Екі каскадты транзисторлық күшейткіш каскадтар арасындағы RC-байланысы бар, «Жалпы эмиттері бар күшейткіш каскад» пен «Эммитерлі қайталағыш» мини-блогы негізіндегі сынақтар объектісі болып (сурет Л15.1) саналады. RR резисторы Т1 транзисторының коллекторлы резисторы болып саналады, Т1; эмиттер тогы бойынша R31 резисторы теріс кері байланыс рөлін атқарады, R61 және R62 резисторлары базалық ажыратқыш жүктілікті түзудің жолақты учаскесінде Т1 транзисторының жұмыс нүктесін бекітуші, базалық ажыртқыштарды құрайды; R6 транзисторы үшін эмитерлі салмақ —Т2 базасы

тізбегінде оқшаулағыш резисторы; RK — жүктілікті резистор; Ср1, Ср2 — ажыртқыш конденсаторлары; Сэ — ауыспалы құрамдас бөлік бойынша ТКБ конденсаторын шығарушылар; КТ1, КТ2, КТ3 — бақылау нүктелері.
Корпусқа қатысты кіріс сигналы (N қысқышы) КТ1 кіреді, сигнал шығысы КТ3 шешіледі.
Күшейткіштің сынақтары құралдарының құрамына «Өлшегіш өзгерткіштер» мини-блогымен бірге жұмыс істейді электронды осциллографты, мультиметрді, және арнайы формадағы тоқ күштері генераторлар. Күшейткіштің қамту көзі тұрақты +15 және -15 В қуаты жүзеге асырылады, ал өлшегіш өзгерткіштері — +15 және -15 В тоқ күші. Өлшеу өзгерткішінің бар болу қажеттілігі шартандырылған, стенд құрамына кіретін, мультиметрлер жиіліктері 40 ... 400 Гц диапазонын құрайды. 25 Гц-тен 100 кГц-кедейін жиілікті синусоидальді тоқ күшіне кіретін түзеткіш болып табылады, ал шығысқа мультиметр тұрақты тоқ өлшегіші режимінде мультиметр қосылды. Бұл жерде тұрақты шығыс тоқ күші мәні ауыспалы кіріс токкүшінің қолданыстағы мәніне тең болады.
Ауыспалы токкүші үшін универсалды вольтметрлер де дәл осындай схемасы қолданылады.

3. Лабораториялық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа дайындық кезінде атқарылады

3.1. Зертханалық жұмыс, осы тақырып бойынша теоретикалық мәліметтерді атқару тәртібімен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақтар хаттамасын рәсімдеу.
3.2. Егер қамту көзінің ЭДСЕк = 5 В тең болса, жолақты аймақтағы, күшейткіш кірісіндегі максималды мәнді и кір max, есептеңіз. Шығыс сигналыың максималды амплитудасы ивых max Ек –ден пайыздарда және әртүрлі нұсқалар үшін К күшейту коэффиценті келтірілген.

Кесте Л.15.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_{вых\,max}$, %	20	25	30	35	20	25	30	35
K	5	4	3	5	4	3	6	8

Зертханада орындалады

3.3. Л15.1 суретінде көрсетілген схемаға сәйкес ТТжинау. Д белгісімен белгіленген құралдармен мини-блоктардың корпустық қысқыштарын өзара қосып, үш фазалық N қамту көзіне жалғау. ТТ мұғалім тексергеннен кейін автоматтарды орнатып, УЗО ажыратқышын «Қосыл» жағдайына ауыстыр. «Желі» ажыратқышы көмегімен ТТ мен мультиметрлерге тоқ жібер. Бұл кезде сәйкес шамдар қосылу керек.
Генератор шығысында (күшейткіш кірісінде) (икір = 0,1 В) жиілігі f = 2 000 Гц синусоидальді тоқ көзін қос.

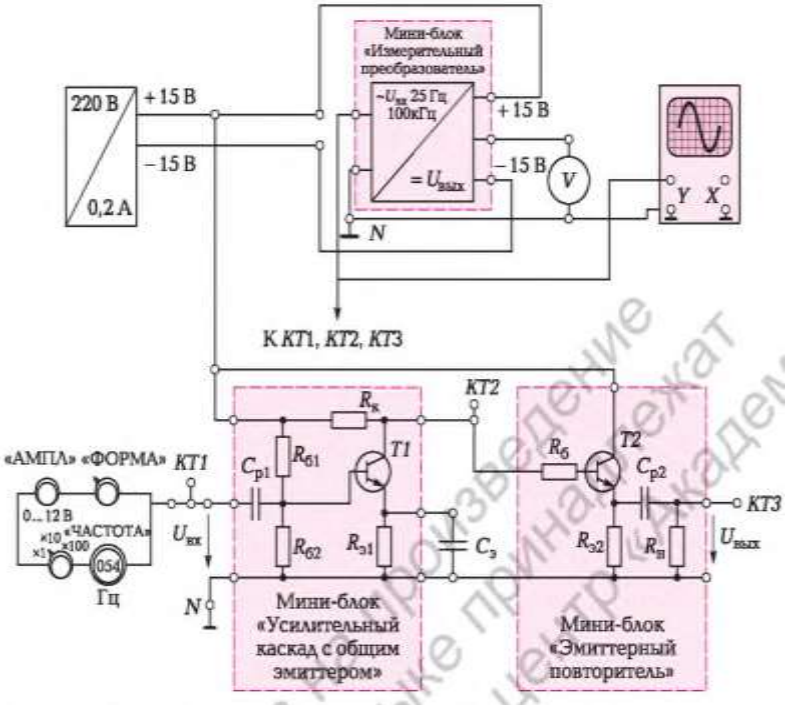
4. № 15 жұмыс туралы есеп пен сынақтар хаттамасы
Екікаскадты транзисторлы күшейткіштің сынақтары

4.1.Жұмыстың мақсаты_____
_____
_____
_____

4.2. Формулалар мен алдын ала есептеулер.

$E_к = 5$ В; $K =$ _____; $U_{выхmax} =$ _____; $U_{вхmax} =$ _____.

4.3. Электрлі тізбек пен кестенің схемасы.



Кесте Л15.2

Күшейткіштердің жұмыс тәртібі	$U_{КТ1}$, В	$U_{КТ2}$, В	$U_{КТ3}$, В
КБ-мен			
КБ-сыз			

Кесте Л15.3

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_{вх}$, В	0							
$U_{вых}$, В, КБ-мен								
$U_{вых}$, В, КБ-сыз								

Кесте Л15.4

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6	7	8
f, кГц	0,02	0,1	2	10	50	100	150	200
$U_{вых}$, В, КБ-мен								
$U_{вых}$, В, КБ-сыз								

Топ Оқушы Күні
Мұғалім
4.4. Есептік-графикалық бөлігі.
Пайдалынатын формулалар:

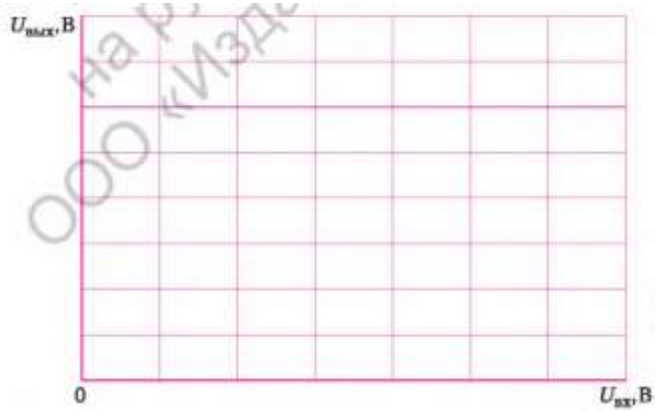
$$K_1 = U_{КТ2}/U_{КТ1};\ K_2 = U_{КТ3}/U_{КТ2};\ K = U_{КТ3}/U_{КТ1} = U_{вых}/U_{вх};$$

Кесте Л15.5

Күшейткіштердің жұмыс тәртібі	K_1	K_2	$K_1\ K_2$	K
КБ-мен				
КБ-сыз				

Кесте Л15.6

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6	7	8
f, кГц	0,02	0,1	2	10	50	100	150	200
$U_{вых}$, В, КБ-мен								
$U_{вых}$, В, КБ-сыз								



Сурет Л15.2. Күшейткіштің амплитудалық сипаттамалары

Сурет Л15.3. Күшейткіштің жиілікті сипаттамалары

4.5. Қысқаша нәтижелер
_____
_____
_____
_____

Оқушы _____ Оқытушы_____

5. Есептің есептік-графикалық бөлігінің талаптары

5.1. Л15.2 кестесі мәліметтері негізінде әрбір каскад пен күшейткіш үшін жалпы күшейту коэффициентін есептеңіз. Нәтижелерін Л15.5 кестесіне енгізіңіз.

5.2. Л15.3. кестесі негізінде Л15.2 суретіне күшейткіштің амплитудалық сипаттамалары ишығ = /(икір) кері байланыс және онсыз беріледі. Құрылған сипаттамаларды пайдала отырып, күшейткіш жолақтық жұмысы диапазонын және оның күшейту коэффиценті анықталады.

5.3. Л15.4 кестесінің мәліметтері негізінде күшейткіштің күшейту коэффицентін кері байланыс пен онсыз келтірілген жиілік мәндері үшін коэффиценттерін есептеңіз. Нәтижелерін Л15.6 кестесіне енгізіңіз. Л15.3 суретінде К = у(f) координаттар жүйесінде құрылған есептеулер нәтижелерін пайдалана отырып, керібайланыс және онсыз есептеңіз. Абцисса осі бойынша жиілік мәндері логарифдік масштабта қалдырылады. Кв = Кн = 0,7К0 үшін және А/ = /в - /н.өткізу жолағының жоғарғы және төменгі шекараларын анықтаңыз.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша нәтижелерді орындау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Транзисторлы күшейткіштердің құрамына қандай негізгі элементтер кіреді?
2. Л15.1 суретінде көрсетілгендей схемасындағы элементтер мәні мен осы схемасы бойынша жиналған жұмыс қағидасын түсіндіріңіз.
3. Транзистордың вольт-амперлік сипаттамаларын түсіндіріңіз.
4. Күшейткіштің негізгі параметрлері мен сипаттамаларын атаңыз.
5. Күшейткіштегі кері теріс байланыс дегеніміз не, және ол оның сипаттамаларына қалай әсер етеді?
6. Көпкаскадты күшейткіштерде каскадаралық байланыстардың түрлерін атаңыз.
7. Тұрақты тоқтың күшейткіштерінде қандай байланыс түрі пайдаланылады және неліктен?
8. Күшейткіштің өткізу жолағы дегеніміз не және ол қалай анықталады?
9. Күшейткіштегі кері оң байланысты пайдалану неге әкеп соқтыруы мүмкін?

№ 16 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСЫ

Тұрақты тоқ тұрақтандырғыштары сынақтары

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Кернеу тұрақтандырғыштарын құру схемасымен олардың жұмыс істеу қағидаларын зерттеу.
1.2. Параметрлік және компенсациялық тұрақтандырғыштар сынамасын өткізу керек.

2. Объект пен сынақ құралдары

Сынақтар объектісі тұрақты тоқ күшінің параметлік және компенсациялық тұрақтандырғыштары болып табылады.
Параметрлік тұрақтандырғыш (сурет Л16.1) құрамына жартылай өткізгішті стабилитрон Д мен балластты резистор Rб. кіреді. Лн1 иЛн2 жүктілікті резисторлары стабилатронға паралельді етіп қосылады екен.
Мини-блок ретінде орындалған компенсациялық тұрақтандырғыш құрамына (сурет Л16.2) Транзисторы рөлін атқаратын реттеуші құрылғы, және ОУ операциялық күшейткіші мен параметрлік тұрақтандырғыштан тұратын басқарушы құрылғы кіреді. Күщейткіштің кірісіне екі сигнал беріледі: тұрақтандырғыш шығысынан берілетін сигнал бөлігінен тұратын кері байланыс сигналы, мен Д тұрақтандырғышынан тіреу сигналынан тұрады. Күшейткіштің шығысы Т транзисторының негізіндегі реттеуші құрылғының кірісіне қосылған.
.

3. Зертханалық жұмысқа тапсырмалар

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмысты атқару тәрбімен, осы тақырып бойынша теоретикалық мәліметтермен танысыңыз. Жұмыс дәптеріне сынақтар хаттамаларын дайындаңыз.

3.2. Л 16.1 кестесінің мәліметтеріне сәйкес өзіңіздің нұсқаңыз үшін параметрлік тұрақтандырғышты Яб балластық резистордың кернеуімен 1ст max.стабилитрон арқылы тоқтың максималды мәні арқылы анықтаңыз. Есептеулер нәтижесін сынақтар хаттамасына енгізіңіз.

Зертханада орындалады
Параметрлік тұрақтандырғыш сынақтары

3.3. ТТЛ16.1 суретінде көрсетілгендей етіп жинау керек. Лн1 жүктеу резисторы ретінде кернеу күші 22 Ом болатын резистор, ал кернеу күші 150 Ом болатын Лн2 — резистор пайдаланылсын. Стабилитрон түрі Д — КС456А. Мұғалім схеманы тексеріп болған соң оған электр тогын қосу керек, сол кезде сәйкес шамдар жануы тиіс.

4. Сынақтар хаттамалары мен №16 жұмыс туралы есебі

Тұрақты кернеу тұрақтандырғыштарының сынақтары

4.1.Жұмыстың мақсаты_____
_____
_____
_____

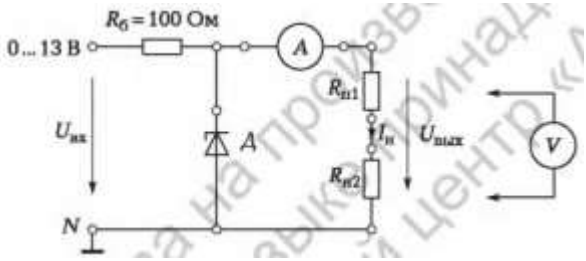
4.1. Формулалар мен алдын ала есептеулер.

Кесте Л16.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_{вх,}$ В	24	12	36	12	24	36	12	36
$U_{вых,}$ В	8	5,6	15	6,8	13	22	8,4	27
$I_и$, мА	0,05	0,4	0,1	0,4	0,05	0,1	0,4	0,1

Нұсқа № _____; $U_{вх}$ = _____ ± _____; $U_{вых}$ = _____; $I_н$ = _____;
$R_б = (U_{вх\,min} - U_{вых})/I_н$; $I_{ст\,max} = (U_{вх\,max} - U_{вых})/R_б - I_н$;
$R_б$ = _____; $I_{ст\,max}$ = _____

4.2. ТТ мен кесте схемасы.



Сурет Л16.1. Кернеудің параметрлік тұрақтандырғышын сынау үшін ЭТ схемасы

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6
$U_{вх,}$ В						
$U_{вых,}$ В						

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6
$R_{и2,}$ Ом	150	100	47	33	22	10
Iи, мА						
$U_{вых}$, В						

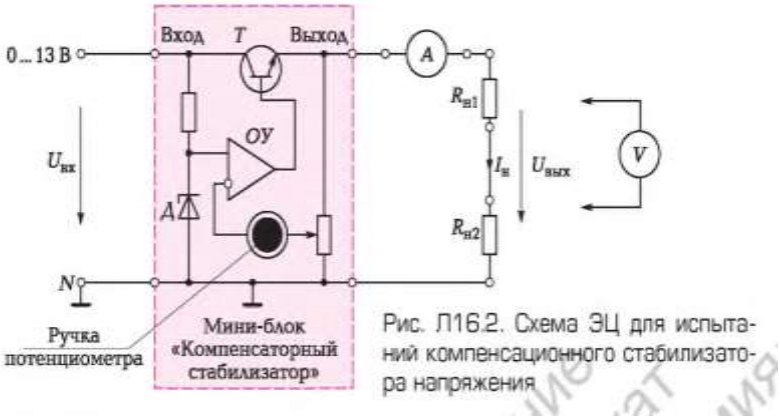


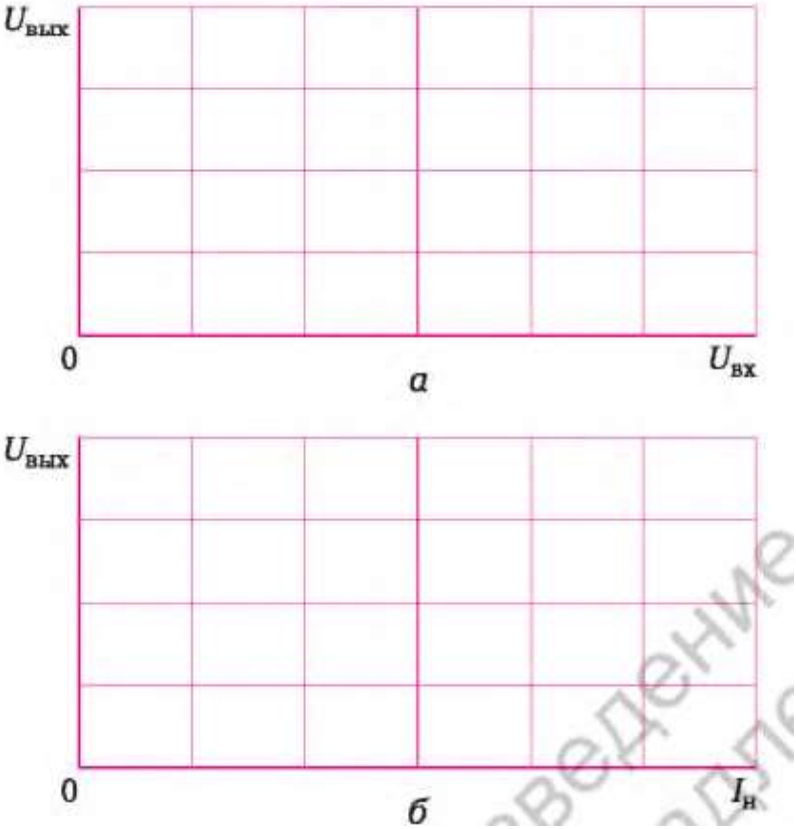
Рис. Л16.2. Схема ЭЦ для испытаний компенсационного стабилизатора напряжения

Таблица Л16.4

№ опыта	1	2	3	4	5	6
$U_{вх}$, В						
$U_{вых}$, В						

Таблица Л16.5

№ опыта	1	2	3	4	5	6
$R_{н2}$, Ом	150	100	47	33	22	10
$I_н$, мА						
$U_{вых}$, В						



Сурет Л16.3. Параметрлік және компенсациялық тұрақтандырғыштың шығысындағы кернеу тәуелділіктері: а — кіріс кернеуінен, б — салмақтағынан

4.5. Қысқаша нәтижелер

Топ _____Оқушы _____ Күні_____
Оқытушы_____

5. Есептік-графикалық есепке талаптар

5.1. Л16.2 және Л16.3 параметрлік тұрақтандырғыш кестелер негізінде Л16.3, а және Л16.3, б суреттерді Uшығ = /Щкір) Uшығ = /(7н). сәйкес орналастыру керек. Алынған графиктерде тұрақтышығы кернеуі бар сипаттамалар учаскелерін көрсетіңіз.
5.2. Л 16.4 және Л16.5 кестелері негізінде компенсациялық тұрақтандырғыш үшін Л16.3, а және Л16.3, б суреттерінде ұқсас тәуелділіктер құру керек. Алынған графиктерде тұрақтышығы кернеуін бар сипаттамалары бар учаскелерді бөліп көрсету керек.

5.3. Таңдалған учаскелер үшін тұрақтандыру коэффициенттерін анықтау керек Кст1 және Кст 2. Кернеулердің номиналды (Uкір.ном, Uшығ.ном) және токтардың (4.ном) мәндерін есептеу кезінде тұрақтандыру аймақтарының ортасына сәйкес келетін мәндерді қабылдау керек. Нәтижелерді Л16.6 кестесіне енгізіңіз.
5.4. Сынақтармен есептер нәтижелері бойынша қысқаша нәтижелер жасаңыз.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Тоқтың тұрақтандырғыш мәнін көрсетіңіз.
2. Техникада қандай тұрақтандырғыш түрлері қолданылады?
3. Тоқты тұрақтандырғыштың негізгі сипаттамаларын атаңыз.
4. Параметрлік тұрақтандырғыштың схемасын көрсетіңіз және оның негізгі элементтерін атаңыз.
5. Параметрлік тұрақтандырғыш әрекетінің қағидасын түсіндіріңіз.
6. Компенсациялық кернеу тұрақтандырғышының негізгі элементтерін атаңыз.
7. Компенсациялық тұрақтандырғыш тұрақтандырғышының кіру кернеуінің өзгеруі кезіндегі әрекет қағидасын түсіндіріңіз.

ЭЛЕКТРЛІК МАШИНАЛАР

7.1 ЭЛЕКТР МАШИНАЛАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР, ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫҢ КОНСТРУКЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПТЕРІ

ТЕОРИЯ

7.1.1. НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

Электр машиналары (ЭМ) дегеніміз электромагниттік құрылғылар, олар :

механикалық энергияны электрлік энергияға түрлендіреді (генераторлар);

электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіреді (қозғалтқыштар) ;

электр энергиясының бір түрін электр энергияның басқа түріне түрлендіреді (трансформаторлар, электр машиналық түрлендіргіштер).

Электр машиналық генераторлар электрлік энергия көздерінің негізгі түрі.

Электр қозғалтқыштар —механикалық энергия көздерінің негізгі түрлерінің бірі.

XIX ғасырдың соңында ЭМ барлық негізгі түрлері құрылды, олардың теория негіздері әзірленді. Сол уақыттан бері ЭМ үздіксіз жетілдіру процесі жүріп жатыр. Егер өткен ғасырдың басында генератордың қуаты 5МВт аспаған болса, бүгін қуаты 1 000 МВт (Курскі АЭС) генератор сәтті пайдаланылуда. Криогенді техниканы және жоғары өткізгіштік құбылысын пайдалану кезінде 5 000 МВт-қа дейін жететін қуатты өндіру мүмкіндігі бар. Трансформаторларда жетілдірілуде — электр энергиясын беру жүйесіндегі қажетті құрылғылар. Егер өткен ғасырдың басында электр беру желілерінің (ЭБЖ) кернеуі 50 кВ аспауы қажет болса, бүгінде ол 1 500 кВ жетуі мүмкін, бұл ретте берілетін қуаты 3 000 МВ • А дейін өсті.

Барлық электр машиналарын екі түрге бөлуге болады:

Тұрақты тоқтын электр машиналары (ЭМ);

айнымалы тоқтын электр машиналары (ЭМ) (оның ішінде трансформаторлар).

7.1.2. Электр машиналары жұмысының негізгі Қағидаттары

Кез-келген электр машинасының жұмысы негізіне екі қағидат жатқызылады:

■ *электромагниттік индукция* В индукциясымен магниттік өрісте v-жылдамдықпен қозғалатын l ұзындық өткізгіштігіне сәйкес Фарадей формуласы бойынша айқындалатын ЭҚК индукцияланады : e = lBv;
■ *электромагниттік күш* В индукциясымен магниттік өріске орналасқан тоқ i, ұзындық I өткізгішке Ампер формуласы бойынша анықталатын электромагнитттік күш әсер етеді: F3M = lBi.

Бірінші принцип генератор жұмысының негізіне жатқызылады. Өткізгіштегі индукцияның ЭҚК-нің бағыты оң қол ережесі бойынша анықталады, (генератоР-пРавая рука), ол былай деп тұжырымдалады: егер де оң қолымыздың магниттік өрістің күш сызықтары алақанға кіретіндей қаратып жайсақ , ал жазылған бас бармағымыз өткізгіш қозғалысының бағытын көрсетсе, онда қосылған төрт саусағымыз индукцияның электркозғаушы күшінің бағытын көрсетеді.

Екінші принцип қозғалтқыш жұмысының негізіне жатқызылады. Өткізгішке әрекет ететін күштің бағыты сол қол ережесі бойынша анықталады (двигатеЛь — Левая рука), ол былай деп тұжырымдалады: егер сол қолымыздың алақаның магниттік өрістің күш сызықтары алақанға кіретіндей қаратып жайсақ, ал қосылған төрт саусағымыз өткізгіштегі тоқтың бағытын көрсетсе, онда жазылған бас бармағымыз, күштің бағытын көрсетеді.
Электрлік қуат ei механикалық қуатқа түрленеді:

$$ei = Blv\frac{F_{\text{эм}}}{Bl} = F_{\text{эм}}v.$$

Өз кезегінде, механикалық қуат F3Kv электрлік қуатқа түрленеді:

$$F_{\text{эм}}v = iBl\frac{e}{Bl} = ei.$$

Осыдан электрлік машинаның ЭМ кері қайтымдылық принципі шығады, яғни олардың генераторлық режимінде және қозғалтқыш режимінде әрекет етуге қабілеттілігі.

Кез келген ЭМ-нің жұмысы үшін магниттік өріс және тоқ жүретін өткізгіштердің бар болуы қажет. Жұмыс барысында өткізгіштердің қозғалысы магниттік өріске біркелкі өтеді.
Эм-нің құрылымы екі негізгі бөліктен тұрады: қозғалмайтын статор және қозғалмалы ротор. Машинаның екі бөлігі де, әдетте, орамды болып келеді.
Трансформатора қозғалмалы бөлік (ротор) жоқ.

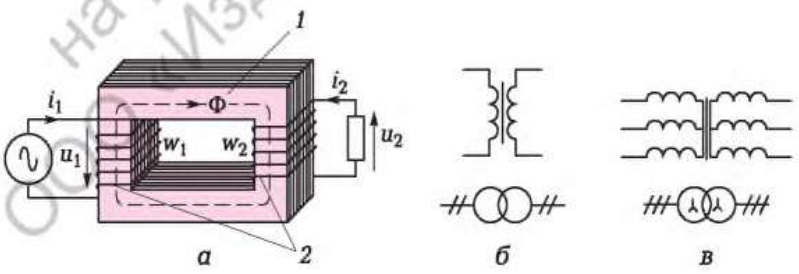
7.1.3. Трансформатордың мақсаты, құрылымдық схемасы және әрекет ету принципі

Трансформатор — кернеулі айнымалы тоқты жиілігін өзгертпей басқа кернеулі айнымалы тоққа түрлендіретін статикалық (яғни қозғалмалы бөліктері жоқ) электрмагниттік құрылғы.

Трансформатордың негізгі қызметі – энергия көзінен электрлік энергияны тұтынушыға беру.

Трансфоматор жұмысының негізіне өзара индукциялық құбылысы жатыр, яғни электрмагниттік өріс күшімен бір орамнан екінші орамға энергияны беру мүмкіндігі (4.3.2 бөлімшені қара).

Трансформаторлардың конструктивтік схемалары әртүрлі, алайда олардың барлығы келесіден тұрады (7.1, а сурет):



Сурет. 7.1. Трансформаторлар:
а — конструктивтік схема; б, в — бір фазалық және үшфазалық трансформаторларға сәйкес шартты графикалық суреті; 1 —магнит өткізгіш (магнитопровод) ; 2 — орамдар (обмотки)

магнит өткізгіш 1 ретінде ферромагниттік материалдар (трансформаторлық темір, электр техникалық жайма болат немесе ферриттер) пайдаланылады. Ол магниттік кедергінің азаю есебінен орамдар арасындағы магниттік байланыстың күшеюі үшін қызмет етеді;

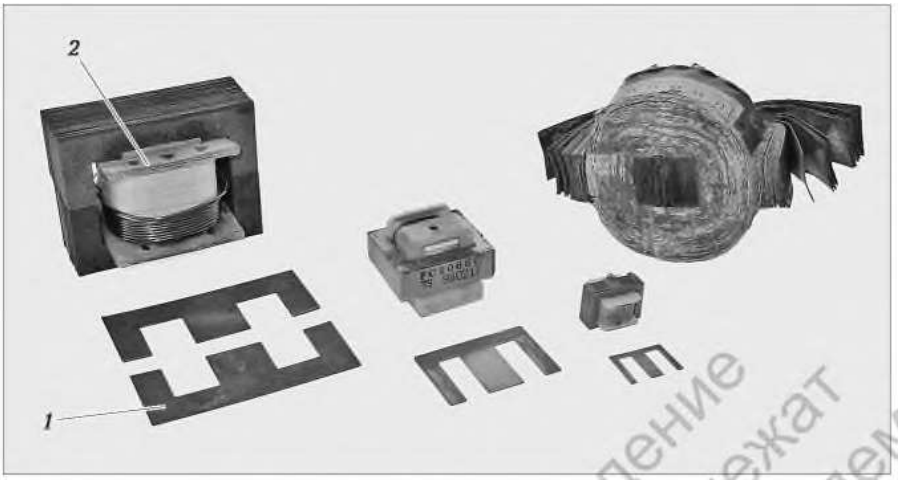
орамдар 2 (екі немесе оданда көп) магнит өткізгішке орналасқан және жалпы магнит тасқынымен біріктірілген оқшауланған сымнан тұрады.

7.2 суретінде радиотехникада пайдаланылатын кейбір трансформаторлардың сыртқы түрі көрсетілген.

$$P_{п} = I^2 R_{ЛЭП} = I^2 \frac{\rho l}{S_{пр}} = \frac{S^2}{U^2}\frac{\rho l U j}{S} = \frac{S l \rho j}{U},$$

бұнда S — толық қуаты, В-А; l — ЭЖЖ ұзындығы, м; р — ЭЖЖ сымдарының материалының меншікті электр кедергісі (алюминий үшін - р = 0,029 Ом- мм2/м); Бпр — сымның көлденең қимасының ауданы, мм2; j — тоқ тығыздығы, А/мм2.

7.2. сурет. Радиотехникада пайдаланылатын трансформаторлар



7.3. сурет. Трансформатордың құрамдас бөліктері
1 — пластиналар; 2 — катушка орамымен

Электр көзінің қуаты 500 МВ-А, 500 км қашықтыққа беру қажет. Егер де электр тогын беру 250 кВ кернеу барысында жүргізілсе, онда тоқтың тығыздығы 2 А/мм2 кезінде ЭЖЖ алюминий сымындағы шығындар 60 МВт жуық шығынды құрайды , яғни берілетін қуаттың 12 %. Егер де кернеуді 750 кВ дейін жоғарлатса, онда шығындар 20 МВт дейін төмендейді, ол берілетін қуаттын 4 % құрайды. Бұл толықтай мүмкін.

Осылайша, ЭЖЖ қуаттың шығыны кернеуге кері пропорционалды, ол арқылы электр беру жүргізіледі.

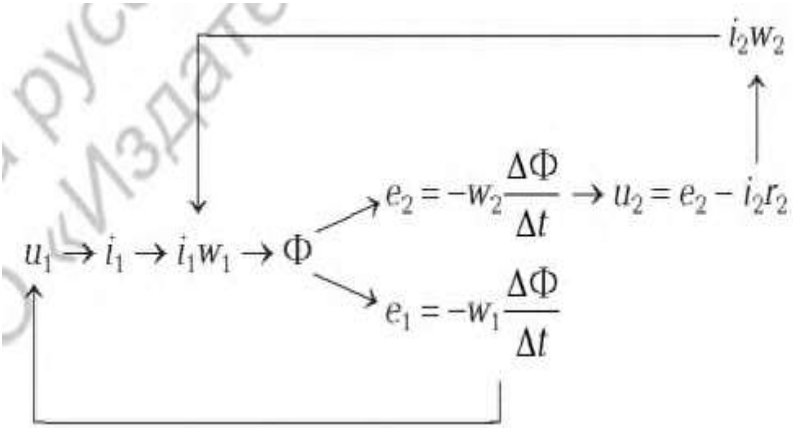
Қаншалықты кернеу жоғары болса, соншалықты ЭЖЖ шығындары аз болады.

Сымның қима ауданы кернеуге кері пропорционалды:

$$S_{\text{пр}} = \frac{k}{U}.$$

Кернеу жоғары болса, ЭЖЖ сымдарының аз қимасы пайдаланылады. Трансформаторлар мақсаты бойынша күштік және арнайы мақсатты болып келеді (автотрансформаторлар, өлшеуіш, дәнекерлеу және т.б.).
Күштік трансформаторлар бір фазалық және үш фазалық, жоғарлатқыш және төмендеткіш болып келеді.

Трансформатор жұмысы негізіне электрмагниттік индукцияның принципі жатады. Егер де бірінші орамды траснформаторға w1 орам санымен ауыспалы синусоидалық кернеу щ = Umsin wt жеткізіледі, онда орам бойынша тоқ i1 жүре бастайды, ол магниттеуші күшті құрайды (н. с.) i1w1. М.к. әрекетінен білікте ауыспалы магнит тасқыны Ф = Фт sin wt пайда болады, өзіндік индукцияның e1 = -w1ДФ/Дt ЭҚК-нің бірінші орамына жіберілетін , ол көрсетілген кернеуді и1 теңестіреді, ал екінші орамда w2 орам санымен өзіндік индукцияның ЭҚК e2 = -w2ДФ/Дt . Нақты осы ЭҚК күш түсу кезінде кернеудің пайда болу себебі болып табылады и2 = e2 - i2r2, бұнда i2 — екінші орамдағы ток; r2 — екінші орамның белсеңді кедергісі.
Жоғарыда айтылғандар келесі схема түрінде көрсетіледі:



Трансформатордың жұмысы кезіндегі біліктегі магниттік тасқын күш түсу кезінде бірінші және екінші орамдардың қорытқы магниттеуіш күшпен анықталады, i1w1 - i2w2 тең, ал бос жүріс кезінде – тек бірінші орамдағы i0w1 магниттеуіш күшімен, бұнда i0 — трансформатордың бос жүрісінің тогы.

ПРАКТИКА

Типтік есептерді шығару мысалдары

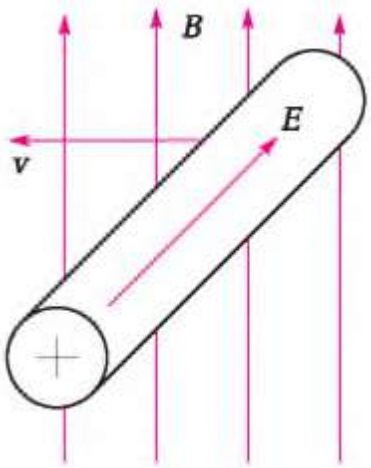
1. Магнитоэлектрлік аспаптың жылжымалы катушкасының белсенді ұзындығы 1в = 10 мм, орам саны w = 15, катушкалар радиусы г = 1 см. аспаптың тұрақты магниты индукцияның магнит өрісін құрайды В = 0,8 Тл. Егерде механикалық серіппенің қаттылығы ка= 1,2 • 10-6 Н • м/град, тоқтың қандай мағынасында аспаптың жылжымалы жүйесі 30° бұрышқа ауытқитының аңықтаныз.

Шешімі. Тоқты есептеу үшін Тэм = IBI Ампера формуласын пайдаланамыз, онда біздің жағдайда l — катушка өткізгіштерінің белсенді ұзындығы, l^w шығармасына тең. Бұл ретте Тэм электромагниттік күшін анықтаймыз сонымен қатар, жылжымалы жүйенінің ауытқуы белгіленген кезінде электромагниттік айналу моменті Мвр = Тэмг қарсы әрекеттегі Мпр = каа серіппе кезге тең. Осылайша, токқа арналған мән келесі түрде белгіленеді: I = каа/(1Вг). Осыдан I = 1,2 • 10-6 Н - м/град. • 30 град./(15 • 10-2 м - 0,8 Тл • 10-2 м) = = 0,03 А = 30 мА.

Жауабы. Аспаптың жылжымалы жүйесі 30 мА тогы кезінде 30° ауытқиды.

2. Өткізгіш ұзындығы l = 20 см біркелкі жылдамдығы 50 мм/с жылжиды тұрақты индукциялық магнит өрісінде В = 1,2 Тл (сурет 7.4). ЭҚК-і өткізгіштегі индукцияланатын тоқтың бағытын және шамасын аңықтаныз. Егерде өткізгіштің жылжу жылдамдығы 10 есе өссе ЭҚК-і мәні қалай өзгереді? Егерде өткізгіштің қозғалысының бағыты және магнит өрісінің күш сызықтарының бағыты бір мезгілде қарама қарсыға өзгертілген жағдайда ЭҚК бағыты қалай өзгереді?

Шешімі. ЭҚК мәнің Фарадкей формуласы бойынша аныктаймыз: Е = = lBv = 0,2 м • 1,2 Тл • 0,05 м/с = 0,012 В =12 мВ.



7.4. сурет Магниттік өрісте қозғалатын өткізгіш (2 есепке, 7.1 бөлімшесі)

ЭҚК бағытын оң қол ережесі бойынша анықтаймыз. Ол 7.4суретте көрсетілген. Егер v жылдамдығы 10 есе артатын болса, онда ЭҚК-і 10 рет өседі және 0,12 В тең болады. Өткізгіштің қозғалыс және магнит өрісінің күш сызықтарының бағыттарын бір мезгілде өзгерткен кезде ЭҚК-нің бағыты өзгермейді, оған оң қол ережесін пайдалана отырып оңай көз жеткізуге болады.

Жауабы. Индуцирленген ЭҚК 12 мВ тең. өткізгіштің жылжу жылдамдығын 10 есе ұлғайту кезінде ЭҚК 0,12 В дейін өседі. Белгіленген бағыттарды өзгерту кезінде ЭҚК-нің бағыты сол қалпында қалады.

3. трансформатордың Бастапқы орамында тұрақты тоқтың 10 В кернеуі жүргізілген, трансформациялау коэффициенті k21 = 10. Трансформатордың екінші реттік орамасындағы кернеу қандай?

Шешімі. Белгілі, трансформатордың жұмыс істеу негізіне өзара индукциялану құбылысы жатады, оның айнымалы магниттік ағынымен өту кезінде екінші орамасындағы ЭҚК-і пайда болуы қорытындалады. Бастапқы орамадағы тұрақты кернеуді қосу онда тұрақты тоқтың ағуын тудырады, нәтижесінде тұрақты магниттеуші күші мен тұрақты магнит ағыны Ф туындайды. Мұндай ағын екінші орамындағы ЭҚК-і қосуға қабілетті емес , өйткені оның өзгеру жылдамдығы ДФ/Д£ = 0, демек, және е2 және u2 нөлге тең болады.

Жауабы. Екінші реттік орамасындағы кернеу сондай-ақ нөлге тең болады.

Егер трансформатордың магнит өткізгішін жұқа қалыпталған бір-бірінен электрлік оқшауланған пластиналардан емес, ал тұтас кесек жақсы электрлік техникалық болаттан дайындаса не болады?

4. Магнит өткізгіш қыза бастағанда магниттік шығындар өседі трансформатордың ПӘК-і төмендейді. Бос жүріс режимнен номиналды режимге ауысқанда трансформатордағы магнит ағыны қалай өзгереді?

Жауабы. Магнит ағыны өзгермейді, өйткені айнымалы магнит ағынының амплитудасы бастапқы орамаға түсірілген күшпен айнымалы кернеу амплитудасымен анықталады. Бос жүрісте магнит ағыны бос жүріс тогымен анықталатын магниттеуші күшпен түзіледі. Номиналды жұмыс режимде қорытқы магниттеуші күші бастапқы және екінші реттік орамаларының I10w1 = I1w1 - I2w2 айырымымен анықталады, ол бос жүрістегі магниттеуші күшке тең.

Өз бетінше шешуге арналған есептер мен сұрақтар

6. Тұрақты тоқтың машинасының якоры (ротор) қозғалтқышпен іске қосылады, біліктің айналмалы жиілігі n = 300 айналым/мин. Якорь орамының әрекеттік ұзындығы l = 20 см, якорьдын диаметрі D = 20 см, якорьдын ойығында 40 орам орналасқан, ауа саңылауындағы магниттік индукция 0,5 Тл. Орамдағы туралатын максималды ЭҚК-ні анықтаңыз.

7. Өткізгіш ұзындығы l = 20 см I = 2 А тогымен, индукциясы B = 0,65 Тл магниттік өрісте табылады. Өткізгішке әсер ететін күшті анықтаңыз.

8. Трансформатордағы бірінші орамы w1 = 1 000 орам санымен 220 В кернеу желісіне және 8. 50 Гц жиілігімен қосылған магниттік тасқынның амплитудасы неге тең?

9. Егер екінші реттік орамасының саны 100 тең біліктегі магнит ағынының амплитудасы 0,005 Дб құраса, кернеуі 220 В және жиілігі 50 Гц желіден жұмыс істейтін трансформатордың екінші орамасындағы ЭҚК-і анықтаңыз.
10. Трансформатордың бастапқы орамында орам саны w1 = = 2 000 220 В номиналды кернеуі және жиілігі 50 Гц қоса берілген. Магнитөткізгіштің көлденең қимасының ауданы 5 см2. Трансформатордың бос жүрісі кезіндегі біліктегі магниттік индукцияның амплитудтық мәнің анықтаңыз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Электр қозғалтқышы — электрлік машина, түрлендіретін (дұрыс жауапты таңдаңыз):
а) механикалық энергияны электрлік энергияға;
б) механикалық энергияның бір түрінен механикалық энергияның басқа түріне;
в) электрлік энергияның бір түрінен электрлік энергияның басқа түріне ;
г) электрлік энергияны механикалық.

2. Генератор — электрлік машина, түрлендіретін (дұрыс жауапты таңдаңыз):
а) механикалық энергияны электрлік энергияға;
б) механикалық энергияның бір түрінен механикалық энергияның басқа түріне;
в) электрлік энергияның бір түрінен электрлік энергияның басқа түріне ;
г) электрлік энергияны механикалық.

3. Электрлік машинаның ротор орамының өткізгіштеріне әрекет ететін күштің бағыты қандай ережемен анықталады?
а) қол бұрғымен;
б) оң қолмен;
в) сол қолмен;
г) жол ережесімен.

4. Электрлік машинаның орам өткізгіштеріндегі ЭҚК бағыты қандай ережемен анықталады?
а) қол бұрғымен;
б) оң қолмен;
в) сол қолмен;
г) жол ережесімен.

5. Ампер формуласының дұрыс жазбасын көрсетіңіз.
а) e = l/(Bv);
б) РэМ = lBi;
в) Рэм = l/(Bi);
г) e = IBv.

6. Фарадей формуласының дұрыс жазбасын көрсетіңіз.
а) e = l/(Bv);

б) Рэм = lBi;
в) Рэм = l/(Bi);
г) e = IBv.

7. Трансформатор не үшін арналған?
а) ПӘК жоғарлату үшін;
б) қуаттылық коэффициенттің жоғарлату үшін;
в) тұтынушыға ауыспалы тоқ көзінен электрлік энергияны бері үшін;
г) магниттік шығындарды кеміту үшін.

8. Трансформатордың жұмыс істеу негізінің принципі қандай?
а) өзара индукциялар;
б) өзіндік индукциялар;
в) электрмагниттің күштер;
г) электрмагниттік сәттер.

9. Трансформатордың магниттік сымын бір-бірінен жеке электрлік оқшауланған электрлік болаттан жасалынған пластиндардан не үшін дайындайды?
а) магниттік шығындарды төмендету үшін;
б) электрлік шығындарды төмендету үшін;
в) өзіндік құнын төмендету үшін;
г) қуаттылығын арттыру үшін.

7.2 ТРАНСФОРМАТОРДЫҢ СИПАТЫ. АРНАЙЫ МАҚСАТТАРҒА АРНАЛҒАН ТРАНСФОРМАТОРЛАР

ТЕОРИЯ

7.2.1 Кернеу теңдігі және трансформацияның коэффициенті

Шынай трансформатора негізгі жұмыс ағынымен қатар Ф, w1 және w2 орамдарымен бекітілген , Фп1 және Фп2 шашырау ағының құрайды, әрқайсысы өз орамымен біріктірілген. Осы ағындар ЭҚК es1 және es2 құрайды (7.5, а сурет).

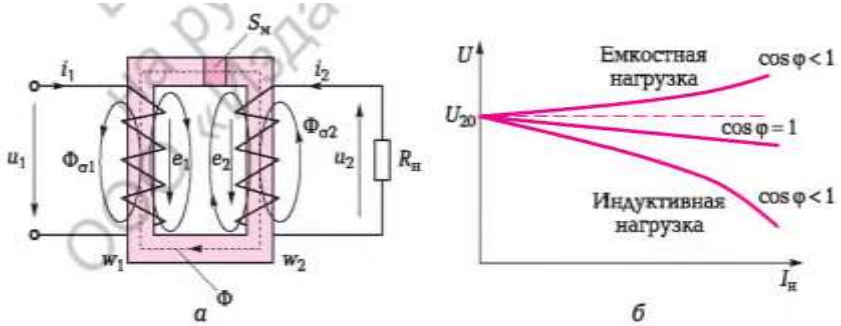
Орамдар бойымен жүретін токтар i_1r_1 және i_2r_2 орамдардың белсеңді кедергілеріндегі кернеудің төмендеуін белгілейді.

Трансформатордың бірінші және екінші орамына арналған кернеу теңдігі, Кирхгофтың екінші заңына сәйкес келесі түрде беріледі:

$$u_1 = -e_1 - e_{\sigma 1} + i_1 r_1;$$

$$u_2 = e_2 + e_{\sigma 2} - i_2 r_2,$$

Егер де, шашырау ағымдарын ескермесе (Фп = 0) және белсенді кедергілерге (олар 10 % аса емес), жұмсалатын кернеудің төмендеуін ескермесе, онда трансформатордың кернеу (идеалды) теңдеуі келесідей жазылады:



7.5. сурет Трансформатор:
а — кернеу теңдеуінің талдауына арналған схема; б — сыртқы сипаттамалары; SM — магнитөткізгіштің көлденең қима ауданы

$$u_1 = -e_1 = w_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

$$u_2 = e_2 = -w_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Трансформаторды екі кіріс және екі шығыс қысқыштары бар төртполюстік ретінде қарастыруға болады.

Төртполюстің шығыс параметрінің кіріс параметріне қатынасы, ал біздің жағдайда - екінші орамдағы и2 о кернеуінің бірінші орамдағы щ кернеуге қатынасын трансформацияның коэфициентті деп атаймыз.

$$k_{21} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{e_2}{e_1} = \frac{w_2}{w_1}.$$

Ол екінші және бірінші орам санының қатынасына тең . Егер w2 > w1, онда k21 > 1 және трансформатор жоғарлатушы деп аталады, өйткені u2 > u1. Егер де w2 < w1, онда k21 < 1 және трансформатор төмендетуші деп аталады, өйткені u2 < u1.

Синусоидалды магниттік тасқын Ф кезінде ЭҚК берілетін e1 және e2, сондай-ақ синусоидалды, бірақ 90° тасқынға қатысты фаза бойынша жылжытылған, сондықтан ДФ/At тасқынның өзгеру жылдамдылығы анықталады:

$$e_1 = E_{1m}\sin(2\pi ft - 90^\circ);$$

$$e_2 = E_{2m}\sin(2\pi ft - 90^\circ),$$

бұнда E1m = 2nfw^m және E2т = 2лfw2Фm — бірінші және екінші орамдағы ЭҚК амплитудалары

ЭҚКқолданыстағымәндерүшін

$$E = E_m/\sqrt{2} = 4{,}44wf\Phi_m;$$

Кернеуүшін:

$$U = 4{,}44wf\Phi_m.$$

Бірінші орамға wj жұмсалған көрсеткіш Uj кернеуіне жұмсалған көрсеткіш Фт магниттік тасқынның амплитудасын белгілейді. Тасқынның көрсеткіші жұмсалған өзгермеген кернеу барысындағы тасқын көрсеткіші трансформатордың барлық жұмыс кезінде бір деңгейде қалады – бос жүрістен номиналдық күшке дейін. f = 50 Гц Фт = 0,0045 U1/w1 бойынша; егер де U1 = 220 В, онда Фт =1/w1.

Токтардың кенет мәндері кернеу мәндері сияқты трансформация коэффициентімен байланысты, бірақ кері пропорционалды тәуелділікте:

$$k_{21} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{S/i_2}{S/i_1} = \frac{i_1}{i_2}.$$

Осылайша, орам саны үлкен және кернеуі жоғары орамасында тоқ аз болады. Бұл қасиет үлкен қашықтыққа электр энергиясын беру негізіне жатады : кернеуді арттыру тоқ сымдарында тоқты төмендетуге мүмкіндік береді, яғни сымдарда және олардың қима көлеміндегі қуаттың шығының.

Егер трансформатордың екінші реттік орауы ажыратылған болса, онда онда тоқ жоқ. Алайда, бастапқы орамадағы тоқ нөлге тең болмайды. Бұл тоқ бос жүріс тогы i0 деп аталады. екінші реттік орамасының тізбегіне жүктеме қосу онда i2 тогынын пайда болуыни тудырады, бұл ретте бастапқы орамасындағы тоқ ұлғаяды (г\ <t0).

7.2.2. Трансформатордың ПӘК-ін және қуатты жоғалту

Трансформатордың жүктеме астындағы жұмысы кезінде бастапқы орамадан күш жүктемеге толық түсірілмейді. тоқ қуатының жартысы жоғалады. Әңгіме бірінші кезекте бастапқы (Рэ1) және екінші реттік (Рэ2) орамдардын қызуымен, және (Рм) құйынды токтар мен гистерезис (біліктін қайта магниттелуі) магниттік шығындарымен байланысты электрлік шығындар туралы:

$$P_2 = P_1 - (P_{э1} + P_{э2} + P_м),$$

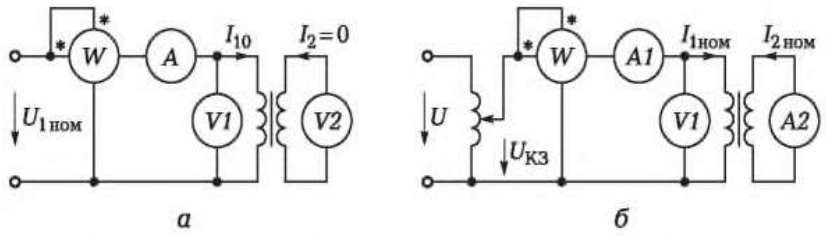
бұнда Р2 — жүктеме қуаты; Р1 — бастапқы орам қуаты.

Электр машиналарының арасында трансформатор ең жоғарғы ПӘК-іне (86 ... 99 %) ие, себебі онда электромагниттік энергияның механикалық энергияға қосымша қайта түзілуімен байланысты механикалық шығындар жоқ.

Трансформатордың ПӘК –ін анықтау және есептеуді жиынтық шығындарды £Рп айқындай отыра жанама әдістермен жүргізеді.

Осы әдістердін негізіне бос жүріс (ХХ) сынақтары (сур. 7.6, а) және қысқа тұйықталу жатқызылды (ҚТ) (сур. 7.6, б), олардың барысында магниттік Рм және электрлік Рэ1 және Рэ2 жоғалтулар анықталуы мүмкін .

Бос жүріс сынағы бастапқы орамдағы номиналды кернеу және екіншілік орамында ажыратылған кезінде жүргізіледі.



Сурет. 7.6. Трансформатордағы шығындарды өлшеу үшін ЭО схемасы: а — бос жүріс сынағы; б — қысқа тұйықталу сыңағы

Өйткені ХХ I2 = 0 болса, онда пайдалы қуаты Р2 = 0. Кіру қуаты Р1 = РХХ магнит өткізгіштегі шығындарға (Рм) жұмсалады және (Рэ1) мыс шығындар. тоқ ХХ I10 аз (2 ... 10% - номиналды тоқ 1ном), сондықтан мыстағы шығындарды елемеуге болады. Сол уақытта біліктегі магнитті ағын номиналға тең, демек, деп санауға болады, бұл ХХ кезінде барлық қуаты магниттік жоғалту (Рм = РХХ) білдіреді. Эту мощность можно измерить ваттметром по схеме, приведенной на рис. 7.6, а. Бұл қуатты ваттметрмен өлшеуге болады, 7.6, а сур. Келтірілген схема бойынша.

Қысқа тұйықталу сынағы орамдардағы номиналды тоқ кезінде және бірінші реттік орамындағы кернеуі төмендетілгенде жүргізіледі. Егер I2 = 12ном, онда

U1 = UK3 = (0,05 ...0,1)и1ном. Дәл осы кернеу мен тоқ мәндерінде КЗ жүргізіледі.

Сондықтан орамдар бойынша номиналды тоқ түзіледі, яғни электрлік жоғалтуларда номиналды. Өйткені бастапқы орамасындағы кернеу аз болса, онда Ф магнит ағыныда аз болады, осыған байланысты магниттік шығындарды елемеуге болады. Бұл КЗ сынағында ваттметром өлшенген (суретті қараңыз 7.6, б) қуаты электр жоғалтуды білдіреді (РКЗ = Рэ1 + Рэ2).
Бос жүріс сынағы нәтижесінде және қысқа тұйықталу кезінде алынған ваттметрлердің көрсеткіштері трансформатордың ПӘК-ін есептеп шығаруға мүмкіндік береді:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{P_{XX} + P_{КЗ}}{P_1}.$$

Трансформатордың сыртқы сипаты

Трансформатордың сыртқы сипаты кернеудің U2 жүктемесіне бастапқы орамасындағы (U1 = const) тұрақты кернеу кезінде тоқ жүктемесіне I2 тәуелді және жүктеме сипаты өзгермеуін (cos ср = const) көрсетеді.

Сыртқы сипаттамаларының түрі айтарлықтай жүктемелер сипатына тәуелді (сур. 7.5, б). Таза активті жүктеме кезінде (cos ср = 1 — қыздыру шам, жылытқыш) сыртқы сипаттамасы аздап төмендетілген, бұл кернеудің ұлғаюымен, орамдардағы белсенді кедергісінде тоқ жүктемесінің өсуімен түсіндіріледі. Егер индуктивті жүктеме (cos р < 1 — дроссель, дәнекерлеу трансформаторы, электрлік қозғалтқыш) кезінде кернеу тоқ ұлғайғанда өте күрт түсуі мүмкін, өйткені тоқтын индуктивтік құрамы өзекті магнитсіздендіреді. Сыйымды жүктемесі кезінде (cos р < 1 —компенсатордың режимінде синхронды машина, конденсаторлардың батареялары) кернеу тоқтын артуына байланысты өсуі мүмкін, өйткені сыймдылық құрамдас тоқ өзекті магнитсіздендіреді.

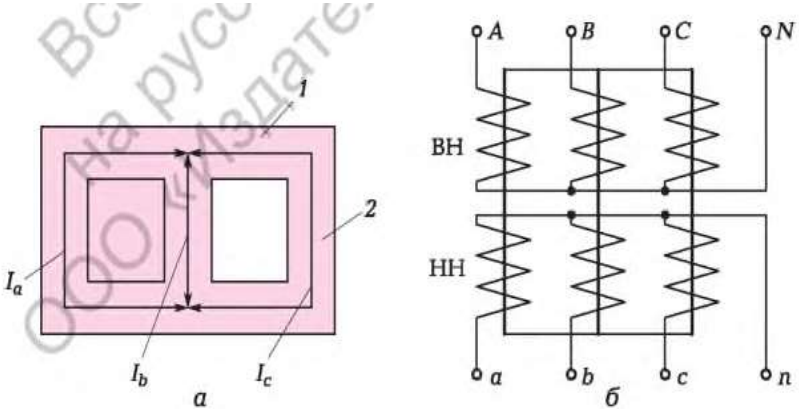
Қайталама кернеудің өзгеруін номиналды кернеуден пайызбен көрсітіледі:

$$\Delta U = \frac{U_{20} - U_{2\,ном}}{U_{20}} 100\,\%$$

Бұнда U20, және 2ном —бос жүріс және номиналдық жүктеме кезіне сәйкес екінші реттік орамдағы кернеу.

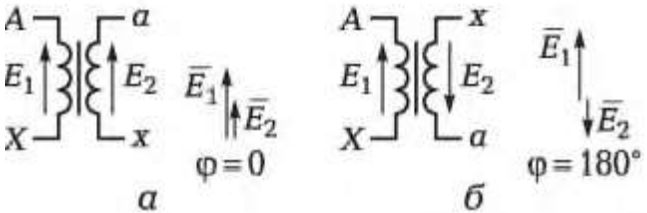
7.2.4. Үшфазалық трансформаторлар

Үш фазалы кернеуді төмендету немесе арттыру үшін үш бір фазалы трансформатор пайдаланылуы мүмкін, алайда, материалды үнемдеу мақсатымен симметрияландырылмаған магниттік тізбекпен бір үшөзекті трансформаторды қолданады (сур. 7.7, а). Үшін симметрияландыру үшін рования мойынтұрық 1 қимасының ауданы 15 ... 20 % ұлғайтады



Сурет 7.7. Үшфазалық трансформатордың магнит өткізгішінің (а) схемасы:
1 — мойынтұрық - ярмо; 2 — өзек

жұлдызша орамдармен біріктірілген (б)



Сурет. 7.8. Бір фазалық трансформатордың орамдарының қосылыс тобы: а — нөлдік; б — алтыншы қима өзектеріне қатысты

2. Бұл үш фазалы трансформатордың есептеулері мен талдаулары бір фазалы трансформатор үшін орындауға мүмкіндік береді.
Әрбір фазаның кернеулерінің жоғарғы (ВН) және төменгі (НН) орамдары өз өзектерінде орналасады, және жұлдызшамен біріктірілуі мүмкін (сур. 7.7, б) немесе үшбұрышпен, мысалы А/А, А/Ж және т. б. Алымындағы белгі ВН орамаларды қосу схемасын көрсетеді, бөлгіштегі белгі — орамдардың қосылу схемасы НН.

Үш фазалы трансформаторларда сызықты кернеу трансформация коэффициенті орамалардың схемасына (схемасына) тәуелді. Бұрын

көрсетілгендей, жұлдызшамен біріктіру кезінде UA = V3 иф, ал қосылған кезде үшбұрышпен ил = иф. Сондықтан үш фазалы трансформаторларда фазалық кернеулердің трансформация коэффициенті туралы айтады :

$$k_{ф} = \frac{U_{ф2}}{U_{ф1}} = \frac{w_{ф2}}{w_{ф1}}.$$

Сурет. 7.9. Үш фазалық құрғақ (а) және майлы (б) трансфор¬матордың сыртқы түрі

Бірнеше трансформаторларды параллельдік жұмысқа орамалар схемасымен қатар қосу кезінде сызықты ЭҚК (кернеу) ВН және НН орамдарды ығысу векторларының бұрышы анықтайтын орамалардың қосу тобын ескеру қажет.

Бір фазалы трансформатор үшін мемлекеттік стандартпен орамалардың нөлдік тобы қолдануға рұқсат етілген (сур. 7.8, а). Ол үшін фазалардың ығысу векторлар арасындағы ЭҚК-і нөлге тең болады. Егер бір орамның ұштарының жерлерін ауыстырсақ, онда векторлар арасындағы фазалардың ығысу бұрышы 180° тең болады. (сур. 7.8, б). Осындай орамаларды қосу алтыншы тобына жатады. Топ нөмірі фазалардың жылжу бұрышын бөлумен 30° (6 = 180°/30°) анықталады
үш фазалы трансформаторға 12 топ қосылыстар арналған, бірақ мемлекеттік стандартпен тек екуі қолдануға рұқсат етілген: нөлдік және он бірінші.

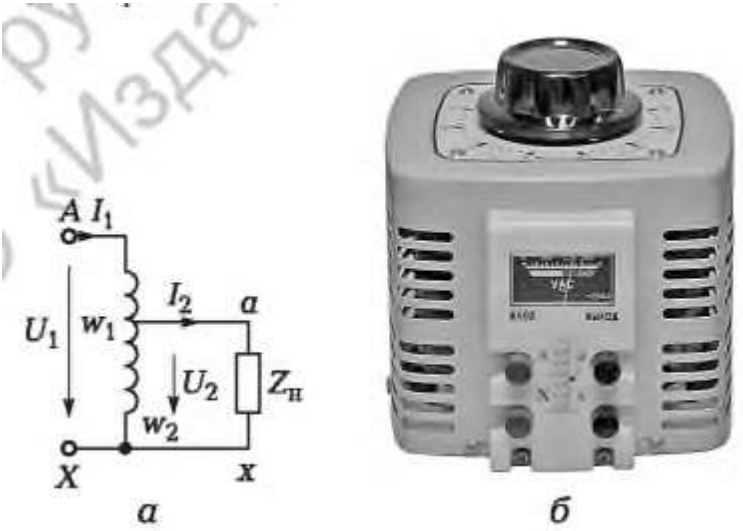
Сур. 7.9, а үш фазалық құрғақ трансформатордың сыртқы түрі көрсетілген (S = 2 кВ - А, U1 = 220 В, U2 = 36 В), а-сур. 7.9, б — майлы трансформатор ТМГ-25 гофірленген бак (S = 25 кВ • А).

7.2.5. Автотрансформатор

Автотрансформаторда тек бір орам бар, бұрылысымен, оның екіншілік орамы w2 (НН) бастапқы орамасының w1 (ІШКІ) бір бөлігі болып табылады (сур. 7.10, а).

Осылайша, автотрансформатордың трансформациялау коэффициенті ка = w2/w1 = U2/U1, әрқашан 1-ден кем, сондықтан мұндай трансформатор әрқашан төмендетуші болып табылады.

Автотрансформаторлар кернеу реттеуіштер ретінде кеңінен қолданыс тапты. Олар реттеуді бірқалыпты және дискретті жүзеге асыруға мүмкіндік береді.



Сурет. 7.10. Автотрансформатор: а — қосу схемасы; б — ЛАТР сыртқы түрі

Зертханалық жағдайда электр схемаларының кернеу көзін реттеу үшін зертханалық автотрансформаторлар (ЛАТР) жиі қолданылады (сур. 7.10, б). Өзгеріссіз бастапқы кернеуде , мысалы, 220 В, ол 0-ден 220 В жүктеме кезінде кернеуді өзгертуге мүмкіндік береді.

7.2.6. Өлшеу трансформаторлары

Өлшеуіш трансформаторлары айнымалы тоқ және кернеуді түрлендіру үшін қызмет етеді , оларды стандартты электр өлшегіш аспаптары өлшеу мен жұмыс қауіпсіздігін арттыру мақсатында қолдануға ыңғайлы.

Кернеу трансформаторы (КТ) — төмендетуші трансформатор, трансформациялау коэффициенті 0,1; 0,01 және оданда кем. Оның екінші тізбегіне вольтметр, параллель тізбектері ваттметрмен өлшеу және энергиясын есептегіштер кіреді. Осы аспаптардың кедергісі шексіздікке жақын.

КТ бос жүріс режимінде жұмыс істейді.

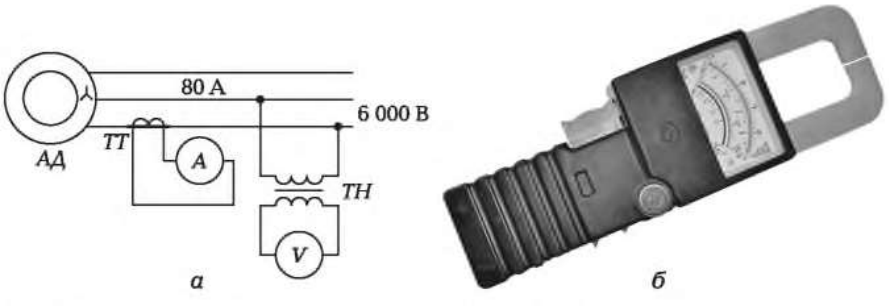
Ток трансформаторы (ТТ) — бұл трансформация коэффициенті 10, 100 және одан да көп кернеу бойынша көтергіш трансформатор. Демек, тоқ ТТ бойынша төмендеткіш трансформаторы болып табылады. Оның бастапқы орамасы бір — үш айыр және тізбегіне қосылады, онда өлшеу жұмыстары жүргізіледі, дәйекті жүктемемен. Екінші реттік орамасының тізбегіне шағын кедергісі бар аспаптар кіреді (амперметр, тоқ катушка ваттметра).

ТТ қысқа тұйықталу режимінде жұмыс істейді.

Екінші орамының ажыратылу кезінде ТТ тізбекке қосыла алмайды, өйткені i2 = 0 кезде магнит ағыны трансформаторда күрт жоғарылайды, гистерезисте шығындар өседі, білік қыза бастайды және трансформатор істен шығады.

Бұдан басқа екінші ажыратылған орамдағы кернеу едәуір шамаға жетеді, ол қызмет көрсететін персонал үшін қауіпті.

7.11 а суретінде стандартты өлшегіш приборлардың қуатты жоғары вольттік асихронды қозғалтқышының АД тізбегіне қосу схемасы көрсетілген, өлшеуіш трансформаторларды пайдаланумен. Қозғалтқыш, орамдары жұлдызшамен қосылған сызықты кернеу көзінен қуат алады ил = 6 000 В және номиналды тоқты болады 80 А. Өлшеуіш лабораториясы вольтметрдің 1 000 В және ам¬перметрдің 10 А енгізеді.



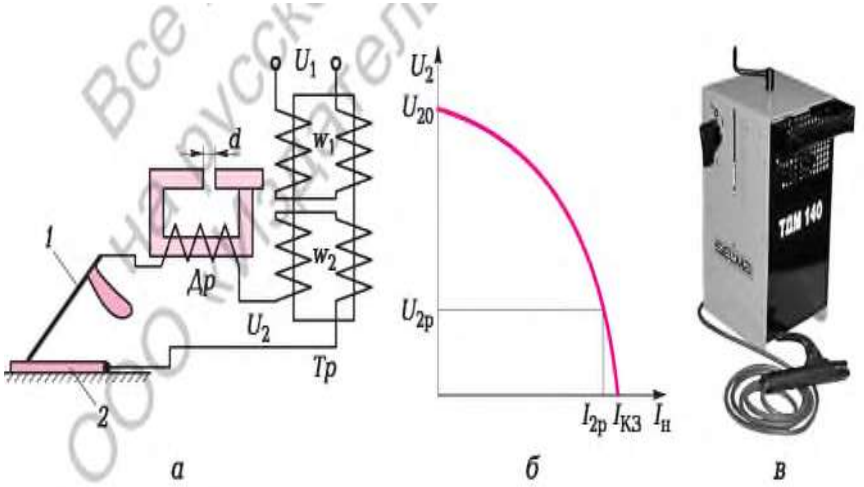
7.11 сурет. тоқ және кернеуді өлшеу трансформаторлары: а — ТТ және ТҚ қосу схемалары, стандартты өлшеу аспаптары жинағымен; б — тоқ трансформатордың сыртқы түрі

Қозғалтқыштың жұмысы кезінде ондағы бар приборларымен электрлік көрсеткіштерді өлшеу үшін оларды ТҚ арқылы трансформациялау коэффициентімен к = 0,1 ТТ трансформациялау коэффициентімен к = 10 арқылы қосу қажет. Бұл жағдайда, вольтметр - 600 В, ал амперметр -8 А көрсетуі қажет.

ТТ сыртқы түрі 7.11, б суретінде көрсетілген.

7.2.7 Дәнекерлеу трансформаторы

Дәнекерлеу жұмысы басында жұмысшы электродпен 1 бөлшектерге 2 тиеді, нәтижесінде трансформатордың екінші орамы қысқа тұйықталады (7.12, а сурет). Кәдімгі трансформаторда қысқа тұйықталу тогы 10-20 есе номиналды токтан жоғары болады, сондықтан бұндай трансформатор тез істен шығады.



7.12 сурет. Дәнекерлеу трансформаторы:
а — қосу схемасы; б — сыртқы сипаты; в — трансформатор ТДМ-140 сыртқы түрі; 1 — электрод; 2 — бөлшек; реттелетін ауа саңылауымен d дроссель- Др; Тр — дәнекерлеу трансформаторы,оның екінші орамына w2 дроссель Др арқылы электрод 1 қосылған

Дәнекерлеу трансформаторында орам тізбегіне дәйекті жүктемесімен дроссель Др қосылады, едәуір индуктивтілігімен. Индуктивтік жүктеме кезінде трансформатордың сыртқы сипаттамасы U2 = /(4) — күрт төмендеуші (7.12, б сурет). Осының арқасында, қысқа тұйықты тоқ 1КЗ жұмысшы тоққа 12р жақын. Дәнекерлеу тоқты саңылаудың d өзгеруімен реттеледі. Бұл кезде дросселяь Др индуктивтілігі өзгереді, яғни сыртқы сипатының тікшілдігі. 7.12 суретінде дәнекерлеу трансформаторының ТДМ-140 максималды тогы 140 А есептелген сыртқы түрі көрсетілген.

ПРАКТИКА

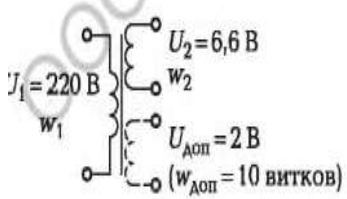
Типтік есептерді шешу мысалдары

1. Трансформатор орамаларындағы орам санын анықтау үшін (сур. 7.13) негізгі орамдардың үстінен қосымша орамның 10 орамы оралған. трансформатор бастапқы орамасының 220 В кернеуі қорек көзіне Қосқан кезде екінші реттік орамасындағы кернеу 6,6 құрады, ал қосымша орамында - 2. В. Бастапқы және екінші реттік орамаларының орам санын және трансформатордың трансформациялау коэффициентін табыныз.
Шешуі. Трансформатордағы барлық орамдар бір магнитті тасқынмен түзелген. Трансформациялау коэффициенті орамдардың орам саның қатынасымен және, демек, бос жүрістегі орамдағы кернеудің қатынасымен табылады :

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{U_2}{U_1}; \quad \frac{w_{доп}}{w_1} = \frac{U_{доп}}{U_1},$$

бұнда w1, w2 және ждоп — бастапқы орам, екінші реттік және қосымша орамдар саны; U1, U2 және идоп — бастапқы орам, екінші реттік және қосымша орамдағы кернеу.

Осыдан



$$w_1 = \frac{U_1}{U_{доп}} w_{доп} = \frac{220}{2} 10 = 1\,100 \text{ витков};$$

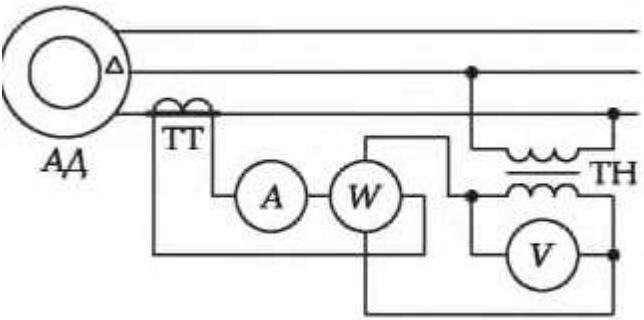
$$w_2 = \frac{U_2}{U_{доп}} w_{доп} = \frac{6{,}6}{2} 10 = 33 \text{ витка}.$$

Коэффициент трансформации

Сурет. 7.13. Трансформатор орамының схемасы 1 есепке 7.2 бөлімге

Трансформациялау коэффициенті

$$k_{21} = \frac{w_2}{w_1} = 0{,}03.$$



Сурет. 7.14. ТТ және ТН қосу схемасы 2 сурет 7.2 бөлімге

Жауабы. Трансформатордың бастапқы және екінші реттік орамдары тиісінше 1 100 орам және 33-орамына ие, трансформатордың трансформациялау коэффициенті 0,03 тең.

2. Қуатты үш фазалы жоғары вольтты асинхронды қозғалтқыш электр өлшемдерін өлшеу үшін өлшеу трансформаторларының тогы мен кернеуі

пайдаланылады (сур. 7.14, а). ТН екінші реттік орамасының тізбегіне V вольтметрі және W ваттметр кернеу катушкасы, ал ТТ - А амперметр екінші реттік орамасының тізбегі және W ваттметрдің катушка тогы қосылған. Номиналды режимде вольтметр 60 В, амперметр — 4 А, ваттметр — 176 Вт көрсетті. Кернеу трансформатордың трансформациялау коэффициенті ки = 0,01, тоқ трансформаторының kI = 50.

Қозғалтқышпен тұтынылатын сызықтық тоқ және қуаты, сондай-ақ оның орамасындағы желілік кернеуді табыныз. Қозғалтқыш қуатының коэффициентін есептеңіз.

Шешімі. Бастапқы орамадағы кернеу ТН (АД тізбегінде желілік кернеуге тең) U1 = UA = U2/kU = 60/0,01 = 6 000 В. Бастапқы орамда түзелетін тоқ ТТ (АД тізбегіндегі желілік тоқ тең), I1 = 1л = kjI2 = 50 • 4 = 200 А.

Осы көрсетілген жағдайда үшфазалық желіден қосылатын қозғалтқышпен тұтынылатын қуат екі ваттметрмен өлшеу әдісімен өлшенеді. Өйткені қозғалтқыш симметриялық жүктемені білдіреді, онда онымен тұтынылатын қуатты есептеу үшін бір ваттметр көрсеткішін екі есе көбейту мен трансформация коэффициенттерін ескеру жеткілікті: Рдв = 2W = 2 • 176-50/0,01 = 1 760 000 = 1 760 кВт.

Қуатылық коэффициентін келесі мәндерден шығарамыз Рдв = = V3 UA cos ср. Одан шығатыны

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{ДВ}}}{\sqrt{3}U_{\text{Л}}I_{\text{Л}}} = \frac{1\,760\,000}{\sqrt{3}\cdot 6\,000\cdot 200} = 0{,}85.$$

Жауабы. Қозғалтқыштяың сызық тогы 1л = 200 А, сызық кернеуі ил = 6 000 В, қозғалтқышпен тұтынылатын қуаты Рдв = 1 760 кВт, қуатылық коэффициенті cos р = 0,85.

Өз бетінше шешуге арналған тапсырмалар мен сұрақтар

3. Номиналды қуаты 400 Вт трансформатордың ПӘК-ін есептеңіз, егер бос жүріс және қысқа тұйықталу сынағы барысында белгіленген оның магниттік және электрлік шығындары, тиісінше 30 және 50 Вт тең .

4. Қуаты 10 кВт трансформатордың ПӘК-і 90% - ды құрайды. Трансформатордың магнит өткізгішіндегі магниттік шығындар 400 Вт тең. Трансформатордың бастапқы және екінші реттік орамаларындағы электр шығындарды есептеңіз.

5. Үш фазалы трансформатордың номиналды қуаты 2 кВ-А тең, бірінші орамасының номиналды кернеуі — 380 В, екінші реттік орамасының номиналды кернеуі — 38 В, орамаларды қосу схемасы - А/А. Орамдардағы номиналды тоқты аңықтаныз, трансформациялау коэффициенті k21 және екінші реттік орамда фазалық кернеу.

6. тоқ трансформатордың екінші реттік орамның орам санын анықтаңыз, егер оның тізбегіне қосылған амперметр 5 А тогын көрсетсе. Бұл ретте бастапқы орамадағы ағатын, бір орамнан тұратын өлшенетін тоқ 500 А тең.
7. Кернеу трансформаторының екінші реттік орамасындағы кернеу 160 В тең. Бастапқы орам 3 000 орамнан, екінші — 30 орамнан тұрады. Электр тізбегіндегі кернеу неге тең?

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Трансформатордың трансформация коэффициентін анықтайтын параметрлерді белгіленіз.
а) бастапқы орамның орам саны;
б) екінші реттік орамның орам саны;
в) магнит тасқыны;
г) бастапқы және екінші реттік орамның орам саны.

2. Егер трансформациялау коэффициентін 4 есе ұлғайтса, трансформатордың екінші реттік орамасындағы тоқ қалай өзгереді?
а) 2 есе артады;
б) 4 есе кемиді;
в) 4 есе артады;
г) өзгермейді.

3. Трансформатордағы қандай шығындарды анықтау үшін бос жүріс сынағы жүргізіледі?
а) электрлік бастапқы орамда;
б) электрлік екінші реттік орамда;
в) магниттік;
г) механикалық.

4. Трансформатордағы қандай шығындарды анықтау үшін қысқа тұйықталу сынағы жүргізіледі?
а) электрлік;
б) гистерезисге;
в) орамды тоқ;
г) механикалық.

5. Трансформатордың орам санының қандай арақатынасында арттыратын болып табылады?
а) w1 » w2;
б) w1 > w2;
в) w1 = w2;
г) w1 < w2.

6. Автотрансформатордың екінші реттік орамы (дұрыс мағынаны таңданыз):

а) бірінші реттік орам үстіне оралады;
б) бірінші реттік орамның бөлігі болып табылады;
в) бірінші реттік орамға қарағанда орам саны көп;
г) бірінші реттік ораммен электрлік байланысы жоқ.

7. Автотрансформаторды қандай құрылғы ретінде қолданады?
а) көтеруші трансформаторы;
б) тарқату құрылғысы;
в) тұрақты кернеуді реттегіші;
г) ауыспалы кернеудін реттегіші.

8. Өлшеу трансформаторлары не үшін арналады?
а) кернеу мен тоқты арттыру үшін, стандартты электр өлшегіш аспаптармен өлшеуге болатын мәндеріне дейін;
б) сол мақсаттарда тоқты ұлғайту мен кернеуді азайту үшін;
в) сол мақсаттарда тоқты азайту мен кернеуді ұлғайту үшін;
г) сол мақсаттарда тоқ пен кернеуді азайту үшін.

9. тоқ трансформаторы қандай режимінде жұмыс істейді?
а) бос жүріс;
б) қысқа тұйықталу;
в) келістірілген;
г) оңтайлы.

10. Кернеу трансформаторы қандай режимінде жұмыс жасайды?
а) бос жүріс;
б) қысқа тұйықталу;
в) келістірілген;
г) оңтайлы.

11. Дәнекерлеу трансформаторы қандай режимінде жұмыс жасайды?
а) бос жүріс;
б) қысқа тұйықталу;
в) келістірілген.

7.3 АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ЖҰМЫС ЖАСАУ ҚАҒИДАСЫ, КОНСТРУКЦИЯСЫ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ

ТЕОРИЯ

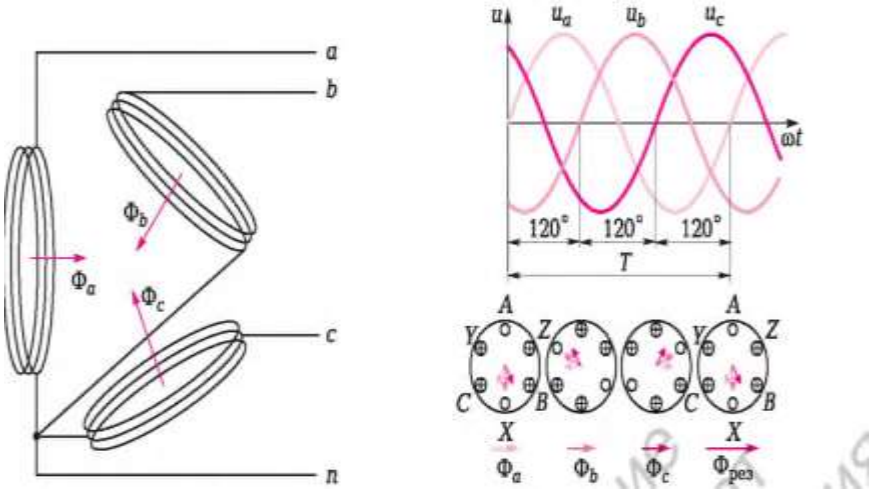
7.3.1. Айналмалы магнит өрісін тудыру қағидасы

Статикалық (қозғалмалы бөліктері жоқ) электр-магниттік құрылғы – трансформаторға қарағанда — электр қозғалтқыштарында қозғалмайтын бөлік бар — статор және айналмалы бөлік — ротор.

Айнымалы тоқтың барлық электрлі қозғалтқыштарында статордың негізгі мақсаты — айналмалы магнит өрісін тудыру. Егер статорға біреуі келесісіне қатысты алғанда 120° кеңістікке жылжытылған үш орам орналастырып, оларға жиілігі мен амплитудасы бойынша бірдей фазасы бойынша 120° жылжытылған синусоидалық кернеуді жеткізіп әкелсек, оны алуға оңай болады. Бұл қағиданы алғаш боп 1888 ж. қысқа тұйықталған роторлы үш фазалы асинхронды қозғалтқышты жасаған М. О. Доливо-Добровольский пайдалаған.

Фазасы жөнінен жылжытылған үш синусоидалық кернеу иа, ub, ис үш жылжытылған кеңістікте 120°-ға жылжытылған синусоидалық магнит ағынын Фш Фь, Фс (7.15 сур.) құрайды. 1/3 кезеңге тең (120°) уақыт ішінде қорытқы магнит ағынының векторы Фрез сондай-ақ 120°-қа бұрылады, ал кезең ішінде — 360°-қа, яғни бір айналым жасайды (7.16 сур.).

Осылайша, статор орамына қосылған үш фазалы кернеу жүйесі айналмалы магнит өрісін тудырады. Синхронды деп аталатын л1 өрістің айналу жиілігі мына өрнекпен айқындалады



7.16 сур. Синусоидалық белгінің бір кезеңі ішінде Фрез магнит өрісі қорытқы векторының айналуы

$$n_1 = 60\frac{f_1}{p},$$

мұнда f1— статор орамына әкелінетін айнымалы кернеу жиілігі, Гц; р— статордағы полюстер жұбының саны.

Өнеркәсіптік жиілік f= 50 Гц және полюстер жұбы біреу болғанда (р = = 1) синхронды айналу жиілігі 3 000 айн/мин тең.

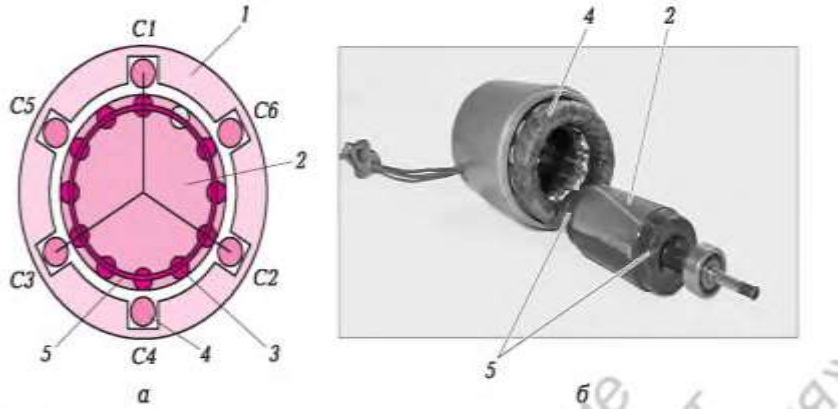
7.3.2. Асинхронды машина конструкциясы

Асинхронды машиналар (АМ) айнымалы тоқ машиналарына жатады, синусоидалық токпен қоректенеді және айнымалы тоқтың электр энергиясын механикалық энергияға айналдырады.

Олар жетекті қозғалтқыштар ретінде өнеркәсіпте және тұрмыста негізгі қолданысын тауып отыр (металл кескіш білдектер, сорғылар, желдеткіштер, көтергіш механизмдер, кір жуғыш машиналар, тоңазытқыштар, электрлі құралдар жетектері).

Асинхронды қозғалтқыштар (АҚ) үш фазалы және бір фазалы болуы мүмкін. Үш фазалы машиналар негізінде өндірісте қолданылады, бір фазалылар — тұрмыста.

Асинхронды қозғалтқыш барлық электрлі машиналар арасында конструкциялық орындалу жағынан ең қарапайым болып табылады. Ол екі негізгі тораптан тұрады: қозғалмайтын статор 1 және айналмалы ротор 2 (7.17 сурет).



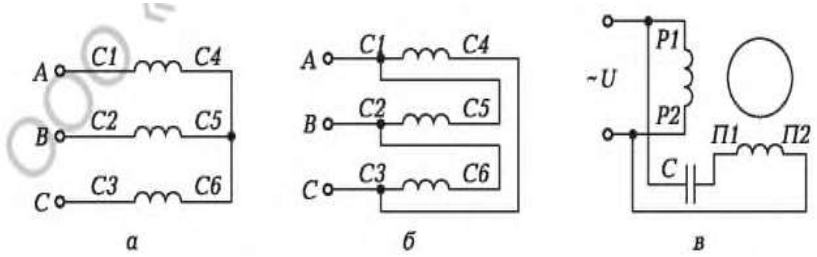
7.17 сурет. Қысқа тұйықталған роторлы үш фазалы асинхронды қозғалтқыш:
а — конструктивтік схемасы; б — қозғалтқыш тораптарының сыртқы түрі; 1 — статор; 2 — ротор; 3 — ротор орамы; 4 — статор орамы; 5 — ротор орамын кесілген жерінен тұйықтайтын сақиналар

Статор ішкі бетінде қуыстары бар қуыс цилиндр түрінде жасалады. Қуыстарға оқшауланған сымнан орам 4 салынады. Статорды ферромагнитті материалдан бір бірінен электрлі түрде оқшауланған жұқа қалыпталған пластиналардан әзірлейді. Бұл гистерезис және құйынды токтарға магнит ысырабын төмендетуге мүмкіндік береді.

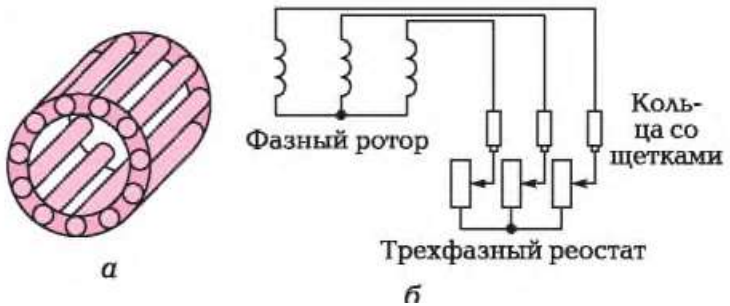
Статор қуыстарына біркелкі салынған өткізгіштер не өстері кеңістікте 120° -қа жылжытылған үш орамға (үш фазалы машиналар), не кеңістікте 90° -қа жылжытылған екі орамға (бір фазалы машиналар) бірігеді.

Үш фазалы орамдар үшін фазалар бастарын С1, С2, С3, ал фазалар ұштарын — С4, С5, С6 деп белгілеу қабылданған. Үш фазалы машинаның орамдары жұлдызбен немесе үшбұрышпен жалғана алады. Фазаларды жұлдызбен жалғау

кезінде фазаның ұштары С4, С5, С6 біріктіріледі, ал фазалардың С1, С2, С3 бастары А, В, С сызықтық сымдарына қосылады (7.18, а сурет). Фазаларды үшбұрышпен біріктірген кезде фазаның басы С1 фазаның С5, С2 — с С6 және С3 — с С4ұшымен біріктіріледі.



7.18 сурет. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш орамдарын жұлдызбен (а) және үшбұрышпен (б) жалғау схемасы және бір фазалы асихронды қозғалтқыш (в) орамдарын қосу схемасы



7.19 сурет. Асинхронды қозғалтқыш роторы орамдары:
а — тиін доңғалағына ұқсас қысқа тұйықталған;
б — үш фазалы реостат қосылуымен фазалық

Түзілген тораптық нүктелерді желілік сызықтарға қосады (7.18, б сурет).
Бір фазалы асинхронды машиналарда орамдар жұмыс (қозу орамдары) және іске қосушы болып бөлінеді. Жұмыс орамының басы мен ұшы Р1 және Р2 (немесе В1 және В2) деп белгіленеді, ал іске қосушы — П1 және П2 (7.18, в сурет).
Ол да жекелеген ферромагнитті пластиналардан тұтас цилиндр түрінде орындалатын асинхронды қозғалтқыш роторының орам салынатын сыртқы бетінде қуыстары бар. Ротор орамы қысқа тұйықталған немесе фазалық болуы мүмкін.
Қысқа тұйықталған орам 3 (7.17, а сур. қар.) бүйірлерінде алынған біліктерді сақиналармен 5 қысқартумен ферромагнитті ротор 2 қуыстарын алюминиймен құюмен орындалады. Нәтижесінде тиін сақинасы алынады (7.19, а сурет).
Фазалық орам жұлдыз ббоп жалғастырылған үш фаза түрінде оқшауланған сым боп салынады. Фазалар басы ротор өсінде орналасқан үш жанаспалы сақинаға қосылады (7.19, б сурет). Ротор орамының тізбекке қосылуы шанақта

орналасатын және ротор айналғанда сақиналармен сырғитын жанаспалы үш қылшақ арқылы жүзеге асырылады. Реостатты ротор тізбегіне қосу ротордың айналу жиілігін реттеуге мүмкіндік береді.

7.3.3. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу қағидасы

Асинхронды қозғалтқыш жұмысының негізіне статор орамдары тудыратын магнит өрісі, осы өріс ротор орамында туралайтын токтармен әрекеттестігі алынған.

Статордың айналмалы магнит өрісі қозғалмайтын ротор орамын кесіп өтіп, электрмагниттік индукция заңына сәйкес оларға ЭҚК туралайды. ЭҚС қолданыстағы мәні мына өрнекпен айқындалады

$$E_2 = E_{2m}/\sqrt{2} = 2\pi f_2 w_2 \Phi_m/\sqrt{2} = 4{,}44 f_2 w_2 \Phi_m,$$

мұнда Е2т — қозғалмайтын ротор фазасындағы ЭҚК амплитудалық мәні; f2— қозғалмайтын ротордағы айнымалы ЭҚК жиілігі (f1 –ге тең), w2— ротор фазасындағы орамдар саны; Фт — магнитті ағынның амплитудалық мәні.
Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышта орам біліктері бүйір жағынан сақиналармен қысқартылғандықтан, біліктерде ЭҚК Е2 әсерімен ротор тогы 12 пайда болады. Электр-магниттік күштер заңына сәйкес (Ампер формуласы) айналмалы магнит өрісі айналмалы момент тудырып, тогы бар өткізгіш сымға әсер ете бастайды

$$M_{\text{вр}} = c_{\text{м}} \Phi I_2,$$

мұнда см — конструкциялық коэффициент; Ф — магниті ағынның қолданыстағы мәні.
Осы момент әсерімен ротор өріспен бірдей бағытта айналымға келеді және оны қуып жетуге тырысып, артынан «жүгіреді». Алайда синхронды л1 жиілігімен айналатын магнит өрісін ротор қуып жете алмайды, себебі керісінше жағдайда магнит өрісі ротор орамдарын кесіп өтуін және оларға ЭҚК туралауын қояды, ротор орамдарындағы тоқ жоғалады, демек айналмалы момент те болмайды. Сәйкесінше, ротор үнемі синхрондыдан біршама аз жиілікпен айналады. Атауы да осыдан шыққан — асинхронды (яғни синхронды емес) қозғалтқыш.
Осылайша, асинхронды қозғалтқыш әрекет қағидасы жөнінен трансформаторға ұқсайды. Ол сонымен қатар екі орамға ие: бастапқысы статорда орналастырылған, қайталама — роторда. Статор мен ротор
магнитті ағын ол бойынша тұйықталатын магнитті өткізгіш болып табылады. Трансформатордағы сияқты, бастапқы орам айнымалы (үш фазалы) кернеу көзіне қосылады. Қорытқы магнитті ағын айналмалы магнит өрісін тудырады, ол ротор орамын кесіп өтіп, онда ЭҚК туралайды (трансформаторда айнымалы магнитті ағын ЭҚК екінші орамда туралайтынға ұқсайды). Бірақ трансформаторда қозғалмалы бөліктер жоқ, ал асинхронды қозғалтқыш роторы электр-магниттік күш әсерімен айналымға келеді.

Ротор n<n1 жиілігімен айналған кезде олалаңға қатысты n1- n= 60f2s/p жиілігімен «сырғанайды».Бұған қарағанда айналмалы ротордағы ЭҚК жиілігі

$$f_{2s} = \frac{(n_1 - n)p}{60} = \frac{(n_1 - n)f_1}{n_1} = f_1 S,$$

мұнда S = (n1 - n)/n1 — ротордың сырғанауы.

Егер ротор қозғалмаса, S= 1 және f2= f1. S= 0 болғанда (ротордың айналу жиілігі өрістің айналуы жиілігіне тең) f2s= 0, яғни роторда айнымалы ЭҚК индукцияланбайды.
Айналып тұрған роторда ЭҚК туындайды

$$E_{2s} = 4{,}44 f_{2s} w_2 \Phi_m = 4{,}44 f_1 S w_2 \Phi_m = E_2 S.$$

Асинхронды қозғалтқыштың көлемі әдетте көлемді емес — 1 бастап 5 % дейінгі шекте. Сәйкесінше, тіпті ең нашар жағдайда ротордың айналым жиілігі (p = 1 болғанда)

$$n = 60\frac{f_1(1-S)}{p} = 3\,000 \cdot 0{,}95 = 2\,850 \text{ об/мин},$$

яғни ол синхрондыға айтарлықтай жақын.

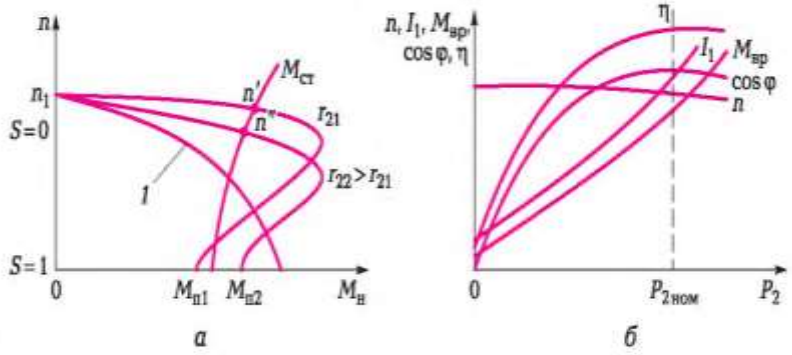
7.3.4. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық және жұмысшы сипаттамалары

Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы деп роторының айналу жиілігінің білігіндегі жүктемеге тәуелсіздігі аталады
n=f(MH).

Асинхронды қозғалтқыш роторы білігіндегі жүктеме ұлғайған кезде оның айналым жиілігі түседі, сырғанау өседі, ЭҚК және ротор тогы ұлғаяды, жүктеменің ұлғаюының орнын басатын дамушы электр-магниттік момент өседі.

Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш қуат көзі кернеуі өзгермеген кезде айтарлықтай қатаң (аз өзгеретін) механикалық сипаттамаға ие болады, металл кескіш білдектер мен көтергіш механизмдердің жетектік қозғалтқышы ретінде оның кеңінен қолданылуы н шарттайтын да осы.
7.20, а суретте қысқа тұйықталған роторлы екі АҚ механикалық сипаттамасы келтірілген, олар бір қозғалтқыштағы ротор орамының белсенді кедергісі екіншісінен көбірек болуымен ерекшеленеді (г22> г21). Ротор кедергісі азырақ қозғалтқыш біршама қатаң сипаттамаға ие, сонымен бірге кедергісі көбірек қозғалтқыш көбірек іске қосу моментіне ие (Мп2> Мп1).
Осылайша, ротор тізбегінде белсенді кедергіні реттей отырып (мысалы, фазалық роторлы АҚ-да), қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын, соның ішінде, ротор білігіндегі Мст статикалық моменттің белгілі бір көлемі кезінде ротордың айналым жиілігін басқаруға болады. Қозғалтқыш үшін г22> г21 бастап айналу жиілігі n" < n'.

7.20, а суреттегі қисық 1 белсенді кедергісі көлемді болатын жайылма магниттік емес роторлы қозғалтқышқа сәйкес келеді.



7.20 сурет. Асинхронды қозғалтқыш сипаттамалары:
а — механикалық; б — жұмыс; 1 —жайылма магниттік емес роторлы қозғалтқыш сипаттамасы

Айналым жиілігің өзгеру қисығып нысаны жағынан қозғалтқыштың механикалық сипаттамасынан ерекшеленбейді. Айналмалы момент Мвр және статор тогы I1 пайдалы механикалық қуаттылыққа Р2 пропорционалды және Р2 ұлғаюымен сызықтық дерлік өсіп отырады:

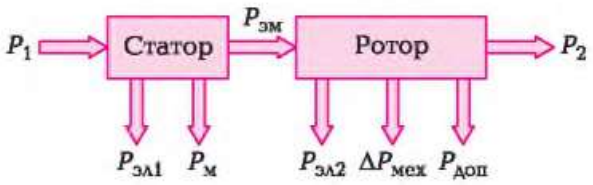
$$M_{\text{вр}} = \frac{P_2}{\omega} = \frac{P_2}{2\pi n/60} = \frac{P_2}{0{,}105n}; \quad I_1 = \frac{P_2}{\sqrt{3}U\cos\varphi}.$$

Қисық Мвр болмашы сызықтық еместігі пайдалы қуаттылық Р2 ұлғаюымен п айналым жиілігінің шамалы төмендеуімен шартталған.
ПӘК және cosp пайдалы қуаттылық ұлғаюымен жылдам өседі және атаулыға жақын жүктеме кезінде ең жоғарғы мәндерге қол жеткізеді.

7.3.5. Асинхронды машинадағы шығындар. Энергетикалық диаграмма

Роторы айналмалы электр машиналардағы трансформаторға қарағанда электрлі және магниттік шығындармен бірге механикалық шығындар пайда болады.

Олар бірінші кезекте мойынтіректердегі үйкелістен және ауа кедергісінен туындаған. Бұл электрлі машиналарда, соның ішінде асинхронды қозғалтқышта да ПӘК айтарлықтай төмендетеді.



7.21 сурет. Асинхронды қозғалтқыштың энергетикалық диаграммасы

7.21 суретте статорға әкелінетін электрлік қуаттылықтың Р1 түрленулерін түсіндіретін энергетикалық диаграмма келтірілген. Оның бір бөлігі статор орамындағы Рэл1 электрлік шығындарға жұмсалады. Қалған бөлігі айналмалы магнит өрісі қуаттылығына өзгереді. Бірақ бұл ретте статор болатында шығындар пайда болады — магниттік шығындар Рм.

$$\sum P = P_{эл1} + P_м + P_{эл2} + \Delta P_{мех} + P_{доп}.$$

Бұл жағдайда ПӘК

$$\eta = 1 - \frac{\sum P}{P_1}.$$

Үш фазалы АҚ пайдалы әрекет коэффициенті 65 ... 95 % ауқымында жатыр, оның үстіне, қуаттылық қаншалықты жоғары болса, қозғалтқыш ПӘК жоғары болады. Бір фазалы АҚ-да пайдалы әрекет коэффициенті әдетте 80 % аспайды.

ТӘЖІРИБЕ

Үлгілік есептерді шешу мысалдары

1.Егер атаулы қуаттаушы кернеу 220 В болғанда оның атаулы айналмалы моменті 0,21 Н- м құраса, қуат көзі кернеуі 36 В болғанда УАД-62 үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың айналмалы моменті неге тең болады?

Шешім. Асинхронды қозғалтқыштың айналмалы моменті кернеу статоры орамына қойылған шаршыға пропор¬ционал: Мном = kU2ом. Кернеу 36 В болғанда ізделіп отырған айналмалы момент

$$M_{36} = kU_{36}^2 = (M_{ном}/U_{ном}^2)U_{36}^2 = M_{ном}(U_{36}/U_{ном})^2 = 0{,}21(36/220)^2 =$$
$$= 0{,}0056\ Н \cdot м = 0{,}56\ Н \cdot см.$$

Жауабы. Төмендетілген 36 В кернеуінде УАД-62 қозғалтқышының айналмалы моменті 0,56 Н • см құрайды.

2.4А сериялы үш фазалы асинхронды қозғалтқыш тұтынатын желілік тоқты айқындаңыз, атаулы қуаттылығы 55 кВт тең, орамдарды үшбұрыш қып жалғаған кездегі сызықтық кернеу — 380 В, жұлдызбен — 660 В, пайдалы әрекет коэффициенті — 92 %, қуаттылық коэффициенті — 0,84. Есептеуді орамдар жалғасуының екі нұсқасы үшін орындаңыз.

Шешім. Қозғалтқыш желіден тұтынатын электрлік қуаттылық,

$$P_{эл} = P_{ном}/\eta = 55/0{,}92 = 59{,}8 \text{ кВт}.$$

Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш симметриялық жүктемені білдіреді, сәйкесінше:

$$P_ф = U_ф I_ф \cos\varphi_ф;\ P_{эл} = 3P_ф = 3U_ф I_ф \cos\varphi_ф;\ I_ф = P_{эл}/(3U_ф \cos\varphi_ф).$$

Орамдар үшбұрыш боп қосылған кезде

$$I_л = \sqrt{3} I_ф = \sqrt{3} P_{эл}/(3U_л \cos\varphi_ф) = \sqrt{3}\cdot 59\,800/(3\cdot 380\cdot 0{,}84) = 108 \text{ А}.$$

Орамдар жұлдыз боп қосылған кезде

$$I_л = I_ф = P_{эл}/(3(U_л/\sqrt{3})\cos\varphi_ф) = 59\,800/(3(660/\sqrt{3})\cdot 0{,}84) = 62 \text{ А}.$$

Жауабы. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш тұтынатын желілік тоқ орамдар үшбұрыш боп жалғанған кезде 108 А тең, ал жұлдызбен жалғанған кезде — 62 А.

3.Егер үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың белгілі бір түрде жалғастырылған статор орамдарына қозғалтқыш қуат алып тұрған үш фазалы желі фазаларының біріне қоссақ, магнит өрісінің айналу жиілігі қалай өзгереді?

Жауабы. Ешқандай өзгеріс болмайды. Айнымалы тоқ машиналары магнит өрісінің айналым жиілігі (n1= 60f/p) қуаттаушы кернеу f жиілігімен айқындалады. Бір фазалы желі үш фазаланың бір бөлігі болып табылады, сондықтан да дәл сол жиілікке ие, мысалық өнеркәсіптік 50 Гц.

Өз бетінше шығаруға арналған есептер мен сұрақтар

4. Егер қуаттаушы желі жиілігі 50 Гц болғанда ротордың айналу жиілігі 1 470 айн/мин тең болса, асинхронды қозғалтқыштағы сырғанауды есептеңіз.

5. Қуаттаушы желі жиілігі 50 Гц және сырғанау 4 % болғанда алты полюсті машина асинхронды қозғалтқышы роторының айналу жиілігін айқындаңыз.

6. Егер 0,05 сырғанау кезінде ЭҚК 2 В құраса, асинхронды машинаның қозғалмайтын роторындағы ЭҚК неге тең?

7. Жиілігі 400 Гц ұшақтың қуаттаушы борттық желісінен жұмыс жасайтын төрт полюсті қозғалқыш қандай ең жоғары айналу жиілігіне ие бола алады?
8. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың пайдалы әрекет коэффициенті 85 % тең, қуаттылық коэффициенті — 0,8. Қозғалтқыш желіден 1,6 кВт белсенді қуаттылықты тұтынады. Қозғалтқыш дамытатын атаулы қуаттылықты айқындаңыз.
9. Егер бос жүріс, қысқа тұйықталу тәжірибелері процесінде және фазалардың біріне қосылған ваттметр атаулы жүктеме кезінде сәйкесінше 400 Вт, 500 Вт және 10 кВт көрсетсе, асинхронды қозғалтқыштың ПӘК есептеңіз.
10. Пайдалы әрекет коэффициенті және атаулы қуаттылығы 400 Вт асинхронды қозғалтқыш қуаттылығының коэффициенті сәйкесінше 80 % және 0,5 тең болса. Қозғалтқыштың желіден тұтынатын толық қуаттылығын айқындаңыз.
11. Төлқұжаттық деректерінде 370 Вт атаулы қуаттылық және ротор айналуының атаулы жиілігі 2 750 айн/мин деп көрсетілген 4АА63А2У3 таңбалы үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың атаулы айналмалы моментін есептеңіз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Асинхронды электр машиналары жұмысының негізінде не жатыр?
а) жүріп тұрған магнит өрісі;
б) айналмалы магнит өрісі;
в) тұрақты магнит өрісі;
г) айнымалы магнит өрісі.

2. Егер асинхронды қозғалтқыш роторының айналу жиілігі айналмалы магнит өрісі жиілігіне тең болса, не орын алады?

а) ротор орамында ЭҚК тураланбайды;
б) ротор орамындағы тоқ нөлге тең болады;
в) айналмалы момент туындамайды;
г) айтылғандардың барлығы.

3. Айналымның синхронды жиілігі үшін дұрыс өрнекті көрсетіңіз.
а) л1 = 60fp;
б) л1 = 60p/f;
в) л1 = 60f/p;
г) л1 = f/(60p).

4. Сырғанау азайған кезде айналмалы роторда ЭҚК қалай өзгереді?
а) өзгермейді;
б) ұлғаяды;
в) азаяды;
г) болжамсыз әрекет жасайды.

5. Егер Ресейде өндірілген асинхронды қозғалтқышты американдық электр желісіне қосатын болсақ, оның айналу жиілігі қалай өзгереді?
а) өзгермейді;
б) ұлғаяды;
в) азаяды;
г) болжамсыз әрекет жасайды.

6. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың негізгі тораптарын көрсетіңіз.
а) статор мен ротор;
б) коллектор мен статор;
в) ротор мен қылшақтар;
г) қылшақтар мен сақиналар.

7. АҚ статорын қандай мақсатта жұқа электрлік тұрғыдан оқшауланған ферромагниттік пластиналардан әзірлейді?
а) механикалық шығындарды азайту үшін;
б) құйынды токтар мен гистерезиске шығынды азайту үшін;
в) демпфирлеуге шығынды азайту үшін;
г) электр шығындарын азайту үшін.

8. Үш фазалы АҚ статоры орамы қалай қосылуы мүмкін?
а) ретімен;
б) қосарлы;
в) аралас;
г) жұлдызбен немесе үшбұрышпен.

9. Үш фазалы АҚ орамдары басын қалай белгілейді?
а) С1, С3, С5;
б) С1, С2, С3;
в) С4, С5, С6;
г) С2, С4, С6.

10. АҚ-да қандай шығындар бар, бірақ трансфор¬маторда жоқ?
а) электрлік;
б) механикалық;
в) асинхрондық;
г) магниттік.

11. Үш фазалы АҚ негізінде қайда қолданылады?
а) электрокарларда;
б) көлікте;
в) металл кескіш білдектерде және көтергіш механизмдерде;
г) тұрмыста.

7.4. АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ІСКЕ ҚОСУ ЖӘНЕ АЙНАЛУ ЖИІЛІГІН РЕТТЕУ. БІР ФАЗАЛЫ ЖӘНЕ ӘМБЕБАП АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР

ТЕОРИЯ

7.4.1. Кері қимылдау және үш фазалы асинхронды қозғалтқышты іске қосу схемасы

Асинхронды машина роторының айналымы бағыты магнит өрісінің айналу бағытымен, яғни фазалардың алмасу тәртібімен айқындалады (АВС — фазалар алмасуының тікелей тәртібі). Сәйкесінше, ротор айналымының бағытын өзгерту үшін (кері қимылдау) алаңның айналу бағытын немесе фазалардың алмасу тәртібін өзгерту, яғни кез келген екі фаза басының орындарын ауыстыру қажет.

Мысалы, АСВ фазаларының алмасу тәртібі роторды кері жаққа айналуға мәжбүрлейді.

Іске қосу тогы ротор қозғалмай тұрғанда атаулыдан 20-50 есе асып кетуі мүмкін тұрақты тоқ машиналарына қарағанда, АҚ-да бұл қатынас 4 — 7-ге тең, себебі статор орамдары іске қосу тогын шектейтін айнымалы тоққа айтарлықтай индуктивтік кедергіге ие. Сондықтан да АҚ-да, ережеге сай, іске қосу кезінде жайсыздықтар болмайды. Жобалау кезінде ғана статор орамы сымдары қимасының кішкене үлкенірек ауданын салып, тоқтың қысқа мерзімдік көтерілуін ескеруге тура келеді.

Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты әдетте атаулы көлемнің айнымалы кернеу көзіне қосу арқылы іске қосады, яғни мұндай қозғалтқышқа тікелей іске қосу тән (7.22, а сур.).

Фазалық роторлы асинхронды қозғалтқыш үш фазалы реостаттың жанаспалы сақиналары арқылы ротор орамына қосу есебінен іске қлсу токтарын төмендетуге мүмкіндік береді (7.19, б сур. қар.). бұл ротор тогын кішірейтіп қана қоймайды, демек берілген мәндерге дейін статор тогын да кемітеді, бірақ іске қосу сәтін көтеруге мүмкіндік береді.

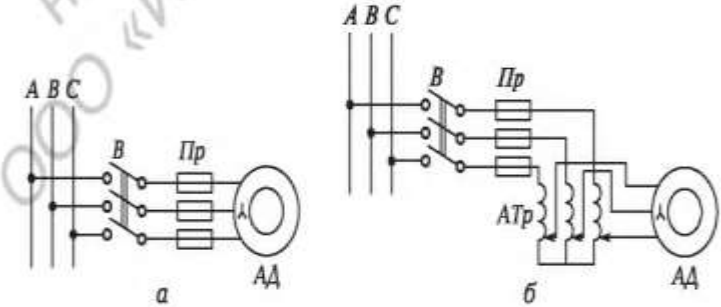
АҚ көп мөлшерін бір уақытта қосқан кезде (мысалы, таңертең цехте) желі «отырып қалуы» мүмкін, бұл басқа тұтынушылар жұмысына нашар әсер етеді.

Автотрансформаторлық іске қосу (7.22, б сур.) қозғалтқышты төмендетілген кернеуде іске қосуға, кейін ол екпін алғанан кейін қуат көзінің атаулы кернеуін беруге мүмкіндік береді.

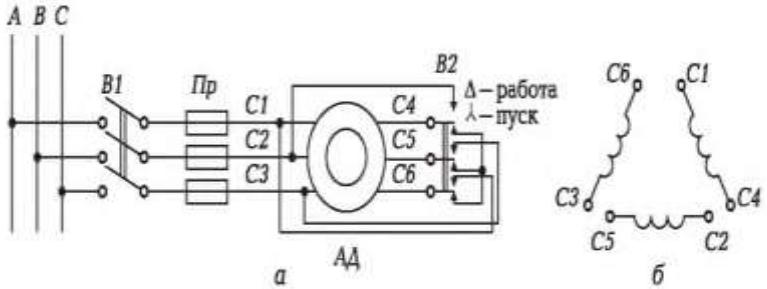
Осы мақсатта үшбұрыш етіп жалғастырумен статор орамдарын қайта қосумен іске қосу пайдаланылады. Жұлдыз және үшбұрыш етіп жалғанған орамдар қуат көзінің бір ғана сызықтық кернеуі кезінде желідегі токтар 3 есе ерекшеленеді. Шынымен де:

$$I_{л.зв} = I_{ф.зв} = \frac{U_ф}{Z_ф} = \frac{U_л}{\sqrt{3}Z_ф};$$

$$I_{л.тр} = \sqrt{3}I_{ф.тр} = \frac{\sqrt{3}U_ф}{Z_ф} = \frac{\sqrt{3}U_л}{Z_ф},$$



7.22 сур. Қысқа тұйықталған роторлы үш фазалы асинхронды қозғалтқышты тікелей (а) және автотрансформаторлық (б) іске қосу схемасы



7.23 сур. Жұлдызбен жалғау орамын үшбұрышпен жалғауға айырбастап қосумен асинхронды қозғалтқышты іске қосу схемасы (а) және үшбұрышпен жалғастырылған статор орамдарының схемасы (б)

қайдан

$$\frac{I_{л.тр}}{I_{л.зв}} = 3.$$

Төмен вольтті АҚ орамдарды жұлдызбен жалғастыру кезінде В1 қосқышымен іске қосудың себебі міне, одан әрі жұмыс режиміне орамдар үшбұрышпен жалғастыруға В2 в айырып қосқышымен ауыстырылады (7.23 сур.).

7.4.2. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу

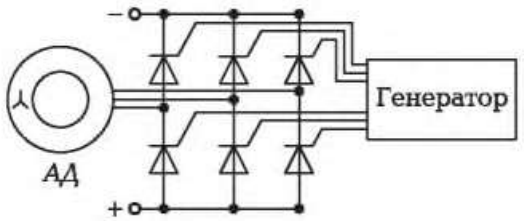
АҚ айналу жиілігі мына өрнекпен айқындалады

$$n = n_1(1 - S) = \frac{f_1}{p}(1 - S).$$

Формуладан реттеудің мына өзгерту есебінен мүмкін екенін байқаймыз:

- полюстер жұбы саны р— дискретті;
- қуаттау желісінің жиілігі f1— бірсарынды;
- сырғанаулар S— бірсарынды.

Полюстер жұбы санын өзгерту есебінен айналым жиілігін реттеу полюстердің бірнеше жұбы және пайдалану процесінде олардың қайта қосылуы мүмкіндігі бар көп жылдамдықты машиналарда жүзеге асырылады.
Өнеркәсіп полюстер жұбының 1, 2, 3, 4 және 6 санымен көп жылдамдықты қозғалтқыштар шығарады, бұл магнит өрісі айналуының синхронды жиілігін 3 000, 1 500, 1 000, 750 және 500 айн/мин иеленуге мүмкіндік береді.



7.24 сур. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш роторының айналу жиілігін жиіліктік реттеу схемасы
Қуаттаушы желі жиілігін өзгерту есебінен асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу басқарылатын шұраларға (тиристорларға) салынған жиілікті қуатты жартылай өткізгіш түрлендіргіштер (инверторлар) арқылы жүзеге асырылады.

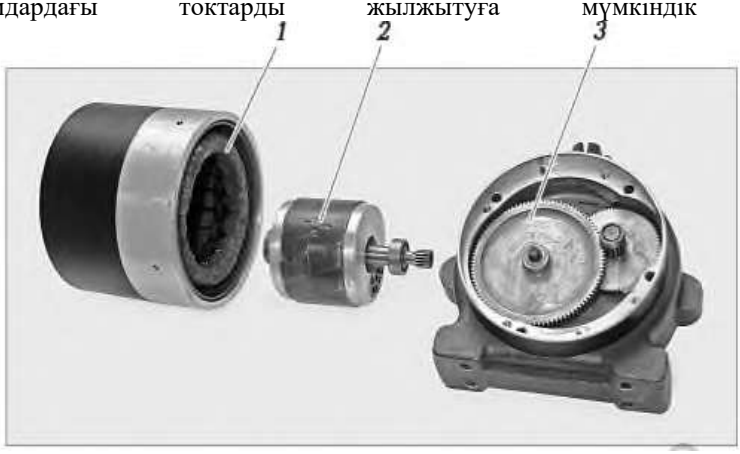
Әлсіз генератор шұғаларды басқарып, оларды ротордың қажет жиілікті қамтамасыз ететін жиілікпен қайта қосылуға мәжбүрлейді (7.24 сур.). Инверторға әкелінетін тұрақты кернеу кез келген дерлік жиіліктің айнымалысына түрленеді.

АҚ сырғанауы есебінен айналу жиілігін реттеу қуат көзі кернеуін U1 өзгерту жолымен қозғалтқыштың жүктемемен жұмыс жасау кезінде мүмкін.
U1 кемуі U12-ге пропорционал дамушы моменттің кемуіне әкеледі, бұл ретте сырғанау өседі, ад қозғалтқыштың айналу жиілігі түседі, себебі n= n1(1 - S).

7.4.3. Бір фазалы асинхронды қозғалтқыштар

Электр энергиясын тұтыну өнеркәсіптегідей көлемді болмайтын, ал желі бір фазалы тұрмыста, бір фазалы АҚ кеңінен қолданылады (тоңазытқыштар, кіржуғыш машиналар, желдеткіштер, электр құралдар және

т.б. үшін). Олардың жұмыс жасау қағидасы үш фазалы қозғалтқыштардың жұмыс жасау қағидасынан ерекшеленбейді.
Айырмашылығы статорға 90°-ға жылжытылған (120°-ға жылжытылған үш емес) және фазасы бойынша 90° (120° емес) жылжытылған токтармен қуаттанатын екі орам орналасатындығында ғана.
Бір фазалы қозғалтқыштың статорына бір фазалы кернеу әкелінетін болғандықтан, фазаларды жылжыту үшін орамдарда қосымша құрылғылар қолданылады. Олардың ішіндегі ең қарапайымы орамдардың бірімен ретімен қосылатын конденсатор болып табылады (7.18, в сур. қар.). Ол фаза бойынша орамдардағы токтарды жылжытуға мүмкіндік береді,

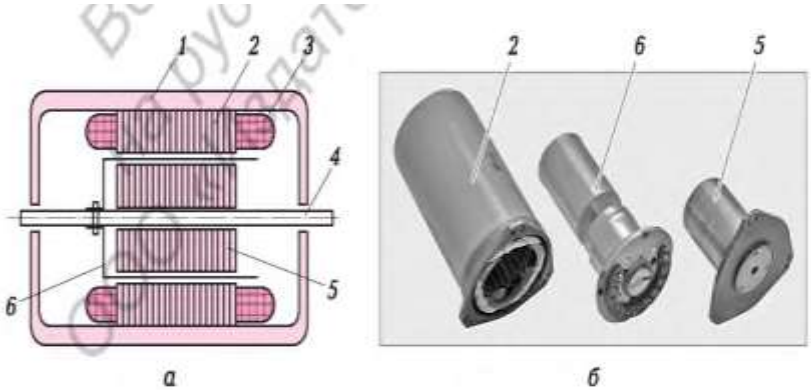


7.25 сур. Қысқа тұйықталған роторлы және редукторлы бір фазалы асинхронды қозғалтқыштың құрамдас бөліктері:
1 — статор орамы; 2 — ротор; 3 — редуктор

демек, магниттік ағындар да 90° дерлік, бұл айналмалы магнит өрісінің пайда болуына әкеледі. Мұндай электрлі машиналар «конденсаторлық қозғалтқыштар» деген атау алған. Олар, ережеге сай, тұрмыста қолданылады.
Бір фазалы машиналардың роторын негізінде екі нұсқада орындайды:

- үш фазалы машина роторына ұқсас қысқа тұйықталған (7.25 сур);
- қуыс алюминий стақан түрінде (қуыс ротор).

Қуыс роторлы асинхронды қозғалтқыш (7.26 сур) табақ болаттан жасалған ішкі 5 және сыртқы 2 статорларға ие, олар шанақта 1 орналасады. Сыртқы статорда екі орам орналасады



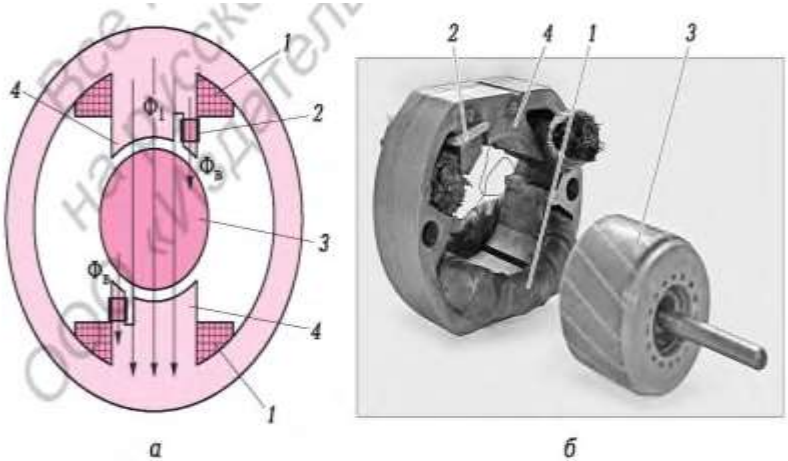
а — конструкциялық схемасы; б — қозғалтқыштың құрамдас бөліктерінің сыртқы түрі; 1 — корпус; 2 — сыртқы статор; 3 —статор орамы; 4 — өс; 5 — ішкі статор; 6 — ротор

3,кеңістікте 90° жылжытылған. Ішкі статор магниттік ағынға кедергіні кеміту үшін қызмет етеді. Статорлар арасында өсте 4 ротор 6 — алюминий жұқа қабырғалы стақанша айналуда (қабырғаларының қалыңдығы 0,1 ... 1 мм)

Мұндай қозғалтқыш жұмысының негізіне алюминий стақаншадағы осы өріс туралайтын статор орамдары, құйынды ағындар туындататын айналмалы магнит өрісінің әрекеттестігі алынған. Ротордың инерция моменті аз, және де қозғалтқыштың жылдам қозғалуы зор.

Стақанша қабырғаларының қалыңдығы аз, сондықтан да оның белсенді кедергісі r2 үлкен, іске қосу моменті Мп ола да үлкен, ал меха¬никлық сипаттама n= /(Мн) айтарлықтай қатал (7.20, а суретте қисық 1 қар.). Бұл әкелінетін кернеуді U1 өзгерту есебінен ротордың айналу жиілігін ең жоғарыдан (синхронды) нөлге дейін өзгертуге мүмкіндік береді. Қуыс роторлы қозғалтқыштар негізінде автоматты басқару жүйелерінде атқарушы қозғалтқыштар ретінде қолданылады. Олар қарапайым, сенімді, жоғары жылдам әрекетке және айналу жиілігін реттеудің кең ауқымына ие.

Бір фазалы полюстері жарылған (экрандалған) асинхронды қозғалтқыштар да өнеркәсіпте және тұрмыста қолданыс табады. Олардағы магниттік ағындардың жылжуы бір фазалы орам 1 орналасқан полюстік бір бөлігі 4 (7.27 сур), қысқа тұйықталған (ҚТ) айналыммен 2 ұсталу есебінен қамтамасыз етіледі (КЗ) — ережеге сай мыс немесе алюминий сақинамен.



7.27 сур. Полюстері жарылған қозғалтқыштың конструкциялық схемасы (а) және қозғалтқыштың құрамдас бөліктерінің сыртқы түрі (б):
1 — орам; 2 — қысқа тұйықталған айналым; 3 — ротор; 4 — жарылған полюстер

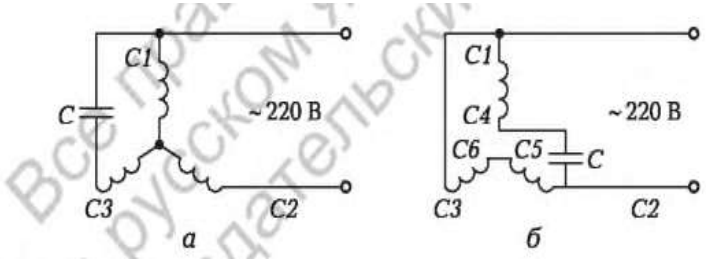
Айнымалы магниттік ағын Ф1 ҚТ айналымда ЭҚК және айнымалы магниттік ағынды Фк тудыратын тоқты 1к индукциялайды. Осылайша, полюстік жарылған бөлігінде Ф1 қатысты фаза бойынша жылжытылған қорытқы ағын Фв = Ф1 + Фк әрекет етеді. Фаза жөнінен жылжытылған екі магниттік ағын өз әрекеті бойынша айналып тұрған өріске жақын магнит өрісін тудыруға қабілетті. Нәтижесінде роторды 3 өрістің айналуы бағытында алып кететін айналмалы момент туындайды.

Мұндай қозғалтқыштар қуаттылығы шағын (25 Вт дейін), іске қосу моменті де зор емес. Олар шағын желдеткіштерде, электр ойнатқыштарда, таспалы-созылыңқы механизмдерден негізгі қолданыс тапқан.

7.4.4. Әмбебап асинхронды қозғалтқыштар

Әмбебап асинхронды қозғалтқыштар деп айнымалы тоқтың үш фазалы, сол сияқты бір фазалы желісінен жұмыс жасауға арналған қозғалтқыштар аталады.

Бұл қуаттылығы шағын машиналар (100 Вт дейін). УАД сериялы қозғалтқыштар ең көп қолданыста. Статорда тиісті түрде не бір фазалы желіге, не үш фазалыға қосылуы мүмкін алты сыртқа шығарылған өткізгішпен үш фазалы орам орналастырылады. Бір фазалы режимдегі қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары



7.28 сур. Әмбебап асинхронды қозғалтқыш орамдарын бір фазалы желіге қосудың ықтимал схемасы (а, б)

үш фазалыға қарағанда біршама нашар. Мысалы, УАД-72 үш фазалы режимде 70 Вт қуаттылықты арттырады, бұл ретте оның ПӘК 65 % құрайды. Бір фазалы режимде көрсетілген өлшемдер сәйкесінше 50 Вт және 60 %-ға тең.
Әмбебап асинхронды қозғалтқыш орамдарының бір фазалы желіге қосылуының ықтимал схемасы 7.28 суретте келтірілген. Үш фазалы желіге қосылған кезде орамдардың жалғасу схемасы типтік — жұлдызбен немесе үшбұрышпен.

ПРАКТИКА

Зертханадағы жұмыс

1. Әмбебап асинхронды қозғалтқыштарды бір фазалы желіге қосу схемасын оқып-білу.
2. Полюстері жарылған АҚ бір фазалы желіге қосылу схемасын оқып-білу.
3. Қуыс магниттік емес роторлы АҚ бір фазалы желіге қосылу схемасын оқып-білу.

Өз бетінше шығаруға арналған есептер мен сұрақтар

1. Асинхронды қозғалтқыштың айналуының атаулы жиілігі 480 айн/мин. Оның сырғанауын және полюстер жұбының санын табыңыздар.
2. Егер АҚ сырғанауы 5 бастап 20 % дейін ұлғайса, жиілігі 100 Гц қуаттау көзінен жұмыс жасайтын екі полюсті асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігі қалай өзгереді?
3. Жиіліктік басқарылуы бар екі полюсті асинхронды қозғалтқышта статор орамдары қуатталу жиілігі 1 ... 200 Гц ауқымында өзгереді. Бұл ретте атаулы сырғанау өзгеріссіз және 4 % тең боп қалады. Ротордың айналу жиілігі қандай ауқымда өзгереді?

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Бір фазалы АҚ статорының орамдары үш фазалы АҚ статоры орамдарынан немен ерекшеленеді?
а) маңдай бөлігі жоқ;

б) бір-біріне қатысты алғанда кеңістікте 90°жылжытылған;
в) шеңбер бойынша әркелкі салынады;
г) 13,3 % қысқарақ.

2. Статорда екі орамы бар бір фазалы АҚ-да йналмалы магниттік өрісті құру үшін не қажет?
а) фазаны жылжытқыш тізбекті пайдалану;
б) арнайы ажыратқышты пайдалану;
в) ротордың арнайы конструкциясы;
г) қысқыштар қалыбының болуы.

3. Бір фазалы АҚ полюсінің бөлігінде қысқа тұйықталған айналым қандай роль ойнайды?
а) статор орамын бекіту үшін қызмет етеді;
б) магниттік ағындар үшін фаза жылжытқыш тізбек болып табылады;
в) кеңістікте токтар жылжуын қамтамасыз етеді;
г) құйынды токтарға шығындарды төмендетеді.

4. Қуыс магниттік роторы бар бір фазалы АҚ негізінде қайда қолданылады?
а) электр құралдарда жетектік қозғалтқыштар ретінде;
б) тұрмыстық құралдардың жетектік қозғалтқыштары ретінде;
в) автоматты басқару жүйелерінде атқарушы қозғалтқыштар ретінде;
г) көтергіш механизмдердің жетектік қозғалтқыштары ретінде.

5. Қуыс магниттік емес роторы бар АҚ-да ішкі статор не үшін қызмет етеді?
а) үйкелісті азайту үшін;
б) магниттік кедергіні азайту үшін;
в) сырғанауды азайту үшін;
г) қуаттылықты көбейту үшін.

6. Полюстері жарылған АҚ-да статорда қанша орам бар?
а) екі;
б) бір;
в) үш;
г) қозғалтқышты қолдану саласына қарай.

7. Әмбебап АҚ-ға не тән?
а) үш фазалы және сол сияқты бір фазалы желіде жұмыс жасау мүмкіндігі;
б) ротордың айналу бағытын өзгерту мүмкіндігі;
в) айналудың жоғары жиілігіне қол жеткізу мүмкіндігі;
г) жоғары ПӘК-ті оңай алу мүмкіндігі.

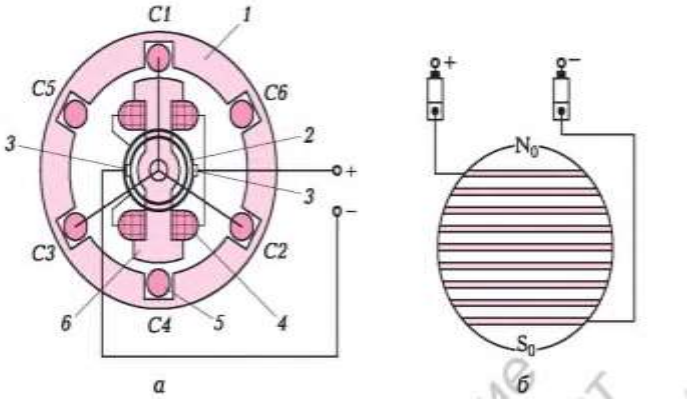
7.5. СИНХРОНДЫ МАШИНАЛАР

ТЕОРИЯ

7.5.1. Синхронды машина конструкциясы

Синхронды машина (СМ) — бұл айнымалы тоқтың электрлі машинасы, онда ротордың айналу жиілігі статор орамдары тудыратын магнит өрісі айналымы жиілігіне тең.

Үш фазалы асинхронды машиналар өнеркәсіпте негізгі қолданыс тапты.



7.29 сур. Анық полюсті роторы бар (а) үш фазалы синхронды машинаның конструкциялық схемасы және полюсі анық емес ротор (б): 1 — статор; 2 — жанаспалы сақиналар; 3 — қылшақтар; 4 — ротор орамы; 5 — статор орамы; 6 — ротор

Олар қозғалтқыштар ретінде де, генераторлар ретінде де кеңінен қолданылады. Үш фазалы синхрон¬ды генераторлар электр станцияларында өндірілетін электр энергиясының (гидравликалық, жылу, атом, жел және басқ.) негізгі көздері болып табылады.

7.29, а суретте үш фазалы синхронды машинаның конструкциялық схемасы келтірілген. Статор 1 асинхронды қозғалтқыштың статорынан еш айырмашылығы жоқ, үш орамы бар 5 және машина қозғалтқыш режимінде жұмыс жасаған кезде айналмалы магниттік өрісті тудыру үшін қызмет етеді. Статор орамының генераторы режимінде ЭҚК үш фазалы жүйесін алу үшін қызмет етеді.

Ротор 6 оқшауланған сымнан жасалған және жанаспалы сақиналар 2 және қылшақ 3 арқылы тұрақты токтан қуаттанатын орамға 4 ие. Сақиналар ротор өсінде болады және сонымен бірге айналады. Қозғалмайтын қылшақтар шанақта орналасады және жұмыс кезінде сақинамен сырғанайды. Ротор анық полюсті болуы мүмкін, 7.29, а суреттегідей, немесе анық полюсті емес (7.29, б

сур). Анық полюсті емес ротор айналу жиілігі 3 000 айн/мин дейін болатын жоғары жылдамдықты машиналарда қолданылады.
Ротор орамдарының негізгі мақсаты — тұрақты магнит өрісін тудыру.
Ротор орамы тұрақты токпен қуаттанады, сондықтан да белгіленген режимде құйынды токтарға шығындар роторда жоқ және ол электр-техникалық болаттың тұтас кесегінен жасалуы мүмкін. Анық полюсті роторда орам шарғы түрінде полюстерде орналасады. Егер ротор анық полюсті емес болса, оның цилиндрлік бетінде қуыстар фрезермен өңделеді, оларға қозу орамы салынады.

7.5.2. Қозғалтқыш режимінде жұмыс жасаған кезде синхронды машинаның әрекет ету қағидасы

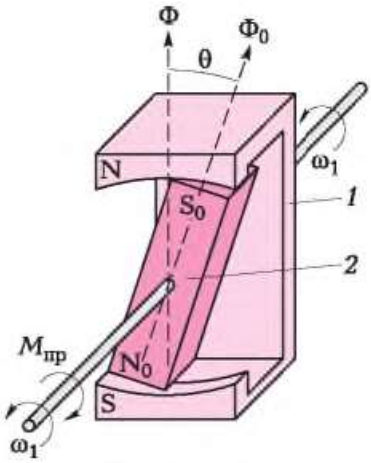
Қозғалтқыш режимінде синхронды машинаның жұмысы екі магниттен тұратын магниттік жалғастырғыш мысалында талдануы мүмкін (7.30 сур).

Статордың Ф айналмалы магнит өрісіне ұқсас N — S магнит өрісін тудыратын сыртқы магнит 1 жетекші болып табылады. S0— N0 өрісін тудыратын ішкі магнит 2 ротордағы орам тудыратын Ф0 тұрақты магнит ағынымен СМ роторына ұқсас.

Магниттік жалғастырғыш жұмыс жасағанда сыртқы және ішкі магниттер магнит өрісінің әрекеттестігі орын алады. Бұрыштық жиілікпен ю1 бастапқы қозғалтқыш көмегімен айналатын сыртқы
магнит магниттік ағындар ілінісуі есебінен ішкі магнитті өзімен алып кетеді. Оның үстіне ішкі және сыртқы магниттердің орнатылған айналу жиіліктері бірдей (синхронды) және ю1 тең.

Синхронды қозғалтқыш (СҚ) жұмысының негізіне дәл сол қағида алынған.

Айналмалы момент статордың айналмалы магнит өрісінің ротор орамы тудыратын тұрақты магнит өрісімен әрекеттестігі есебінен туады.
Ішкі магниттің айналуына қарсы қозғалатын момент болмағанда (Мпр = 0), магниттер өстері арасындағы 9 бұрышы 0-ге тең. Егер ішкі магниттің өсіне (немесе синхронды қозғалтқыш роторына) қарсы қимылдайтын моментті Мпр (жүктеме) қойсақ, онда ішкі магнит (ротор) сыртқы магниттен 9 бұрышқа қалып қояды,бірақ сол баяғы жиілікпен ю1 айналуын жалғастырады. Жүктеменің ұлғаюы 9 бұрыштың ұлғаюына ғана алып келеді. Шекті жағдайда 9 > 9крит болғанда ішкі магнит полюстері сыртқы магниттің полюстері астынан шығады, магниттік ағынға кедергі күрт өседі, өсуші момент төмендейді және қозғалтқыш синхронизмнен түсіп қалады (ротор тоқтайды).



7.30 сурет. Магнит жалғастырғыш:
1 — сыртқы магнит; 2 — ішкі магнит

7.5.3. Генератор режимінде жұмыс жасау кезіндегі синхронды машинаның әрекет ету қағидасы

Магниттік жалғастырғыш мысалында қайтадан талдау жүргіземіз (7.30 сур. қар.). Егер ішкі магнитті (немесе СМ роторы) сырттан айналдырсақ (мысалы, турбина көмегімен), ал сыртқы магнит өсіне қарсы қимылдайтын моменті Мпр қойсақ (немесе СМ статоры орамына жүктемені қоссақ — генератор режимі), онда ішкі магнит одан кейін келе жатқан сыртқы магниттен 9 бұрышқа озатын болады, бұл ретте екі магнит те бірдей жиілікпен ю1 айналатын болады.

СМ көбіне-көп генератор ретінде қолданыс тапқан. Бастапқы қозғалтқыш бу турбинасы (бұл жағдайда жетектелетін СМ тур¬богенератор атауын алады), гидравликалық турбина (гидрогенератор) немесе дизель бола алады.

Турбогенераторлар — жылдам жүретін (f = 50 Гц болғанда және р =1 л1 = = 3 000 айн/мин) диаметрі 1,5 м дейін және ұзындығы 20 м дейін анық емес полюсті роторы бар екі полюсті машиналар. Ротордың жұмыс күйі — көлденең.

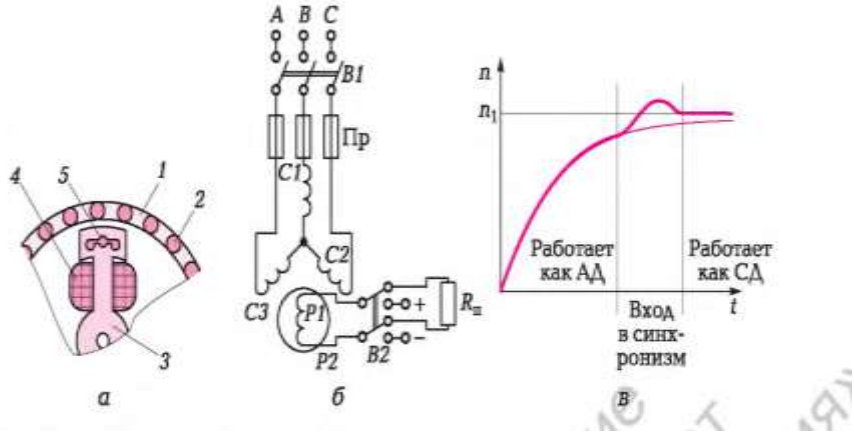
Гидрогенераторлар — анық полюсті роторы бар жай жүретін көп полюсті (100 полю¬ске дейін) машиналар. Мысалы, Днепр ГЭС гидрогенераторы р = 36 болғанда л1 = 83 айн/мин айналу жиілігіне ие. Генератор қысқышында дәл осындай айналу жиілігі жиілігі 50 Гц кернекді қамтамасыз етеді. Гидрогенератор роторының диаметрі 20 м дейін және ұзындығы 5 м дейін болуы мүмкін. Ротордың жұмыс күйі — көбіне тік.

Синхронды генераторда (СГ) электрмагниттік индукция құбылысы пайдаланылады: статор өткізгіштерін магнит өрісімен кесіп өткен кезде онда ЭҚК индукцияланады.

Аталмыш жағдайда ротордың қозу орамы тудыратын және сыртқы күш (турбина) әсерімен айналатын тұрақты өріс ЭҚК статордың қозғалмайтын орамдарында туралайды. Егер машина үш фазалы болса, онда фаза бойынша 120°-қа жылжытылған үш бірдей ЭҚК тураланады.

7.5.4. Синхронды қозғалтқышты іске қосу ерекшеліктері

Синхронды қозғалтқыш статорында 1 орналасқан орамдарды 2 үш фазалы желіге қосқан кезде (7.31 сурет, а) және



7.31 сур. Синхронды қозғалтқыш:
а — іске қосқыш орамды конструкиялық схемасы; б — іске қосу схемасы; в — ротордың екпіндеуінің уақыттық диаграммасы; 1 — статор; 2 —статор орамдары; 3 — ротор; 4 — ротордың қозу орамы; 5 — іске қосқыш орам

роторда орналасқан 2 қозу орамын 4 тұрақты кернеу көзіне қосқанда қозғалтқыш білігіндегі момент f = f{2p жиілікпен өзгереді (f1= 50 Гц болғанда және p = 1 f= 100 Гц).
Мұндай жоғары жиілікте және инерцияның елеулі моментінде ротор қозғалыссыз қалады.
СҚ екпін алуы үшін оның роторыг асинхронды қозғалтқыштағы тиін доңғалағына ұқсас арнайы іске қосу орамымен 5 жабдықтайды.
Іске қосу өзектері ротор полюстеріне салынады және бүйірлерін тұйықтаушы шиналармен жалғайды. Бұл ретте СҚ тікелей қосумен АҚ ретінде желіге жібереді (7.31 сурет, б). Айырып-қосқышты В2 алдын-ала ротордың қозу орамы Р1 — Р2 іске қосу резисторына Яп қосылатындай жай-күйге орнатады. Мұны істеу қажет, себебі ротор екпін алған кезде оның қозу орамында елеулі ЭҚК индукцияланады, ол аталмыш орамды қуаттайтын тұрақты кернеу көзін бұзуы мүмкін. Содан соң ажыратқыш В1 қосылады және ротор айналудың синхронды жиілігіне жақын жиілікке қол жеткізгеннен кейін айырып-қосқышпен В2 орамы Р1 — Р2 тұрақты кернеу көзіне қосылады.
СМ бастапқыда АМ сияқты жұмыс жасайды: айналмалы магнит өрісі қозғалмайтын ротордың іске қосқыш қысқа тұйықталған орамында ЭҚК

туралайды, орамда айналмалы өріспен әрекеттесетін токтар кете бастайды, оның нәтижесінде роторды өрістің айналу бағытына әкететін айналмалы момент туындайды. Айналу жиілігі n синхронды жиілікке n1 жақындаған кезде (7.31 сурет, в) ротор синхронизмге кіреді және жиілі щ жиілікпен одан әрі айналуды жалғастырады. Іске қосу орамы роторда әрекет етуін тоқтатады, себебі о енді статордың айналмалы өрісімен қиылыспайды.

7.5.5. Қуаттылығы төмен синхронды машиналар

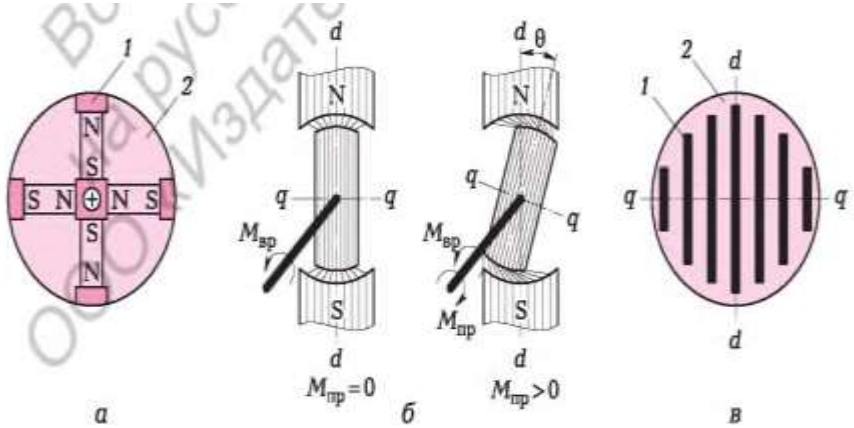
СМ-да ротор орамы қуат көзі тұрақты токпен екі фактор тудырады:

- тұрақты кернеу көзі қажет;
- машина сенімділігін төмендететін жанаспалы құрылғы қажет (қылшақты сақина).

Қуаттылығы шағын синхронды машиналар үшін (300 Вт дейін) электрмагниттің орнына роторда жоғары коэрцитивті күші бар тұрақты магнитті пайдалануға болады.

Мұндай машиналар гистерезистік деген атауға ие болған. Оларда магни¬ттерге алюминий құйылып, тұтас цилиндр түзіледі (7.32 сурет, а). Алюминий іске қосу орамының ролін ойнайды, онда айналмалы магнит өрісінің әсерімен құйынды токтар тураланады. Аталмыш токтар әсерімен ротор АҚ қысқа тұйықталған роторына ұқсас айнала бастайды.

Қуаттылығы төмен машиналар арасында реактивтік қозғалтқыштар да кең қолданыс тапқан. Олардың роторында тұрақты өріс жоқ. Ротордың айналуы оны ерекше пішінімен (7.32 сурет, б, в) және жүктеме болмағанда (Мпр = 0) статор полюсінің өсі бойынша орналасуға және статор өрісімен синхронды айналуға мәжбүрлейтін магниттік күштік желілердің «серпімділігімен» қамтамасыз етіледі.



7.32 сур. Қуаттылығы шағын синхронды машиналар роторларының конструкциялық сықбалары:
а — гистерезистік; б, в — реактивтік; 1 — болат бөлшектер; 2 — алюминий

Жүктеме болған кезде (Мпр> 0) ротор полюс өсінен 9 бұрышқа артта қалады, бірақ синхронды жиілікпен айналуын жалғастырады.

7.32, б суретте көрсетілген ротор бүйір жағынан кесілген ферромагниттік материалдан жасалған цилиндр түрінде орындалған, ал 7.32, в суретте ротордың болат жолақтарына алюминий құйылған. Екі жағдайда да d— d өсі бойынша магниттелу q— q өсіне қарағанда айтарлықтай жеңіл қамтамасыз етіледі.

ПРАКТИКА

Өз бетінше шешуге арналған есептер мен сұрақтар

1. Саян-Шушенск ГЭС гидрогенераторының роторы 142,8 айн/мин жиілікпен айналады. Бұл ретте электрстанция шиналарындағы кернеу жиілігі 50 Гц. Синхронды генератор полюстері жұбының санын табыңыз.
2. Егер төрт полюсті синхронды генератор роторының айналу жиілігі 3 000 айн/мин те болса, оның шиналарындағы кернеу жиілігі неге тең?
3. Генератор қысқыштарында 400 Гц кернеу жиілігін қамтамасыз ететін сегіз полюсті синхронды генератор роторының айналу жиілігін табыңыздар.
4. Егер орамдары жұлдызбен жалғанған барлық үш фазалы синхронды генераторлардың жиынтық қуаттылығы 40 МВт-қа тең болса, электрстанциясы шиналарындағы қуаттылық коэффициентін табыңыздар, фазалық кернеу – 10 кВ, желідегі жиынтық тоқ – 1,5 кА.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Синхронды қозғалтқыш асинхрондыдан несімен ерекшеленеді?
а) ротордың айналу және магнит өрісі жиіліктері сәйкес келмейді;
б) ротордың айналу жиілігі магнит өрісінің айналу жиілігіне тең;
в) ротордың айналу жиілігі магнит өрісі айналу жиілігінен жоғары;
г) ротордың айналу жиілігі магнит өрісі айналу жиілігінен төмен.

2. Синхронды қозғалтқыш роторын асинхронды қозғалтқыш роторының орамына ұқсас қосымша ораммен жабдықтаудың мақсаты не?
а) бастапқы айналу моментін тудыру үшін;
б) айналудың атаулы жиілігін ұлғайту үшін;
в) жылдам тежелу үшін;
г) іске қосу токтарын азайту үшін.

3. Статор орамына қуат берілгеннен кейін синхронды қозғалтқыш роторының бірден айналымға келуіне кедергі келтіретін не?
а) қылшақты сақиналар;
б) біліктегі момент өзгеруінің жоғары жиілігі және ротор инерциясының елеулі моменті;
в) жоғары іске қосу моменті;
г) ротор орамындағы кернеудің төмендігі.

4. Синхронды қозғалтқыш жұмысының негізіне не алынған?
а) статор орамдары тудыратын айналмалы магнит өрісінің ротор орамдары тудыратын айналмалы магнит өрісімен әрекеттестігі;

б) синхронды жұмыс;
в) электр энергиясының жылу энергиясына айналуы;
г) статор орамдары тудыратын айналмалы магнит өрісінің ротор орамдары тудыратын тұрақты магнит өрісімен әрекеттестігі.

5. Асинхронды машина статорын синхронды машина статоры ретінде пайдалануға бола ма?
а) белгілі бір түзетулер енгізіп қолдануға болады;
б) ешбір жағдайда қолдануға болмайды;
в) ешқандай түзетулерсіз қолдануға болады;
г) генератор режимінде жұмыс жасаған кезде ғана болады.

6. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машинада синхронды машинаның қандай құрамдас бөлігі кездеспейді?
а) статор;
б) ротор;
в) коллектор;
г) қылшақты сақиналар.

7. Синхронды машина роторының орамдары мақсатын көрсетіңіз.
а) тұрақты магнит өрісін тудыру;
б) айнымалы магнит өрісін тудыру;
в) айналмалы магнит өрісін тудыру;
г) электр өрісін турдыру.

8. Созылмалы таспа механизмдерінде нелікте дәл осы синхронды машиналар қолданылады?
а) олар қызмет көрсетуде қарапайым;
б) олар айналымның өзгеріссіз жиілігін қамтамасыз етеді;
в) олар сенімді;
г) олардың салмағы көп емес.

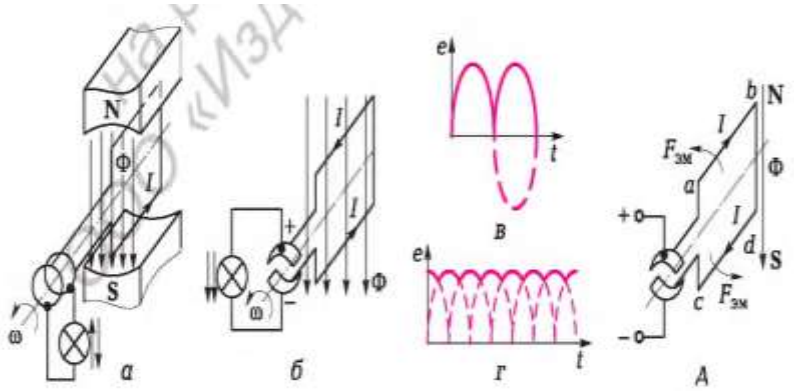
ТҰРАҚТЫ ток МАШИНАЛАРЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР. ТҰРАҚТЫ ток ГЕНЕРАТОРЫ

ТЕОРИЯ

7.6.1. Тұрақты ЭҚК алу қағидасы

Кез келген электрлі машинадағыдай тұрақты тоқ машинасы (ТТМ) әрекетінің негізіне магнит өрісі мен тогы бар өткізгіштер әрекеттестігі алынған.
Егер жақтауды тұрақты магнит өрісіне Ф орналастырып, оны тұрақты жиілікпен ю айналдыратын болсақ, онда айнымалы ЭҚК ЭДС e(t) тураланады. Жақтау өсінде орналасқан жанаспалы сақиналар және қозғалмайтын қылшақтар көмегімен бұл ЭҚК жүктемеге әкелінуі мүмкін. Айнымалы тоқ генераторы осындай ақғидамен жасалған (7.33 сурет, а).

Егер сақиналарды бір-бірінен оқшауланған және әрқайсысы өз өткізгішімен байланысқан екі жартылай сақинаға ауыстырсақ (7.33 сурет, б), онда айналдырған кезде қылшақтарда бір белгінің соғып тұрған ЭҚК тураланатын болады (7.33 сурет, в). Жүктемедегі кернеу тіктелген боп шығады. Тұрақты тоқ генераторы осындай қағидамен құрылған.
Егер өзара-перпендикуляр екі жақтауды және төрт жартылай сақинаны алсақ, онда тіктелген кернеу соғысы азаяды (7.33 сурет, г). Егер п жақтау және 2п жартылай сақина бар болса, онда кернеу мен тоқ іс жүзінде тұрақтыға айналады (п > 16 болғанда соғу коэф¬фициенті р < 1 %).



7.33 сурет. Соғып тұрған ЭҚК алу қағидасын түсіндіретін схемалар мен кестелер (а — д)

7.6.2. Тұрақты тоқ машинасының конструкциясы және әрекет ету қағидасы

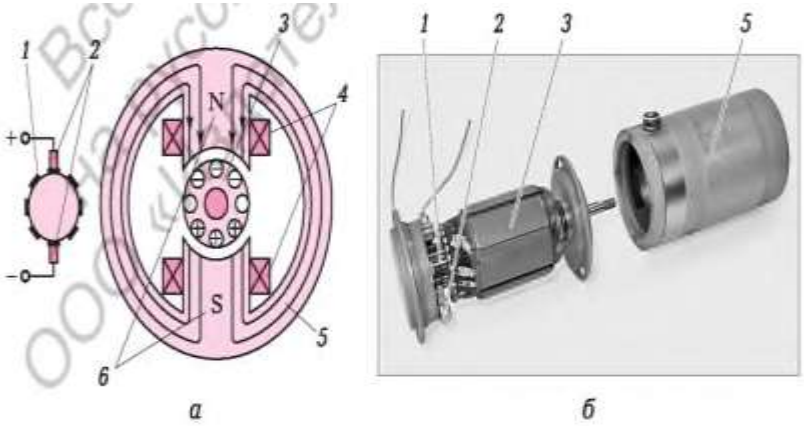
ТТМ тән бөлік коллектор — ТТМ генератор режимінде жұмыс жасаған кезде қылшақтарда ротор орамында тураланатын айнымалы тоқ ЭҚК соғып тұрған кернеуге айналдыратын құрылғы.
Қайтымдылық салдарынан ТТМ қозғалтқыш режимінде де жұмыс жасай алады. Ол үшін қылшақтарға тұрақты кернеуді алып келу керек. Бұл жағдайда коллектор қылшақтарға әкелінетін тұрақты тоқты ротор орамында айнымалы тоққа өзгертеді. Бұл электрмагниттік күш бағытын Рэм өзгеріссіз сақтауға мүмкіндік береді (7.33 сурет, д), себебі ротор орамы бір кереғарлық полюсі аймағынан (мысалы, N) басқа кереғарлық (S) полюсі аймағына өткен кезде өткізгіштегі тоқ бағытын өзгертеді.
Машинаның ЭҚК индукцияланатын бөлігі зәкір деп аталады. Қаралатын жағдайда зәкір ролін ротор атқарады, сондықтан да ТТМ-да роторды көбіне зәкір деп атайды.

Конструкциялық тұрғыдан ТТМ (7.34 сурет) кіретіндер:

- статор 5 полюстермен 6, оларда тұрақты токтан қуаттанатын және тұрақты магнит өрісін құратын қозу орамы 4 орналасқан;

- орамы бар зәкір 3;
- коллектор 1 қылшақтармен 2.

ТТМ орамдарының ұштары қысқыштар қалыбына шығарады және былай белгіленеді: Я1 — Я2 — зәкір орамы; Ш1 — Ш2 — қосарлы



7.34 сурет. Тұрақты тоқ машинасы:
а — конструкциялық схемасы; б — тұрақты магниттерден қозумен тұрақты тоқ қозғалтқыштары құрамдас бөліктерінің сыртқы түрі; 1 — коллектор; 2 — қылшақтар; 3 — орамы бар ротор (зәкір); 4 — қозу орамдары; 5 — статор; 6 — жолақтар қозу орамы (шунттық); С1 — С2 — ретпен қозу рамдары (сериестік), мұнда 1 — орам басы, 2 — орам ұштары.

7.6.3. ЭҚК және тұрақты тоқ машинасының электрмагниттік моменті

Электрмагниттік индукция заңына сәйкес зәкір орамдарында ол айналған кезде ЭҚК тураланады Ея = сеФл, мұнда се — конструкциялық коэффициент; Ф — магниттік ағын; n— зәкірдің айналу жиілігі.
Генераторда бұл ЭҚК қылшақтардағы кернеу пайда болуының бастапқы себебі болып табылады, ол жүктемеге берілуі мүмкін:

$$U = E_я - R_я I_я,$$

мұнда Яя — зәкір кедергісі.
Қозғалтқышта ЭҚК қарсы қойылған кернеуге U әсер етіп, жұмыс кезінде зәкір орамында тоқты азайтады:

$$I_я = \frac{U - E_я}{R_я}.$$

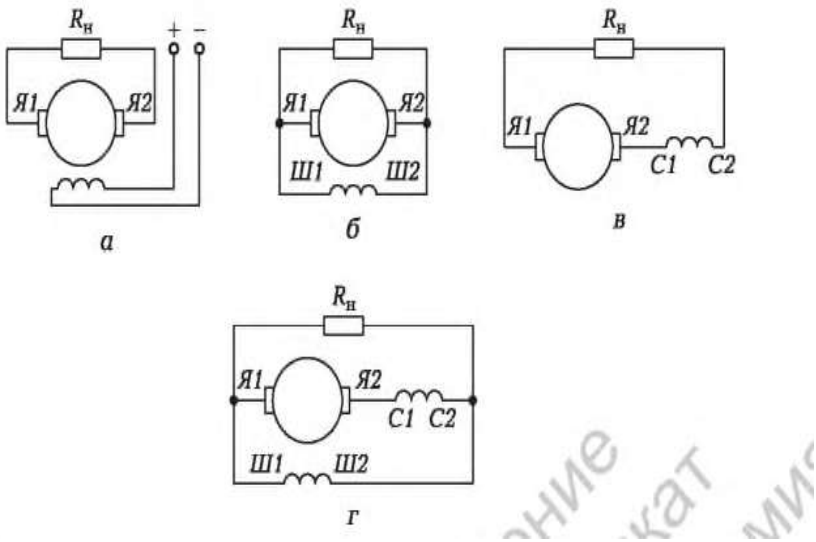
Электрмагниттік момент үшін өрнек Ампер формуласының негізінде алынуы мүмкін. Егер ұзындығы lс өткізгішті токпен I индукциялы В магнит өрісіне орналастырсақ, онда оған F3H= lIB күш әсер ететін болады. Бұл жерде

$$M_{вр} = c_M I_я \Phi_в,$$

мұнда сМ— конструкциялық коэффициент; 1я— зәкір тогы; Фв— маг¬ниттік қозу ағыны.

7.6.4. Тұрақты тоқ машиналарын қоздыру тәсілдері

Зәкір орамдарында ЭҚК пайда болу үшін, магниттік ағын болуы қажет. ТТМ-да тұрақты магниттік ағын — қозу ағыны Фв — не тұрақты магниттермен түзіледі, не тұрақты токтан қуаттанатын статор орамларымен түзіледі. ТТМ статоры орамдарын қозу орамдары деп атайды.
Қозу орамларын қосу схемасына қарай ТТМ былай бөлінеді (7.35 сурет):
■ тәуелсіз қозумен;



7.35 сур. Қозуы бар тұрақты тоқ машиналарының схемасы: а — тәуелсіз; б — қосарлы; в — ретті; г — аралас

■ қосарлы қосумен (шунттық машиналар);
■ ретті қозумен (сериестік машиналар);
■ аралас қозумен (компаундтық машиналар).

Соңғы үш машина өздігінен қозатын ТТМ атауын алған.
Қосарлы қозуы бар машиналарда (7.35, б суретті қар.) қозу орамы зәкір орамына қосарласа қосылады. Елеулі магниттеуші күн тудыру үшін ол шағын тоқты тұтынатын болғандықтан, көп мөлшердегі айналымға ие. Орам кедергісі зор. Қозу орамымен ретпен қосылған реостат қозу тогын, демек қозудың магниттік ағынын Фв реттеуге мүмкіндік береді.
Ретті қозуы бар машиналарда (7.35, в) қозу айналымы зәкір орамымен кезектесіп қосылады. Қозу орамы ТТМ жұмысына әсерін тигізбеу үшін, оның кедергісі аз болуға тиіс. Қозу тогы зәкір тогына тең болғандықтан, яғни айтарлықтай елеулі болғандықтан, қажет магниттеуші күшті тудыру үшін қозу орамы айналымдардың шағын санына ие болуы мүмкін. Ретпен қозатын

тұрақты тоқ электр қозғалтқышының өсінде жүктеменің өзгеруі зәкір тогының өзгеруіне, демек қозудың магнит өрісінің өзгеруіне әкелетінін есте сақтау қажет.
Аралас қозулы машиналарда (7.35 сурет, г) полю¬стерде екі орамнан орналасады: бірі қосарлы қозу, ал екіншісі — ретті.

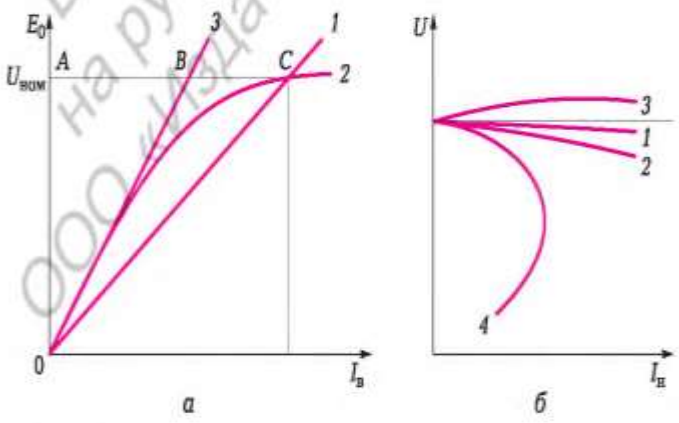
Шағын қуаттылықтағы жүйелерде тұрақты магниттерден қозумен тұрақты тоқ машиналары кеңінен қолданылады. Олар қозғалтқыштар сияқты да (мысалы, автоматты басқару жүйелеріндегі атқарушы қозғалтқыштар), және де генераторлар сияқты да жұмыс істейді. Атап айтқанда, тахогенераторларда (айналу жиілігін өлшегіштерде) зәкірдің айналым жиілігі мен индукцияланған ЭҚК арасындағы пропорциялылық қасиеті пайдаланылады.

7.6.5. Тұрақты тоқ машинасының генератор режимінде жұмыс жасауы

Генератор қысқыштарына (мысалы, ретті қозумен) жүктемені Лн қосқан кезде зәкір тізбегінде тоқ 1я өте бастайды, бұл ретте шығыс қысқыштардағы кернеу

$$U_я = E_я - \sum R_я I_я,$$

мұнда ZR — зәкір тізбегінің барлық телімдерінің кедергісі (зәкір орамдары, ретті қозу, коллектор және қылшақтар орамдары). Бұл кедергі көлемді емес, сондықтан да зәкірлік орамнан алынатын кернеу зәкірде тураланған ЭҚК-ға жақын.
Өзіндік қозулы генераторлар көп қолданыс табады, себебі олар арнайы қуат көзін қажет етпейді.
Өзіндік қозу машинаның магниттік жүйесі бір кездері магниттелген бола тұрып, кернеуді алып тастағаннан кейін қалдық магнетизмін сақтайтындығына негізделген. (Еске түсіріңіз: болат бұрағыш, бір кездері магнит өрісіне түсіп қап, шағын шегені ұстауға қабілетті).



7.36 сур. Тұрақты тоқ генераторының сипаттамасы: а — бос жүру; б — сыртқы

Қалдық магниттік ағын Фост максималды ағыннан Фш бар-жоғы шамамен 3 % құрайды.
Зәкір айналған кезде қалдық магниттік ағын Фост зәкірлік орамда шағын ЭҚК Еост индукциялайды, оның әсеріненқозу орамында шағын тоқ 7вост пайда болады және магниттаушы күш 1в.ост^в туындайды. Егер осы магниттеуші күш бағыты бойынша ағынымен Фост сәйкес келсе, онда ағын ДФ-ке ұлғаяды, яғни Фост + ДФ қосылысына тең болады. бұл өз кезегінде ЭҚК (Еост + ДЕ), тоқ (1ост + Д1в) және т. б. үлкейтеді.
Процесс қозу тізбегіндегі кернеу ив = 1вЯв (1 қисығы, 7.36 сурет, а) генератор тізбегіндегі ином кернеуге тең болғанша жалғаса береді. Бос жүріс сипаттамасындағы С нүктесі осы кернеу теңдігіне сәйкес келеді (2 қисығы, 7.36 сурет, а).

7.6.6. Генератордың бос жүріс сипаттамасы

ЭҚК Е0 кернеу тогына 1в тәуелділігін білдіретін бос жүріс сипаттамасы генератордың магниттік қасиеттері туралы талдауға мүмкіндік береді. Оны машинаның Ф0 = /(4) магниттік сипаттамасы ретінде қарауға болады. қозу тогының ұлғаюы магниттік ағынның ұлғаюына алып келеді, демек, ЭҚК да. Оның үстіне машинаның магниттік тізбегі қаныққанған дейінгі бастапқы бөлікте, Е0 = /(1в) сипаттамасы тік сызыққа жақын (3 тік сызығы, 7.36 сурет, а). Қозу орамының магниттеуші күші 1вшв іс жүзінде ауа саңылауындағы магниттік кернек түсуіне тең, себебі ферромагниттік материалдағы магниттік индукция зор емес және ол қанықпаған, яғни шағын магниттік кедергіге ие. Қозу тогының өсу шамасына қарай магниттік индук¬ция ферромагниттік телімдерде өседі, бұл осы телімдердің қанығуына алып келеді. Бұл ретте тәуелділіктің сызықтық сипаты Е0 = (1в) бұзылады (2 қисығы, 7.36 сурет, а).
Бос жүріс сипаттамасы бойынша генератордың магниттік жүйесінің қанығу дәрежесі жайлы айтуға болады. Қанығу коэффициенті Ks кесінділер АС және АВ (Ks= АС/АВ) қатынасымен айқындалады, себебі АВ кесіндісі барлық магниттеу күші ауа саңылауында шығындалатын қанықпаған машинаны сипаттайды, ал ВС кесіндісі — магнит өткізгіштің ферромагниттік бөлігінде магниттеу күшінің құлауы.
Ks< 1,25 болғанда машина әлсіз қаныққан, Ks= 1,25 ... 1,75 болғанда машина қанығуы орташа, Ks> 1,75 болғанда машина күшті қаныққан.

7.6.7. Генератордың сыртқы сипаттамасы

Генератордың сыртқы сипаттамасы U=f(IH) зәкірдің өзгеріссіз жиілігі кезіндегі (n= const) генератордың шығыс кернеуінің жүктеме тогынан тәуелділігін білдіреді.
Қозу орамдарын қосу тәсіліне қарай сыртқы сипаттама түрліше түрге ие болады (7.36 сурет, б).
1 қисығы тәуелсіз қозулы генераторға сәйкес келеді. Жүктеме тогын ұлғайту кезінде кернеудің кемуі негізінде зәкірлік тізбек кедергісіне кернеу түсуінің ұлғаюымен түсіндіріледі (көздің ішкі кедергісінде).

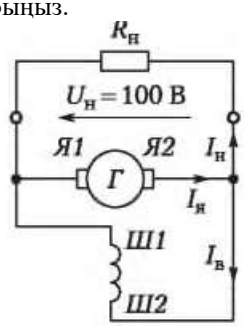
2 қисығы қосарлы қозулы генераторға сәйкес келеді. Оның біршама кенет құлауы шығыс кернеуді төмендеткен кезде қозу тогын қосымша кемітумен түсіндіріледі.
Аралас қозулы және орамдардың келісілген қосылуы бар машинада (екеуі де магниттік ағынды ұлғайтады) ретпен қозу орамын пайдалану есебінен кернеу түсуін өтеуге болады (3 қисығы).
Орамдарды қарсы қосу кезінде (олардың магниттеуші күштері қарсы бағытталған) шығыс кернеу кенет түседі (4 қисығы), себебі магниттік ағын қозудың қосарлы және ретті орамдарының магниеттеуші күштерінің айырмашылығымен туады. Қозудың мұндай тәсілі салыстырмалы түрде сирек қолданылады, бірақ ол кейде жалғыз маңызды болып табылады (мысалы, тұрақты тоқтың дәнекерлеуші генераторларында).
Бос жүрістен жүктеменің атаулы тогына ауысқан кезде кернеудің пайыздық кемуі жүктеме мына өрнекпен айқындалады

$$\Delta U = \frac{E_0 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} 100.$$

ПРАКТИКА

Типтік есептерді шешу мысалдары

1. Қосарлы қозуы бар тұрақты тоқ генераторында (7.37 сурет) 100 В кернеу болғанда жүктемеге берілетін қуаттылық 1,95 кВт құрайды. Қозу орамындағы Ш1 — Ш2 және зәкір орамындағы Я1 — Я2 қуаттылық шығындары сәйкесінше 50 және 80 Вт тең. Зәкір тогын, зәкір орамы кедергісін және онда туралынған ЭҚК табыңыз.



7.37 сур. Қосарлы қозумен тұрақты тоқ генераторы ЭЦ жүйесі (. 7.6 бөлімшесі 1 және 5 есептеріне)

Шешуі. Қосарлы қозулы тұрақты тоқ генераторы зәкірінің тогы жүктемедегі және қосарлы қозу орамындағы токтар жиынымен айқындалады: 1я= 1н+ 1в. Бастапқы деректерге сәйкес осы токтарды тауып алайық: 1в= Рв/и = 50/100 = 0,5 А; 1н= = Рн/и = 1 950/100 = 19,5 А.
Сәйкесінше, зәкір тогы 1я= 0,5 + 19,5 = 20 А.
Зәкір орамы кедергісі Яя= Ря/1я2 = 80/202= 0,2 Ом.
Генератор ЭҚК Е = U + Яя1я= 100 + 0,2 • 20 = 104 В.

Жауабы. Зәкір тогы 20 А тең, зәкір орамы кедергісі — 0,2 Ом, ЭҚК туралау — 104 В.

2. Асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін бақылау үшін тахогенератор ретінде тұрақты магниттерден қозумен ДПМ-25-Н3-16 тұрақты тоқ қозғалтқышы пайдаланылады: лном= 5 200 об/мин; ином= 27 В; 1ном= = 0,5 А; Яя+ Ящ= 0,5 Ом. Асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігі n= 2 970 айн/мин болғанда машина қылшақтарындағы ЭҚК табыңыз.

Шешуі. Қозғалтқыш режимінде машина жұмыс жасағандағы қарсы ЭҚК: Е = ином - (Яя + ЯщКном = 27 - 0,5 • 0,5 = 26,75 В.

Аталмыш қарсы ЭҚК қозғалтқышта атаулы кернеу және айналудың атаулы жиілігі болғанда туындайды. Е = сеФвпном болғандықтан Е және пном арасындағы пропорционалдылық коэффициентін есептеуге болады: к = сеФв= Е/пном= 26,75/5 200 = 0,005. Бұл коэффициент генератор режиміндегі машина жұмысы кезінде де сол күйі қалады. Шынымен де, коэффициент се машина конструкциясымен айқындалады, ал магниттік ағын Фв— статордың магниттік сипаттамаларымен. Осы екі өлшем де генератор режимінде де, қозғалтқыш режимінде де жұмыс жасағанда өзгеріссіз қалады.

Қозғалтқыш тахогенератор режимінде жұмыс жасағанда, оның роторын асинхронды қозғалтқыш қозғалысқа келтіргенде, қылшақтардағы ЭҚК мынаған тең болады Е = сеФвп = кп = 0,005 • 2 970 = 14,85 В.

Жауабы. ДПМ-25-Н3-16 қозғалтқышы асинхронды қозғалтқышпен бірге тахогенератор ретінде жұмыс жасаған кезде қылшақтардағы ЭҚК 14,85 В тең.

Өз бетінше шешуге арналған есептер мен сұрақтар

3. Тұрақты тоқтың қуатты қозғалтқыштарын іске қосу үшін генератор — қозғалтқыш схемасы пайдаланылады, онда қозғалтқыш зәкірі орамы тікелей генератордың шығыс қысқыштарына қосылған (7.38 сурет). ЭҚК генератор шығысында 130 В.

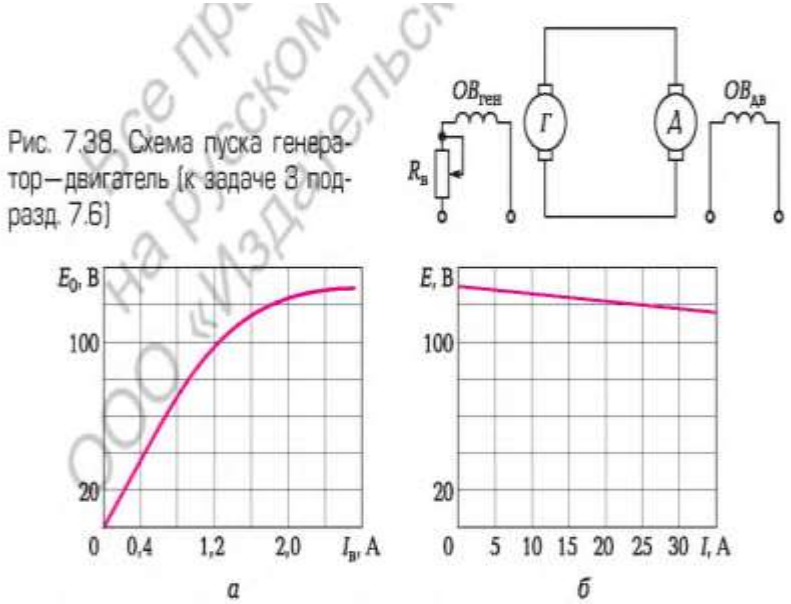
Егер атаулы тоқ 100 А, ал генератор зәкірі – қозғалтқыш зәкірі тізбегіндегі атаулы кедергі 0,2 Ом құраса, қозғалтқыштың зәкірлік орамындағы атаулы ЭҚК табыңыз. Генератор зәкірі – қозғалтқыш зәкірі тізбегінде қуаттылық шығынын, сондай-ақ генератор – қозғалтқыш жүйесінде ПӘК табыңыз.

4. Тәуелсіз қозулы тұрақты тоқ генераторы ЭҚК 120 В тең, зәкір орамы кедергісі — 0,2 Ом. Егер жүктеме тоңы 50 А тең болса, жүктемедегі кернеу мен қуаттылықты табыңыз.

5. Қосарлы қозулы генератор (7.37 сур. қар.) 100 В кернеу кезінде 48 А жүктемеде тоқты қамтамасыз етеді. Генератордың қозу орамының кедергісі 50 Ом-ға тең. Генераотор жүктемеге беретін зәкір мен қуаттылық тізбегіндегі тоқты табыңыз.

6. Қосарлы қозуы бар генератор 7.39, а суретте келтірілген бос жүріс сипаттамасына ие. Қозу орамы кедергісі 50 Ом-ға тең, зәкір орамдары — 0,5 Ом, зәкірдің атаулы тогы — 40 А. генератор шығысында атаулы кернеуді, атаулы қозу тогын, магнит өткізгіш болатының қанығу коэффициентін табыңыз.

7.38 сур. Генератор-қозғалтқыш іске қосу схемасы (7.6 бөлімше 3 есебіне)



7.39 сур. 7.6 бөлімше 6 (а) және 7 (б) есептеріне тұрақты тоқ генераторлары сипаттамалары

7. 7.39, б суретте тәуелсіз қозулы генератордың сыртқы сипаттамасы келтірілген. Атаулы тоқ 25 А болғанда жүктемедегі атаулы жүктемені және жүктеменің салыстырмалы түсуін табыңыз.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Тұрақты тоқ электрлі машиналарының қандай құрамдас бөлігі айнымалы тоқтың электрлі машиналарында кездеспейді?
а) статор;
б) ротор;
в) коллектор;
г) қылшақты сақиналар.
2. Егер генератор режимінде жұмыс жасайтын тұрақты тоқ машинасы өсіне екі жартылай сақинаны орналастырып, оларға қылшақтарды әкелетін болсақ, қылшақтарда қандай кернеу пайда болады?
а) тұрақты;
б) жүріп тұрған;
в) үш фазалы;
г) айнымалы.
3. Тұрақты тоқ қозғалтқышында коллектор қандай роль ойнайды?
а) зәкір орамында қылшақтардағы тұрақты кернеуді айнымалы тоққа айналдырады;
б) зәкір орамында қылшақтардағы айнымалы кернеуді тұрақты тоққа айналдырады;
в) қажет үйкелісті қамтамасыз ететін құрылғы ролін ойнайды;

г) қозғалтқыш жұмысының сенімділігін төмендететін құрылғы ролін ойнайды.

4. Зәкір орамында индукцияланатын ЭҰК үшін дұрыс өрнекті көрсетіңіз.

а) Ея = сеФл;

б) Ея = сеФ1;

в) Ея = сеФ/л;

г) Ея = сеФ2и.

5. Зәкірге әсер ететін электрмагниттік момент үшін дұрыс өрнекті көрсетіңіз.

а) Мвр = См1я п;

б) Мвр = см1яФв;

в) Мвр = см(1я +Фв);

г) Мвр = СмД/Фв.

6. Тұрақты тоқ генераторына қандай сипаттамалар тән?

а) аралас;

б) бос жүріс және сыртқы;

в) қысқа тұйықталу;

г) атаулы.

7. Тұрақты тоқ генераторы бос жүрісінің сипаттамасы бойынша не айтуға болады?

а) зәкір айналуының ең жоғары жиілігі туралы;

б) кернеу өзгеруінің салыстырмалы көлемі туралы;

в) жүктемедегі ең жоғары тоқ туралы;

г) генератор магнит өткізгіші ферромагниттік материалының қанығу дәрежесі туралы.

8. Тұрақты тоқ машиналары қозуының негізгі тәсілдерін атаңыз.

а) ретті;

б) тәуелсіз;

в) қосарлы;

г) тұрақты магниттерден;

д) аралас;

е) жоғарыдағылардың барлығы.

7.7. ТҰРАҚТЫ тоқ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ

ТЕОРИЯ

7.7.1. Тұрақты токта машинасының қозғалтқыш режимінде жұмыс жасауы

Тұрақты тоқ машинасы қозғалтқыш режимінде әкелінетін электр энергиясын білік айналуының механикалық энергиясына айналдырады. Электрлі қозғалтқыштың конструкциялық схемасы генератор схемасына ұқсайды және оған сондай негізгі тораптар кіреді: статор, ротор және коллектор. Қозғалтқыштың қозу орамдарының қосылу схемасы генераторға арналғандай болады. Олар да, егер оның орамында электр тогы өтіп жатса, зәкір айналатын тұрақты магниттік ағын тудыру үшін қызмет етеді.

Егер зәкір орамына тұрақты кернеуді U қосатын болсақ, онда ола жерден тока өте бастайды. Зәкір тогы мен статордың магниттік ағыты әрекеттестігі электрмагниттік момент тудырып, ол зәкірді айналдыра бастайды. Ол айнала бастағанда (магнит өрісі сызығынан өту), оның орамдарында

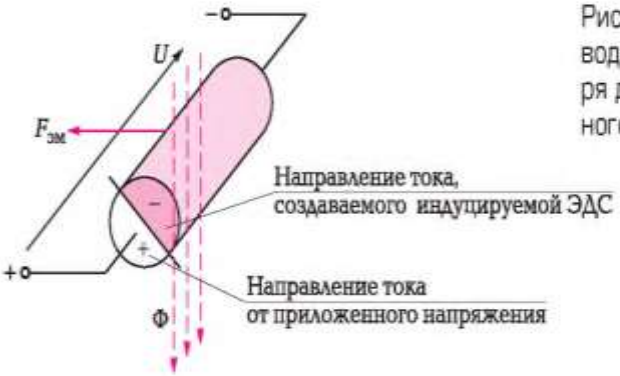


Рис. 7.40. Токи в проводнике обмотки якоря двигателя постоянного тока

7.40 сур. Тұрақты тоқ қозғалтқышы зәкірі орамының өткішіндегі токтар
Индукцияланатын ЭҚК тудыратын тоқ бағыты

Қосылған кернеуден тоқтың бағыты
Қосылған кернеуден токқа қарсы бағытталған тоқ тудыратын ЭҚК тураланады (7.40 сур).

Зәкірдегі жиынтық ток

$$I_я = \frac{U - E_я}{R_я}.$$

$$E_я = c_e \Phi_в n,$$

болғандықтан, қозғалтқыш айналымы жиілігі үшін өрнек

$$n = \frac{E_я}{c_e \Phi_в} = \frac{U - I_я R_я}{c_e \Phi_в}$$

деген түрде жазуға болады.

Сондай-ақ Ампер формуласына сәйкес

$$M_{вр} = c_M I_я \Phi_в, \text{ т. е. } I_я = \frac{M_{вр}}{c_M \Phi_в}$$

Осыдан

$$n = \frac{U - I_я R_я}{c_e \Phi_в} = \frac{U}{c_e \Phi_в} - \frac{R_я}{c_e c_M \Phi_в^2} M_{вр}.$$

Белгіленген режимде айналмалы момент Мвр жүктеме моментін Мн, теңдестіруге тиіс болғандықтан былай жазуға болады

$$n = \frac{U}{c_e \Phi_в} - \frac{R_я}{c_e c_M \Phi_в^2} M_н = n_0 - \Delta n,$$

$$n_0 = \frac{U}{c_e \Phi_в}$$

жүктемеден тәуелсіз құрамдас; An =

$$\frac{R_я}{c_e c_M \Phi_в^2} M_н$$

жүктеме айқындайтын құрамдас

Алынған өрнек n= ДМн) тұрақты тоқ қозғалтқышының механикалық сипаттамасын сипаттайды, ол ротор айналымы жиілігінің оның білігіндегі жүктеме моментінен тәуелділігін көрсетеді.

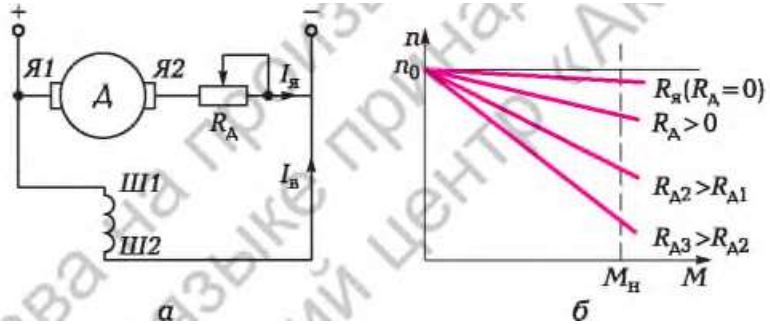
Оған қарап жүктемені ұлғайтқан кезде ротор айналымы жиілігінің болмашы ғана түсетінін көреміз, себебі зәкірдің жиынтық кедергісі Яя көп емес және екінші қосынды An n0-ден 5 % аспайтын шаманы құрайды. Тұрақты тоқ қозғалтқышы (ТТҚ) салыстырмалы түрде қатаң жалғыз механикалық сипаттамаға ие.

7.7.2. Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу

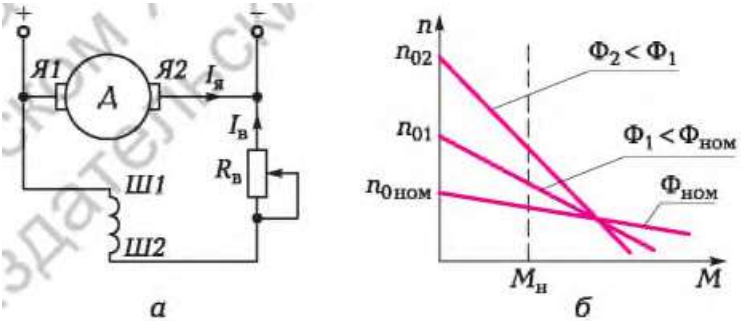
Тұрақты тоқ қозғалтқышының механикалық сипаттамасы үшін өрнектен көргеніміздей, оның айналу жиілігін үш тәсілмен реттеуге болады:

- реостаттық реттеу — зәкір тізбегінде Яя + Яд кедергісін өзгертумен (7.41 сурет, а). Бұл ретте п0 қосындысы өзгеріссіз қалады, ал Дп кең шектерде өзгереді (7.41 сурет, б);
- полюстік реттеу — қозу ағынын Фв өзгертумен (7.42 сурет, а). Бұл ретте п0 де, Дп да өзгереді (7.42 сурет, б). Полюстік реттеу жеткілікті түрде үнемді болып табылады, себебі қозудың Фв магниттік ағынын басқару мәні үлкен болмайтын қозу тогының 1в өзгеруі есебінен жүзеге асырылады;

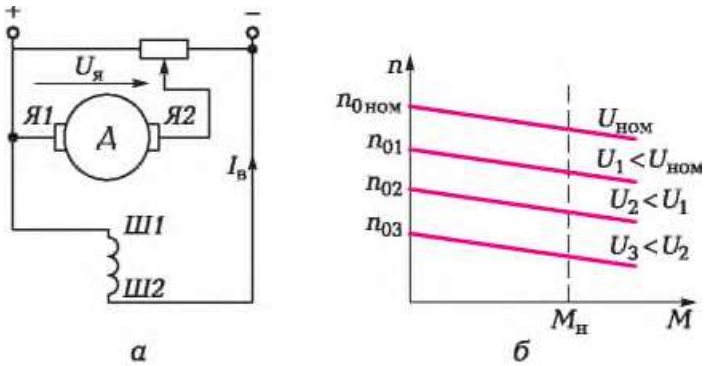
7.41 сур. ТТҚ айналу жиілігін реостаттық реттеу:
а — реттеу схемасы; б — механикалық сипаттамалар



Сурет 7.42. ТТҚ айналу жиілігін полюстік реттеу: а — реттеу схемасы; б — механикалық сипаттамалар



7.43 сур. ТТҚ айналу жиілігін зәкірлік реттеу: а — реттеу схемасы; б — механикалық сипаттамалар



■ зәкірлік реттеу — зәкірлік орамды қуаттау кернеуін өзгертумен (7.43 сурет, а). Бұл ретте қозу ағыны өзгерісвіз қалуға тиіс, яғни қозғалтқыш тәуелсіз немесе қосарлы қозу болуға тиіс. Аталмыш реттеу тәсілінде қозғалтқыштың айналу жиілігі зәкірлік орамның ия қуаттану кернеуінен сызықтық дерлік тәуелді болады (7.43 сурет, б).

7.7.3. Қозғалтқышты іске қосу және іске қосу реостатының ролі

Зәкір тогы мына өрнекпен анықталатын болғандықтан

$$I_я = \frac{U - E_я}{R_я} = \frac{U - c_e \Phi_в n}{R_я}.$$

n = 0 болғанда іске қосу моментінде іске қосу тогы

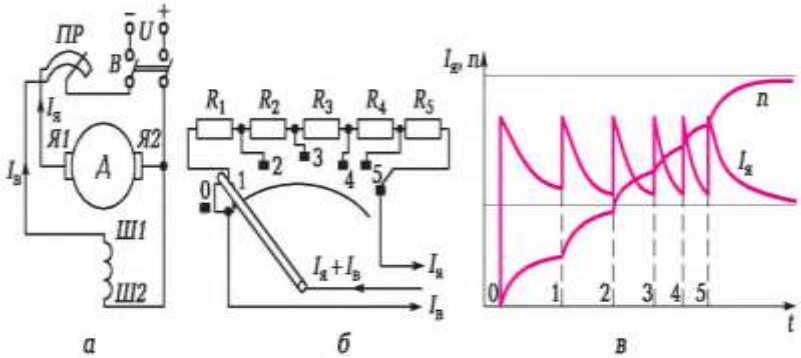
$$I_{я.п} = \frac{U}{R_я}.$$

Зікір орамының кедергісі Яя көлемді емес, сондықтан да іске қосу тогыатаулыдан 20-50 есе асып кетуі мүмкін. Бұл қозғалтқыш жұмысын, бірінші кезекте коллекторлық-қылшақты құрылғы жұмысының сенімділігін төмендетеді. Көлемді токтар зәкірлік орамның тым ысып кетуіне де әкеп жатады, сондай-ақ айналмалы бөліктерге соққылы әсер тигізетін айналмалы моменттің кенет өсуіне алып келеді.

Зәкірлік тізбекке іске қосу уақытында іске қосу тогын шектеу үшін реостатты Яп.р енгізеді. Бұл жағдайда

$$I_{я.п} = \frac{U}{R_я + R_{п.р}}.$$

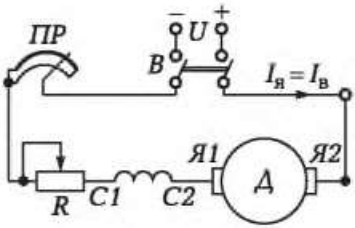
Осылайша, іске қосу тогы жол берілетін көлемге дейін шектелуі мүмкін. Зәкірдің екпіндеу шамасына қарай оның орамында айналу жиілігіне n пропорционалды ЭҚК индукцияланады. Зәкір тогы кемиді, бұл реостат кедергісін нөлге дейін кемітуге мүмкіндік береді. Қозғалтқыш айналудың атаулы жиілігіне дейін екпіндегеннен кейін реостат толығымен зәкірлік тізбектен шығарылады және зәкір тогы қайтадан 1я _ (U- Бя)/Яя өрнегімен анықталады.



7.44, а суретте іске қосқыш реостаты ПР бар қозғалтқышты қосу схемасы келтірілген, 7.44, б сурет — іске қосқыш реостат схемасы.

Қозғалтқышты желіге қосар алдында іске қосқыш реостат «0» күйіне орнатылады. Бұл ретте зәкір тізбегіне жалпы кедергілі Я1 + Я2 + Я3 + Я4 + Я5 резисторлары енгізіледі. Қозғалтқыштың екпіндеу шамасына қарай және тоқты азайту шамасына қарай іске қосқыш реостатты ретімен 1, 2, 3, 4 күйіне ауыстырады және ақырында 5 күйге келтіріледі. Резисторлардың жалпы

кедергісі дискретті түрде нөлге дейін кемиді, ал зәкір айналуының тогы мен айналу жиілігі атаулы мәндерге жетеді.
¢7.44, в суретте зәкір тогының өзгеру қисығы 1я және іске қосу кезінде n айналу жиілігі көрсетілген.
Ретпен қозатын қозғалтқышта зәкір тогы 1я және қозу тогы 1в — бір тоқ (7.45 сурет).
Сәйкесінше, қозу ағыны зәкір тогына пропорционалды: Фв = к1я. Бұл жағдайда айналмалы момент шаршыланған зәкір тогына пропорционалды:
яғни зәкір тогын біртіндеп ұлғайту айналмалы моменттің біршама кенет ұлғаюына әкеледі.



7.45 сур. Ретпен қозатын қозғалтқышты қосу схемасы

7.7.4. Ретпен қозатын тұрақты тоқ қозғалтқышы

$$M_{вр} = c_M \Phi_в I_я = k_1 I_я^2,$$

Сонымен бірге

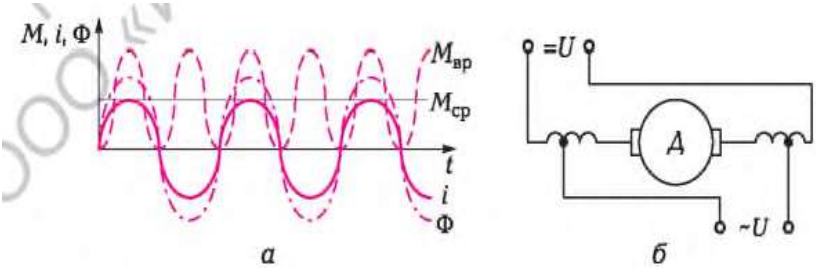
яғни ротордың айналу жиілігі зәкір тогына кері пропорционал.
Қозғалтқышқа жүктеме көбейген сайын, айналмалы момент Мвр одан сайын үлкен болуға тиіс, демек, зәкір тогы 1я көлемдірек және ротордың айналым жиілігі п азырақ. Егер жүктеме болмаса, онда момент Мвр шағын, тоқ 1я аз, ал жиілік п шексіздікке талпынады (қозғалтқыш «жан-жаққа» кетуі мүмкін).
Осылайша, жүктеменің шағын моментінде зәкір тогы аз, ал айналу жиілігі елеулі. Сондықтан да ретпен қозатын тұрақты тоқ қозғалтқыштары көлік құралдарының негізгі жетек қозғалтқыштары болып табылады.
Орыннан қозғалған кезде жүктеме моменті зор, тоқ көлемді, ал айналым жиілігі аз. Көлік құралы екпін алғаннан кейін жүктеу моменті аз, зәкір тогы зор емес, ал айналу жиілігі айтарлықтай.

7.7.5. Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштар

Бұл қозғалтқыштар тұрақты және айнымалы бір фазалы тоқ желілерінен жұмысқа арналған. Олар конструкциясы жөнінен ретпен қозатын тұрақты тоқ қозғалтқышына ұқсас.
Мұндай қозғалтқыштарда айнымалы тоқ бағытын өзгерткен кезде айналмалы момент Мвр өз бағытын сақтайды, себебі бір уақытта магниттік ағын бағыты Фв және зәкір тогы 1я бағыты өзгереді:

$$M_{вр} = c_M \Phi_в I_я = c_M(-\Phi_в)(-I_я).$$

Бұл ретте біліктегі момент кезең ішіндегі орташа моментке Мср тең (7.46 сурет, а), себебі инерциялылығы салдарынан ротор



7.46 сур. Әмбебап коллекторлық қозғалтқыш:
а— уақытша диаграммалар; б— тұрақты және айнымалы тоқ желісіне қосу схемасы

өзгермелі жиілігі 100 Гц бір сәтті мәнге Мвр жауап қатуға қабілетсіз.
Осылайша, ретімен қозатын тұрақты тоқ қозғалтқышына ұқсас қозғалтқыш айнымалы тоқ желісінен жұмыс жасай алады. Ол 3 000 бастап 20 000 айн/мин дейінгі айналым жиілігін арттыруға қабілетті және бірсарынды реттеу мүмкіндігіне ие. Айналым жиілігін реттеу тәсілдері тұрақты тоқ қозғалтқышындағыдай. Әмбебап қозғалтқыштар тұрмыстық құралдарда қолданыс тапты: кофе ұнтақтағышта, шаңсорғышта, электр бұрғысында, тігін машиналарында, сондай-ақ медицинада. Өнеркәсіп қуаттылығы 400 Вт дейін әмбебап коллекторлық қоғалтқыштарды шығарады (мысалы, УЛ сериялы).
Әмбебап қозғалтқышты қосу схемасы 7.46, б суретте келтірілген. Айнымалы токта жұмыс жасаған кезде кернеуге қозу орамының бір бөлігі қосылады, ал тұрақтыға — барлық орам. Бұл қозғалтқыш сипаттамаларын тұрақты және айнымалы токта жақындастыру үшін жасалады. Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштардың кемшілігі — қылшақты коллекторлық құрылғының аса қатты тозуы.

ПРАКТИКА
Типтік есептерді шығару мысалдары

1. Тәуелсіз қозатын тұрақты тоқ қозғалтқышы зәкір орамының Яя = 0,5 Ом кедергісіне, бос жүрісте п0 = 3 000 айн/мин айналу жиілігіне және жүктемемен жұмыс кезінде айналу жиілігінің 5%-дық азаюына ие. Дәл сол жүктемеде айналу жиілігін п = 2 000 айн/мин дейін төмендету үшін, реостаттық реттеу кезінде қандай кедергі орнату қажет?
Шешуі. Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасына қарағанда, оның айналу жиілігі п = п0 - Ап. Құрамдас п0 = и/(сеФв) жүктемеге тәуелді емес, ал құрамдас Ап = (Яя/(сесМФв)Мн жүктеме өзгермегенде және магниттік ағын өзгермегенде зәкірлік тізбекте жиынтық кедергімен анықталады. Реостат кедергісі Яр = 0 болғанда бұл құрамдас Ап1 = 0,05 • 3 000 = = 150 айн/мин мәніне тең. Реостатты енгізген кезде айналу жиілігі 2 000 айн/мин дейін

азаяды, яғни Ап2 = 3 000 - 2 000 = 1 000 айн/мин. Осылайша, Ап1/Ап2 = Яя/(Яя + Яр) = 0,15.
Бұдан келіп Яр = (1 - 0,15)Яя/0,15 = 0,85 • 0,5/0,15 = 2,83 Ом.
Жауабы. Ротордың айналу жиілігін төмендету үшін тұрақты тоқ қозғалтқышын 2 000 айн/мин дейін реостаттық басқару кезінде, реостат кедергісін 2,83 Ом тең етіп орнату қажет.

Өз бетінше шығаруға арналған есептер мен сұрақтар

2. Тұрақты тоқ қозғалтқышының жұмыс тогы кернеу 120 В болғанда 10 А құрады. Іске қосқыш тоқ жұмысшыдан 30 есеге асады. Зәкір айналып тұрғанда аталмыш орамда тураланатын зәкір айналымы кедергісі мен ЭҚК есептеңіз.
3. Атаулы кернеу 110 В, атаулы тогы 10 А және ПӘК 85 % тұрақты тоқ қозғалтқышында зәкір тізбегіндегі электр шығындары 120 Вт құрайды. Зәкір тізбегі кедергісін есептеңіз.
4. Қосарлас қозу тұрақты тогы қозғалтқышында қуат көзі кернеуі 120 В тең, зәкір тізбегінің кедергісі — 0,4 Ом, жұмысшы тоқ — 10 А. Егер зәкірдің ауналу жиілігі 14 % азайса, жұмысшы тоқ қалай өзгереді?
5. Атаулы кернеуі 120 В тұрақты тоқ қозғалтқышында іске қосқыш тоқ кедергісі 2,1 Ом кедергілі іске қосқыш реостат бар болғанда 50 А құрады. Іске қосқыш реостат болмаған кездегі іске қосқыш тоқты табыңыздар.
6. Атаулы кернеуі 110 В, тогы 18 А және зәкір тізбегінің кедергісі 0,5 Ом қозғалтқышты қосқан кезде іске қосқыш тоқ 30 А асып кетпеу үшін, генератор-қозғалтқыш жүйесінде генераторға шығыста қандай кернеу орнату қажет?
7. Трамвай орнынан қозғалған кезде зәкір орамындағы тоқ екпін алғаннан кейінгі токтан есе асып кетеді. Қозғалысқа қарағанда қозғалар кездегі айналмалы момент қанша есе көп?

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Тұрақты тоқ қозғалтқышы жұмыс жасау үшін қандай екі құрамдас қажет?
а) магнит өрісі;
б) тогы бар өткізгіш;
в) электр өрісі;
г) ауа өрісі.
2. Тұрақты тоқ қозғалтқышын іске қосқанда және жұмыс жасағанда зәкір тогы үшін дұрыс өрнектерді көрсетіңіз.
а) 1я = (U + Ея)/Яя;
б) 1я = (U- Ея)/^
в) 1я = U/Яя;
г) 1я = иЯя.
3. ТТҚ айналу жиілігін реттекдің үш ықтимал тәсілін көрсетіңіз.

а) конденсаторлық реттеу;

б) реостаттық реттеу;
в) зәкірлік реттеу;
г) полюстік реттеу.
4. Зәкірлік реттеу қалай жүзеге асырылады?
а) статор орамына әкелінетін кернеуді өзгертіп;
б) ротор (зәкір) орамына әкелінетін кернеуді өзгертіп;
в) іске қосқыш реостатқа әкелінетін кернеуді өзгертіп;
г) қозу орамына әкелінетін кернеуді өзгертіп.
5. Іске қосқыш реостат не үшін қажет?
а) іске қосқыш моментті көбейту үшін;
б) іске қосқыш тоқты азайту үшін;
в) коллектр тізбегінде үйкелісті азайту үшін;
г) ротор инерциясы моментін азайту үшін.
6. Іске қосу реостатын қозғалтқыш тізбегіне қалай қосады?
а) ретімен қозу орамымен;
б) қуат көзіне параллель;
в) зәкір орамымен ретімен;
г) зәкір орамына параллель.
7. Ретімен қозу қозғалтқышында зәкір тогы мен қозу арасындағы дұрыс қатынасты көрсетіңіз.
а) 1я>> 4;
б) 1я>4;
в) 4 < 4;
г) 4 = 4.
8. Ретімен қозатын тұрақты тоқ қозғалтқыштары негізінде қайда қолданылады?
а) металл кескіш білдектерде;
б) көлік құралдарында;
в) авиаөнеркәсіпте;
г) көтергіш механизмдерде.
9. Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштар жұмысында қандай кернеу пайдаланылуы мүмкін?
а) үш фазалы;
б) бір фазалы;
в) көп фазалы;
г) тұрақты.
10. Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштар негізінде қайда қолданылады?
а) в шаңсорғыштарда;
б) кіржуғыш машиналарда;
в) тоңазытқыш құрылғыларында;
г) металл кескіш білдектерде.

ЗАЧЕТНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

Сравнительная оценка основных типов электрических машин

Наименование	Электрические машины переменного тока		Машина постоянного тока
	асинхронная	синхронная	
Состав			
Конструктивная схема			

Все права на произведение на русском языке принадлежат ООО «Издательский центр «Академия»

«ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫ» БӨЛІМІ БОЙЫНША СЫНАҚ ПРАКТИКАЛЫҚ САБАҚ

Электр машиналарының негізгі типтеріне салыстырмалы баға беру
Атауы Айнымалы тоқ электр машиналары
Тұрақты тоқ машинасы
Асинхронды синхронды
Құрамы
Конструкциялық схемасы

Принцип действия			
Схема включения			
Основное применение			
Основные параметры			

Все права на произведение на русском языке принадлежат ООО «Издательский центр «Академ

№ 17 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Бір фазалы трансформаторды сынақтан өткізу

1. Жұмыстың мақсаты

1.1. Трансформатор конструкциясын зерттеп-білу
1.2. Трансформатордың негізгі өлшемдерін анықтау
1.3. Трансформатордың сыртқы сипаттамасын алу

2. Сынау объекті және құралдары

Сынау объекті ажырайтын является однофазный двухобмоточный трансформатор с разъемным U-тәріздес табақ электртехникалық болаттан (табақ қалыңдығы 0,08 мм) және екі шарғыдан жасалған білігі бар екі орамды бір фазалы трансформатор болып табылады. Барлығы төрт айырбастау шарғысы бар: екеуі 300 айналымнан және 100 бен 900 айналымды екеу. Біліктің көлденең қимасының мөлшері 16 х 12 мм. Трансформатор орамының істікшесі бар өткізгіштер көмегімен қуаттау көзіне және жүктемеге қосылуы мүмкін. Трансформатор қуат көзі үш фазалы көздің А және N қысқыштарымен алынатын фазалық кернеумен жүзеге асырылады. Өлшегіш аспаптар айнымалы токта жұмыс жасайтын мультиметрлер және ваттметр болып табылады. Жүктеме 22 бастап 330 Ом-ға дейінгі кедергісі бар резисторлар жиынтығы болады.
Трансформатор шарғыларының атаулы өлшемдері Л17.1 кестеде келтірілген.
л17.1 кесте

Таблица Л17.1

w	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, мА	$R_{ном}$, Ом	$S_{ном}$, В·А
100	2,33	600	0,9	1,4
300	7,0	200	4,8	1,4
900	21,0	66,7	37	1,4

Всероссийский на русском языке Мизгирель

2. Зертханалық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа даярлық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, берілген тақырып бойынша теориялық мәліметтермен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақтар хаттамасын дайындау.
3.2. Л17.1 кесте деректерін пайдаланып, трансформация коэффициентін, магниттік ағын және магниттік индукция мәндерін есептеу

Формулалар мен есептеулер нәтижелерін сынақ хаттамасына енгізу. Хаттамада Л17.2 кестені толтыру. Қайталама орам айналымдарының санын w2 оқытушы көрсетеді.

Зертханада орындалады

3.3. Трансформатор конструкциясымен көрсету макеті көмегімен танысу. Сынақ хаттамасына трансф орматордың төлқұжаттық деректерін енгізу.

3.4. Бастапқы орамда атаулы кернеу кезінде бос жүріс тәжірибесін жүргізу. Ол үшін Л17.1, а суретте келтірілген схемасыға сәйкес ЭЦ жинау. Бастапқы орам w1 ретінде 300 айналымды шарғыны пайдалану, қайталама w2— оқытушы нұсқауымен.

ЭЦ тексергеннен кейін оқытушы бастапқы орамға U1= 7 В кернеу береді және барлық аспаптар көрсетілімдерін алу. Өлшеулер нәтижелерін Л17.3 кестеге енгізу.

3.5. Қайталама орамда және кернеу бастапқыға төмендетілгенде атаулы тоқ болғанда қысқа тұйықталу тәжірибесін жүргізу. Ол үшін Л17.1, б. суретте келтірілген схемасыға сәйкес ЭЦ жинау.

Қуат көзін қосу және қайталама орамда тоқ атаулыға теңескенге дейін бастапқы орамдағы кернеуді біртіндеп көбейту. Барлық аспаптар көрсеткіштерін алу. Өлшеулер нәтижелерін Л17.4 кестеге жазу.

Трансформатордың сыртқы сипаттамасын U2= f(I2) алу, ол үшін Л17.2 суретте келтірілген схемасыға сәйкес ЭЦ жинау.

Бастапқы орамға атаулы кернеу беру және Л17.5 кестеде берілген мәндерге сәйкес жүктеме кедергісін RK орната отырып,мәндердің әрқайсысында аспаптар көрсеткіштерін алу. Өлшеулер нәтижелерін Л17.5 кестеге жазу.

3.6. Сынақ хаттамасын оқытушымен келіскеннен кейін стенд қуат көзін сөндіру, ЭЦ бөлшектеу, сымдарды және мини-бло¬ктарды орнына қою, жұмыс орнын тәртіпке келтіру.

4. Сынақтар хаттамасы және № 17 жұмыс туралы есеп

Бір фазалы трансформаторды сынау

4.1. Жұмыстың мақсаты_____
_____
_____

4.2. Формулалар мен алдын-ала есептеулер.

$U_1 =$ _____; $U_2 = k_{21} =$ _____;

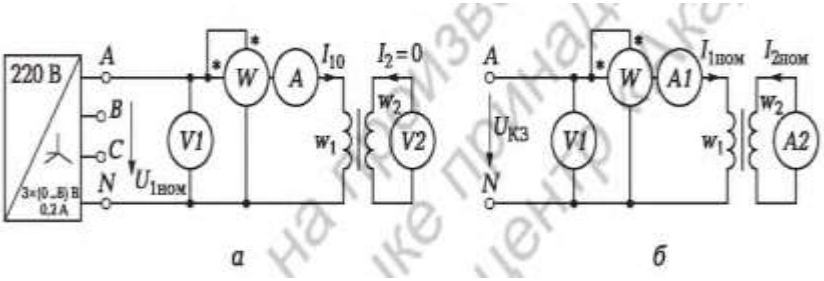
$\Phi_{max} =$ _____; $B_{max} =$ _____.

Таблица Л17.2. Паспортные данные трансформатора				
w	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, мА	$R_{ном}$, Ом	$S_{ном}$, В·А
$w_1 = 300$	7,0	200	4,8	1,4
$w_2 =$				

Трансформатор білігі қимасының ауданы Sм= 0,016- 0,012 = = 2 • 10-4 м2

.

4.3. Электрлік тізбектер схемасы және кестелер



Л17.1 сур. Трансформатордағы шығындарды өлшеу үшін ЭЦ схемасы: а — бос жүріс тәжірибесі; б — қысқа тұйықталу тәжірибесі

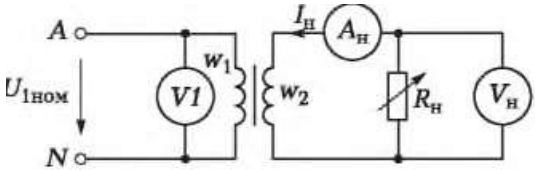
Л17.3 кесте

Таблица Л17.3								
U_1, В	U_2, В	I_{10}, мА	P_0, Вт	w_1	w_2	$k_{21} = U_2/U_1$	Φ_{max}, Вб	B_{max}, Тл

Л17.4 кесте

Таблица Л17.4								
$U_{КЗ}$, В	$I_{1ном}$, мА	$I_{2ном}$, мА	$P_м$, Вт	w_1	w_2	$k_{21} = I_1/I_2$	Φ_{max}, Вб	B_{max}, Тл

Л17.2. сур Трансформатордың сыртқы сипаттамасын алу үшін ЭЦ схемасы



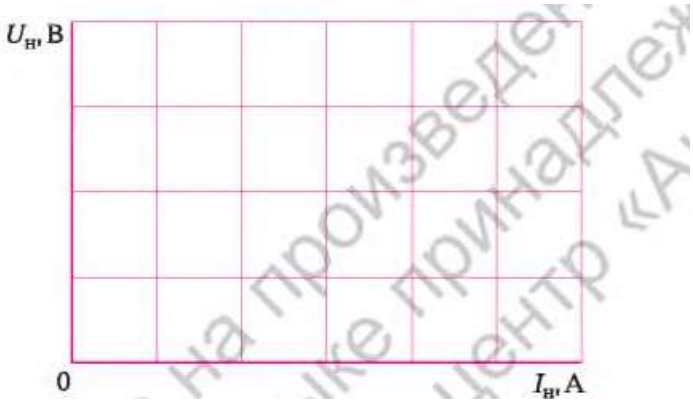
Л17.5 кесте

Таблица Л17.5						
$R_н$, Ом	XX	330	220	100	47	22
$I_н$, А						
$U_н$, В						

Ескертпе. Rн мәндері w2= 300 болатын жағдайға көрсетілген. w2= 900 болғанда бұл мәндерді 10 есе ұлғайту керек, ал w2= 100 болғанда — 10 есе азайту.

Топ _____Оқушы _____ Күні_____
Оқытушы_____

4.4. Есептік-графикалық бөлік.



Л17.3 сур. Трансформатордың сыртқы сипаттамасы

4.5. Қысқаша қорытындылар
Топ _____Оқушы _____ Күні_____
Оқытушы_____

5. Есептің есептік-графикалық бөлігіне талаптар

5.1. Л17.3 кестесі деректері негізінде кернеу бойынша трансформация коэффициентін, қайталама орам айналымдарының санын, магниттік ағынның және біліктегі магниттің индукцияның ең жоғары мәндерін есептеу. Есептеулер нәтижелерін Л17.3 кестеге жазу.

5.2. Л17.4 кестесі деректері негізінде тоқ бойынша трансформация коэффициентін, магниттік ағынның және біліктегі магниттің индукцияның ең жоғары мәндерін есептеу. Есептеулер нәтижелерін Л17.4 кестеге жазу.

5.3. Л17.5 кестесі деректері негізінде Л17.3 суретте трансформатордың сыртқы сипаттамасын құру және атаулы жүктеме кезіндегі пайызбен кернеу өзгеруін анықтау.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Трансформатор жұмысының негізіне қандай қағида алынған?
2. Трансформатор қандай негізгі бөліктерден тұрады?
3. Трансформатор білігі қандай материалдан әзірленеді
4. Трансформатор білігі неліктен бір-бірінен элкетрлік тұрғыдан оқшауланған жұқа пластиналардан жасалады?
5. Трансформация коэффициенті дегеніміз не және ол қалай анықталады?
6. Бос жүріс тәжірибесі не үшін жүргізіледі?
7. Қысқа тұйықталу тәжірибесі не үшін жүргізіледі?
8. Қысқа тұйықталу тәжірибесі бастапқы орамда қандай кернеумен жүргізіледі?
9. Атаулы режимде жұмыс істеу кезінде трансформатордағы негізгі шығындарды атаңыз.

№ 18 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Тұрақты тоқ генераторын сынақтан өткізу

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Тұрақты тоқ машинасы конструкциясын зерттеп-білу.
1.2. Қозғалтқыш-генератор жүйесін іске қосуды үйрену.
1.3. Генератордың бос жүріс сипаттамасын алу.
1.4. Генератордың сыртқы сипаттамасын алу.

2. Сынақ объекті және құралдары

Сынақ объекті генератор режимінде жұмыс жасайтын тәуелсіз қозулы тұрақты тоқ машинасы (ТТМ) болып табылады. Машинаның қозуы екі жартылай кезеңдік тіктегіш арқылы автотрансформатордан жүзеге асырылады. Генератор жетегі қысқа тұйықталған роторлы үш фазалы асинхронды қозғалтқыш болады. генератор жүктемесі реостаттар болып табылады.

ТТМ негізгі техникалық сипаттамалары
Атаулы қуаттылық,
Вт_____ 90
Зәкір орамы атаулы кернеуі, В_____ 220

Зәкір орамы атаулы тогы, А_____ 0,56
Қозу орамы атаулы кернеуі, В_____ 220
Қозу орамы атаулы тогы, А _____0,2
Айналудың атаулы жиілігі, айн/мин_____ 1 500
Пайдалы әрекет кәффициенті, %_____ 57,5

3. Зертханалық жұмысқа тапсырма
Жұмысқа даярлық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, берілген тақырып бойынша теориялық мәліметтермен және жұмыс орындалатын стендтегі мәліметтермен танысу (2 қосымшаны қар.). Жұмыс дәптерінде сынақтар хаттамасын дайындау.
Зертханада орындалады
3.2. Көрсету макетінің көмегімен тұрақты тоқ машинасының конструкциясымен танысу, коммутаия және қозғалтқыш – генератор жүйесін коммутациясы және басқару схемасын оқып-білу, қолданылатын өлшеу құралдарын анықтау.
Сынақ хаттамасына генератордың төлқұжаттық деректерін енгізу.
3.3. Қозғалтқыш - генератор жүйесін іске қосуды мына ретпен жүезеге асыру:
3.3.1. Барлық құрылғылардың қорғаныштық жерге тұйықтылу ұяларын жиілікті өзгерткіш «РЕ» ұясымен біріктіру. автотрансфор¬матор тұтқасын сағат тіліне қарсы бұрап, шеткі күйге қою.
ЭЦ жинау, схемасы Л18.1 суретте келтірілген, ол үшін шістікшелермен стенд және электрлік машиналары бар пластформаны сымдар көмегімен жалғау, орамдар ұштарының белгіленуіне назар аудару. Асинхронды қозғалтқыштың статорлық орамдарын жұлдызбен жалғау. Элекртлік машиналар орамдарына өлшеу аспаптарын жалғау. Белсенді жүктемені айырып-қосқышты «0» күйіне қою;
3.3.2. ЭЦ тексергеннен кейін оқытушы сөндіргіштерді және бір фазалы көзді қорғаныштық сөндіру құрылғысын қосады, сынаққа қатысатын барлық блоктарда «Желі» сөндіргіштерін қосу;
3.3.3. «Дисплейде жолды/бетті таңдау» жиілікті өзгерткіште түймелермен «№ 1 эксперимент: асинхронды қозғалтқыш жұмыс режимдерін зерттеу» жұмыс режимін таңдау. «Дисплейде ақпаратты таңдау» түймесімен

«Өзгеретін өлшемдер массивін» таңдау. «Дисплейде жолды/бетті таңдау» және «Өлшем мәнін өзгерту» түймелерімен «Uатаулы — 220 В, сипаттама типі — сызықтық, 1 шығыс — жылдамдық, 2 шығыс — жылдамдық, басқару — қолмен» деп таңдау. «Дисплейде ақпаратты таңдау» түймесімен «Бақыланатын өлшемдер массиві».

Жиілікті өзгерткіш «иупр.ручн» реттегішінің көмегімен асинхронды қозғалтқыштың магниттік өрісі айналу жиілігін орнату 157 рад/с (1 500 айн/мин). «Артқа» түймесін басу және қозғалтқыш екпін алған соң дисплейде оның магнит өрісінің айналу жиілігі 157 рад/с көрініп тұрғанына көз жеткізу керек.

3.4. Бос жүріс Е0 = /(4) сипаттамасын алу үшін автотрансформатор көмегімен генератордың қозу тогын 1в ге¬нератора 0 . .. 0,15 А ауқымында біртінеп өзгерту. Көрсетілген ауқым ішінен жеті мән 1в үшін оларға сәйкес келетін Е0 мәндерді өлшеу. Өлшеу нәтижелерін Л18.1 кестеге жазу.

Назар аударыңыз! Кемшіліктерді жою үшін қозу тогын бір ғана бағытта өзгерту (не минималдыдан мак¬сималдыға, не керісінше).

3.5. Сыртқы сипаттаманы U = /(1н) алу үшін авто-трансформатормен генератордың қозу тогын 100 мА етіп орнату. Жүктеме арқылы зәкір тізбегіндегі тоқты нөлден бастап 0,35 А дейін өзгерте отырып, асапаптар көрсеткіштерінің жеті мәнін 1н алу. Өлшеулер нәтижелерін Л18.2 кестеге жазу. Жиілікті өзгерткіштің «Токта» түймесін басу.

3.6. Сынақ хаттамасын оқытушымен келіскеннен кейін автотрансформатор және жүктеме реттегішін нөлдік жағдайға орнату, ЭЦ токтан суыру және бөлшектеу, сымдарды орнына қою, жұмыс орнын тәртіпке келтіру.

4. Сынақ хаттамасы және № 18 жұмыс туралы есеп

Тұрақты тоқ генераторын сынақтан өткізу

4.1. Жұмыс мақсаты

_____
_____
_____
_____

4.2. Генератордың төлқұжаттық деректері

_____
_____
_____
_____

4.3. Электрлік тізбек пен кестенің схемасы

_____
_____
_____
_____

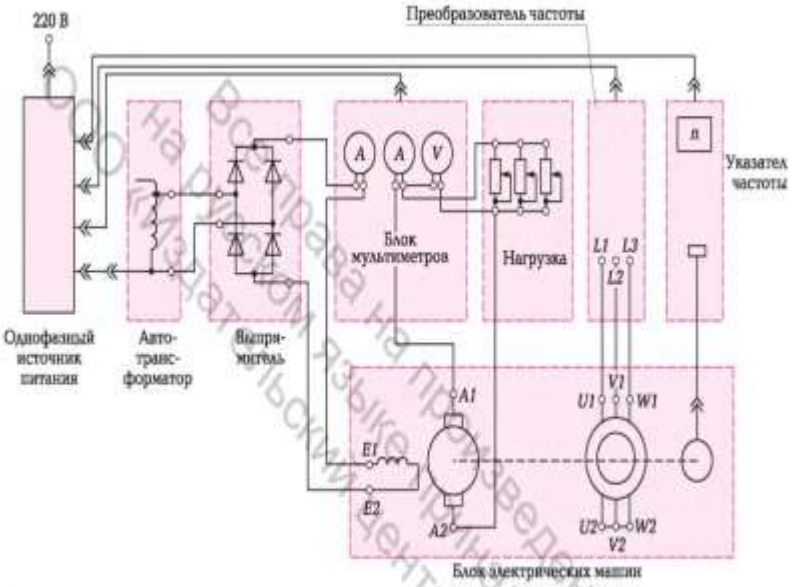


Рис. Л18.1. Схема ЭЦ для испытания генератора постоянного тока

Жиілікті өзгерткіш

Л18.1 сур. Тұрақты тоқ генераторын сынау үшін ЭЦ схемасы

Надписи: Однофазный источник питания – Бір фазалы қуат көзі
Автотрансформатор – Автотрансформатор
Выпрямитель – Тіктегіш
Блок мультиметров – Мультметрлер блогы
Нагрузка – Жүктеме
Указатель частоты – Жиілікті нұсқаушы
Блок электрических машин – Электрлі машиналар блогы

Л18.1 кесте

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
E_0, В							
$I_в$, мА							

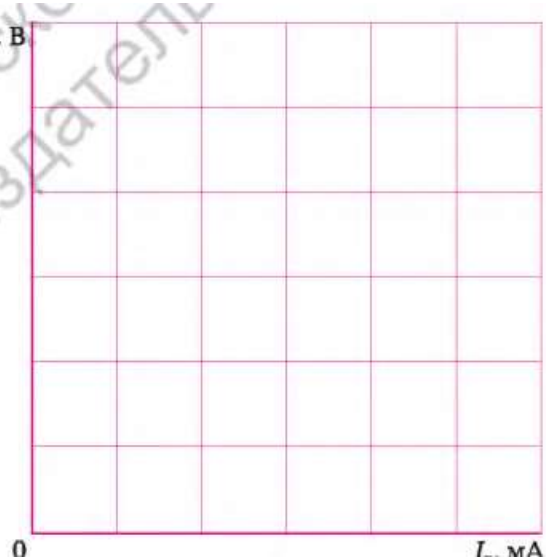
Л18.2 кесте

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
U, В							
$I_в$, мА							
n, об/мин							

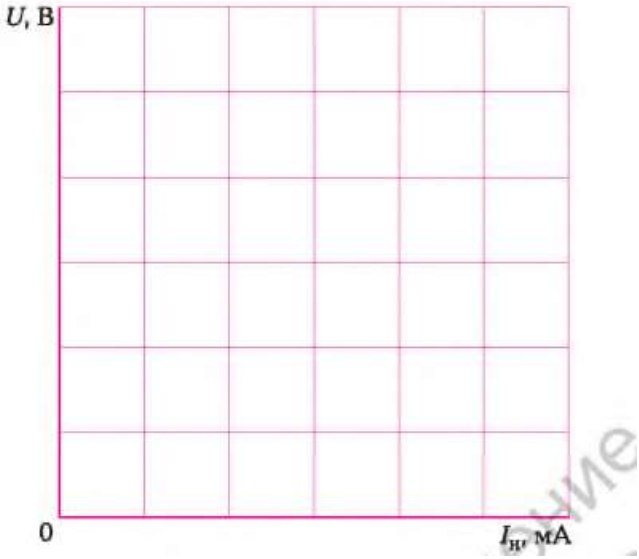
Топ _____Оқушы _____ Күні_____
Оқытушы_____

4.4. Есептік-графикалық бөлік. Пайдаланылатын заңдар мен формулалар:

$K_s = AC/AB =$ _____;
$\Delta U\,\% = ((U_{ном} - U)/U_{ном})100\,\% =$ _____.



Л18.2 сур. Генератордың бос жүрісі сипаттамасы



Қысқаша
қорытындылар_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Оқушы_____ Оқытушы_____

5. Есептің есептік-графикалық бөлігіне қойылатын талаптар

5.1. Л18.1 кесте деректері негізінде Л18.2 суретте Е0 = /(4) жаяу жүріс сипаттамасын құру. Ол бойынша атаулы токта генератордың магниттік жүйесі қанығу коэффициентін Ks анықтау. Машинаның қанығу дәрежесі туралы қорытынды жасау.

5.2. Л18.2 кесте деректері негізінде Л18.3 суретте сыртқы сипаттаманы U = /(1н) құру. Атаулы тоқ 1ном болғанда кернеудің пайыздық өзгерісін AU%анықтау. Нәтижелерді сынақ хаттамасына жазу.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындылар жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрлі машиналар жұмысының негізіне қандай заңдар алынған?

2. Тұрақты тоқ машинасы құрамына қандай негізгі тораптар кіреді?
3. Генератор статоры қандай роль атқарады?

4. Генератор коллекторы не үшін қажет?
5. Тұрақты тоқ машинасының қандай бөлігінде ЭҚК индукцияланады?
6. Бірыңғай болат әзірлемеден тұрақты тоқ машинасы статорының магнит өткізгішін әзірлеуге бола ма?
7. Тұрақты тоқ машиналарының қосу тәсілдерін атаңыз.
8. Тұрақты тоқ генераторы өзіндік қозу режимінің мәні неде?
9. Тұрақты тоқ генераторының негізгі сипаттамаларын атаңыз.
10. Бос жүріс сипаттамасын анықтауға мүмкіндік беретін не?

№ 19 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Тұрақты тоқ қозғалтқышын сынақтан өткізу

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Тұрақты тоқ машинасы конструкциясын зерттеп-білу.
1.2. Электрлі машиналар блогын іске қосуды үйрену.
1.3. Қозғалтқыштың электр-магниттік сипаттамасын алу.
1.4. Қозғалтқыштың айналу жиілігін полюстік реттеумен схемасыны сынау.

2. Зерттеу объекті және құралдары

Сынақ объекті қозғалтқыш режимінде жұмыс жасайтын қосарлы қозулы тұрақты тоқ машинасы болып табылады. Қозғалтқыштың зәкірлік тізбегі және қозу орамы қуат көзі екі жартылау кезеңдік тіктегіш арқылы автотрансформатордан жүзеге асырылады. Тұрақты тоқ қозғалтқышы жүктемесі ротор айналымының өзгермелі жиілігімен үш фазалы асинхронды машина болады.

ТТМ негізгі техникалық сипаттамалары
Атаулы
қуаттылық,Вт_____ 90

Зәкір орамының атаулы
кернеуі,В_____ 220
Зәкір орамы атаулы тогы,
А_____ 0,56
Қозу орамы атаулы кернеуі,
В_____ 220
Қозу орамы атаулы тогы, А
_____0,2
Айналудың атаулы жиілігі,
айн/мин_____ 1 500

Пайдалы әрекет
коэффициенті,%_____ 57,5

5. Зертханалық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа даярлық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, берілген тақырып бойынша теориялық мәліметтермен танысу. Жұмыс дәптерінде сынақ хаттамасын даярлау.
Зертханада орындалады
3.2. Көрсету макетінің көмегімен тұрақты тоқ машинасының құрылымымен танысу, коммутация және басқару схемасын зерттеу, қолданылатын өлшеу құралдарын анықтау.
Сынақ хаттамасына қозғалтқыштың төлқұжат деректерін енгізу.
3.3. Тұрақты тоқ қозғалтқышын қосуды келесі реттелікте қоздырумен бірге жүзеге асыру:
3.3.1. Барлық құрылғылардың қорғаныштық жерге тұйықтау ұяшықтарын жиілікті түрлендіргіштің «PE» ұяшығымен қосу. Автотрансфор¬матордың тұтқасын сағат тіліне қарсы айналдырып, шеткі күйге қою.
Л19.1 суретте берілген схемасы бойынша ЭТ жинау, ол үшін істікшелі сымдардың көмегімен орауыш ұштарының белгілеріне көңіл аударып, электр машиналары бар тұғырнама мен стендті қосу қажет. Асинхрондық машинаның статорлық орауыштарын жұлдызшамен қосу қажет. Электрлік машиналардың орауыштарына өлшеу аспаптарын қосу. Қоздыру реостатының тұтқасын «0» күйіне орнату қажет;
3.3.2. Оқытушымен ЭТ тексергеннен кейін оқытушымен автоматты ажыратқышты және бір фазалы қуат көзінің қорғаныстық ажырату құрылғысын қосып, сынаққа қатысатын барлық блоктарда «Желі» ажыратқыштарын қосу;
3.3.3. Автотрансформатордың көмегімен тұрақты тоқ қозғалтқышын n = 1 300 айн/мин дейінгі айналу жиілігіне дейін үдету;
3.3.4. «Дисплейден жолақты/бетті таңдау» жиілікті түрлендіргіш батырмаларымен «№1 эксперимент: асинхрондық қозғалтқыштың жұмыс режимдерін зерттеу» таңдау. «Дисплейдегі ақпаратты таңдау батырмасымен» «Өзгеретін параметрлер ауқымын» таңдау. «Дисплейдегі жолақты/бетті таңдау» және «Параметр мәнінің өзгеруі» батырмасымен: «U номиналды — 220 В, сипаттама түрі — сызықтық, шығу 1 — жылдамдық, шығу 2 — жылдамдық, басқару — қолмен» таңдау. «Дисплейден ақпаратты таңдау» батырмасымен «Бақыланатын параметрлер ауқымын» таңдау.
Жиілік түрлендіргішінің «ибасқ.қолм» реттегіші көмегімен асинхрондық машинаның магниттік өрісі айналымының жиілігін 136 рад/с (1 300 айн/мин) орнату және «Алға» батырмасын басу.

3.4. Қозғалтқыштың электромеханикалық сипаттамсы п = /(7я) шешіп алу үшін, жиілік түрлендіргішінің «Цщр.қолмн» реттегішін сағат тілі бойымен және оған қарсы бұрай отырып, қозғалтқыш зәкірінің тогын баяу 1я өзгерту қажет. 1я жеті мәні үшін оларға сәйкес келетін n айналымы жиілігінің көрсеткішін анықтау қажет. Өлшеу нәтижелерін Л19.1. кестеген енгізу қажет.
«Токта» батырмасымен үш фазалы асинхрондық машинаны сөндіп, ал «Желі» батырмасымен – жиілік түрлендіргішін тоқтату қажет. Автотраенсформатор тұтқасын тірелгенше сағат тіліне қарсы бұрау қажет.
3.5. Тұрақты тоқ қозғалтқышының айналу жиілігін реттеу үшін қозу ағыны мен n = /(7в) тәуелділігін шешу есебінен, автотрансформатордың көмегімен тұрақты тоқ қозғалтқышының айналу жиілігін 1 000 айн/мин орнату. Қозу реостатының нөлден максималды шамаға дейін кедергісін өзгерте отырып (реостат тұтқасын сағат тілі бойымен айналдырып), қозу тізбегіндегі 1в тоқты азайту. 1в жеті мәні үшін оларға сәйкес келетін п. айналу жиілігінің көрсеткішін анықтау. Өлшеу нәтижелерін Л19.2. кестеге енгізу. Жиілік үрлендіргішінің «Тоқта» батырмасына басу.
3.6. Сынақ хаттамасы оқытушымен келісілгеннен кейін, автотрансформатор және қозу реостатының реттегіштерін нөлдік күйге орнату, ЭТ токтан ажырату және бөлшектеу, өткізгіштерді орнына жинап, жұмыс орнын ретке келтіру.

6. Сынақ хаттамасы және №19 жұмыс жөнінде есеп

Тұрақты тоқ қозғалтқышына сынақ жүргізу

4.1. Жұмыс мақсаты

_____

_____

4.2.Қозғалтқыштың төлқұжат деректері

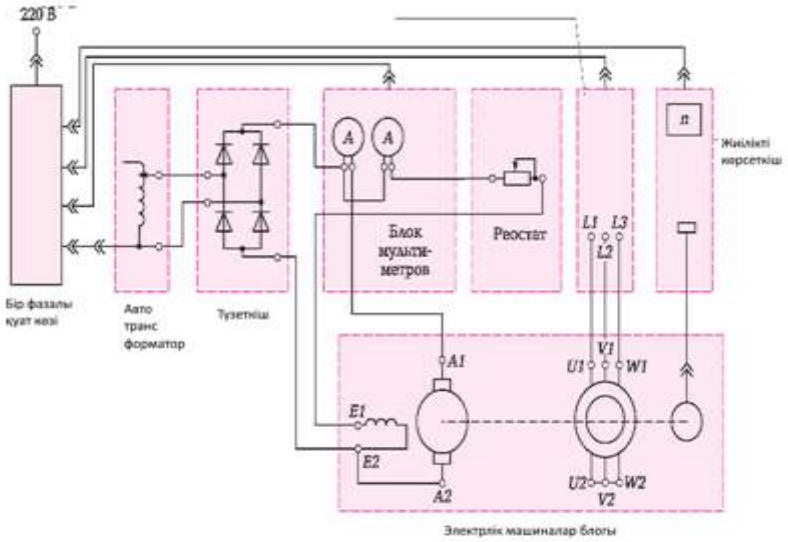
_____

_____

4.3. Электрлік тізбек пен кестенің схемасы

_____

_____



Л19.1. сур. Тұрақты тоқ қозғалтқышын сынау үшін ЭТ сызбасы

Жиілік түрлендіргіші

Л19.1 кесте

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
$I_я$, мА							
n, об/мин							

Л19.2 кесте

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
$I_я$, мА							
n, об/мин							

Топ _____Оқушы _____ Күні_____
Оқытушы_____

4.4. Есептік-графикалық бөлімі.

Л19.2 сур. Қатар қоздырғышпен тұрақты электр тогы қозғалтқышының электромеханикалық сипаттамасы
п, айн/мин

О 1В, мА

Л19.3 сур. Қоздырғыш тогынан тұрақты тоқ қозғалтқышының қатар қоздырғышпен айналу жиілігінің тәуелділігі

Қысқаша
қорытындылар_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Оқушы_____ Оқытушы_____

5. Есептің есептік-графикалық бөлігіне қойылатын талаптар

5.1. Л19.1 кестедегі мәліметтердің негізінде Л19.2 суретке n = /(7я) қатар қоздырғышпен тұрақты тоқ қозғалтқышының электромеханикалық сипаттамасын құру.

5.2. Л19.2 кестедегі мәліметтердің негізінде Л19.3 суретінде n = Д7в) қоздырғыш тогынан тұрақты тоқ қозғалтқышының айналу жиілігінің тәуелділігін құру.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындылар жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрлік машиналар жұмысының негізіне қандай заңдар салынды?
2. Тұрақты тоқ машинасының құрамына қандай негізгі түйіндер кіреді?
3. Тұрақты тоқ қозғалтқышының статоры қандай рөлге ие?
4. Қозғалтқыш роторы қандай рөлге ие?
5. Қозғалтқыш коллекторы қандай рөлге ие?
6. Тұрақты тоқ машинасы статорының магниттік сымын жалғыз бір болат дайындамадан әзірлеуге болады ма?
7. Тұрақты тоқ машиналарының қозу әдістерін атаңыз.
8. Тұрақты тоқ қозғалтқышының кері қимылдау әдістерін атаңыз.
9. Тұрақты тоқ қозғалтқышының негізгі қолданылуы қандай?

№20 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

Қысқа тұйықталған роторлы үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың сынақтары

1. Жұмыс мақсаты
1.1. Асинхрондық қозғалтқыштың құрылымын зерделеу.
1.2. Асинхрондық қозғалтқышты қосуды жүзеге асыруды үйрену.
1.3. Асинхонды қозғалтқыштың кері қимылдау әдістерін зерделеу.
1.4. Асинхронды қозғалтқыштың жиіліктік сипаттамасын алу.

2. Сынақ нысаны мен құралдары

Қысқатұйықталған роторлы үш фазалы асинхронды қозғалтқыш сынақ нысаны болып табылады.
Өлшеу құралдары ретінде ауыспалы тоқтың амперметрі және вольтметрі режимінде жұмыс істейтін мультиметрлер қолданылады.
АҚ басқару және коммутациясының электрлік тізбектері істікшелі өткізгіштердің көмегімен электрлік машиналар тұрған тұғырнамаға қосылады.

АҚ негізгі техникалық сипаттамалары

Статордағы фазалардың саны 3
Статор орауыштарындағы тоқтың номиналды жиілігі, Гц 50
Статор орауыштарының қосылу схемасы немесе Қозғалтқыштың номиналды қуаты, Вт..... 120
Қозғалтқыштың номиналды кернеуі, В.....220
Орауыштарды жұлдызша/үш бұрыш түрінде қосу кезіндегі қозғалтқыштың номиналды тогы, А 0,44/0,76 Пайдалы әрекет коэффициенті, %.....63
Қуат көзі коэффициенті (cos ср) 0,66.....1 350

3. Зертханалық жұмысқа тапсырма

Жұмысқа даярлық кезінде орындалады

3.1. Зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, осы тақырып бойынша теориялық мәліметтермен танысу. Жұмыс дәптеріне сынақ хаттамасын дайындау.
Зертханада орындалады
3.2. Көрсету макетінің көмегімен қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың құрылымымен танысу, қозғалтқышты басқару және коммутациясының схемасымен танысу, қолданылатын өлшеу құралдарын анықтау.
Сынақ хаттамасына қозғалтқыштың төлқұжат мәліметтерін енгізу.
3.3. Қозғалтқышты қосуды келесі реттілікпен жүзеге асыру:

3.3.1. Барлық құрылғылардың қорғаныштық жерге тұйықтау ұяшықтарын жиілік түрлендіргішінің «PE» ұяшығымен қосу.
Л20.1 суретте берілген схемасы бойынша ЭТ жинау, ол үшін істікшелі өткізгіш сымдардың көмегімен электр машиналары бар тұғырнама мен стендті қосу қажет. Орауыш ұштарының белгілеріне көңіл аударып, ЭТ асинхрондық қозғалтқышты қосу қажет. Асинхрондық қозғалтқыштың статорлық орауыштарын жұлдызшамен қосу. Электрлік машиналардың орауыштарына өлшеу аспаптарын қосу;
3.3.2. Оқытушы ЭТ тексергеннен кейін оқытушымен автоматты ажыратқышты және бір фазалы қуат көзінің қорғаныстық ажырату құрылғысын қосып, сынаққа қатысатын барлық блоктарда «Желі» ажыратқыштарын қосу;
3.3.3. «Дисплейден жолақты/бетті таңдау» жиілікті түрлендіргіш батырмаларымен «№1 эксперимент: асинхрондық қозғалтқыштың жұмыс режимдерін зерттеу» таңдау. «Дисплейдегі ақпаратты таңдау батырмасымен» «Өзгеретін параметрлер ауқымын» таңдау. «Дисплейдегі жолақты/бетті таңдау» және «Параметр мәнінің өзгеруі» батырмасымен: «U номиналды — 220 В, сипаттама түрі — сызықтық, шығу 1 — жылдамдық, шығу 2 — жылдамдық, басқару — қолмен» таңдау. «Дисплейден ақпаратты таңдау» батырмасымен «Бақыланатын параметрлер ауқымын» таңдау.
Жиілік түрлендіргішінің «ибасқ.қолм» реттегіші көмегімен асинхрондық қозғалтқыштың магниттік өрісі айналымының жиілігін 157 рад/с (1 500 айн/мин) орнату. «Алға» батырмасын басып, жылдамдықты үдеткен соң, 157 рад/с тең магниттік өрісінің айналу жиілігі дисплейде бейнеленгендігіне көз жеткізу қажет.
3.4. АҚ орауыштарын жұлдызшамен қосқанда тұтынылатын 1л желілік тоқты, ил желілік кернеуді және п айналу жиілігін өлшеу. Өлшеу нәтижелерін сынақ хаттамасына енгізу қажет. Жиілік көрсеткіші нұсқарының ауытқу бағытын жазып алу. Жиілік түрлендіргішінің «Тоқта» батырмасына басу.
3.5. Асинхрондық қозғалтқыштың орауыштарын үш бұрыш ретінде қосу, ол үшін өткізгіштердің көмегімен U2 өткізгішті VI, V2 — Wl, W2 — U1 өткізгіштерімен қосу. «Алға» батырмасын басу және
АҚ орауыштарын үш бұрышпен қосқанда тұтынылатын 1л желілік тоқты, ил желілік кернеуді және п айналу жиілігін өлшеу. Өлшеу нәтижелерін сынақ хаттамасына енгізу қажет. Жиілік түрлендіргішінің «Тоқта» батырмасына басу
3.6. V1 және W1 өткізгіштерінің орнын ауыстырып, асинхрондық қозғалтқыштардың орауышын қайта қосу. «Алға» батырмасын басу және қозғалтқышты үдетуден кейін АҚ орауыштарын жұлдызшамен қосқанда тұтынылатын 1л желілік тоқты, ил желілік кернеуді және п айналу жиілігін өлшеу. Өлшеу нәтижелерін сынақ хаттамасына енгізу қажет. Жиілік көрсеткіші нұсқарының ауытқу бағытын жазып алу. Жиілік түрлендіргішінің «Тоқта» батырмасына басу қажет.
3.7. Асинхрондық қозғалтқыштың жиіліктік сипаттамасын алу үшін қуат көзі жиілігі өзгергенде, «Алға» батырмасын басу және қозғалтқыш үдей түскенде, жиілік түрлендіргішінің «ибас.қолм» реттегішінің көмегімен АҚ магниттік өрісінің айналу жиілігін 150 ден 25 рад/с дейінгі диапазонда өзгерту. Жиілік түрлендіргішінің дисплейінен оқылатын f, рад/с магниттік өрісі

жиілігінің алты мәні үшін оларға сәйкес келетін п, айн/мин қозғалтқыштың айналу жиілігі нұсқарының көрсеткішін анықтау. Нәтижелерді Л20.1 кестеге енгізу қажет.
«Тоқта» батырмасынмен үш фазалы асинхронды машинаны сөндіру, ал «Желі» батырмасымен – жиілік түрлендіргішін сөндіру қажет.
3.8. Сынақ хаттамасы оқытушымен келісілген соң, ЭТ токтан ажырату, бөлшектеу, өткізгіштерді орнына жинау, жұмыс орнын ретке келтіру қажет.

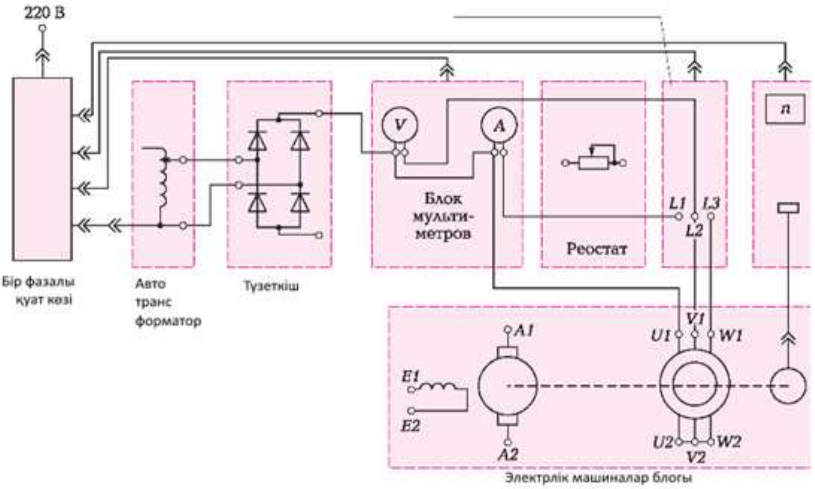
4. Сынақ хаттамасы және № 20 жұмыс жөнінде есеп

Қысқа тұйықталған роторлы үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың сынағы

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Қозғалтқыштың төлқұжат деректері_____

4.3. Электрлік тізбек пен кестенің схемасы_____



$L1-U1, L2-V1, L3-W1$: $I_{XX}^{\curlywedge}$ = _____; $U_{A}^{\curlywedge}$ = _____;
$n^{\curlywedge}$ = _____; I_{XX}^{Δ} = _____; U_{A}^{Δ} = _____; n^{Δ} = _____.

$L1-U1, L2-W1, L3-V1$: $I_{XX}^{\curlywedge}$ = _____; $U_{A}^{\curlywedge}$ = _____;
$n^{\curlywedge}$ = _____.

Жиілік түрлендіргіші

Л 20.1 сур. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш сынағы үшін ЭТ схемасы

I жиілік көрсеткіші

Л 20.1 кесте

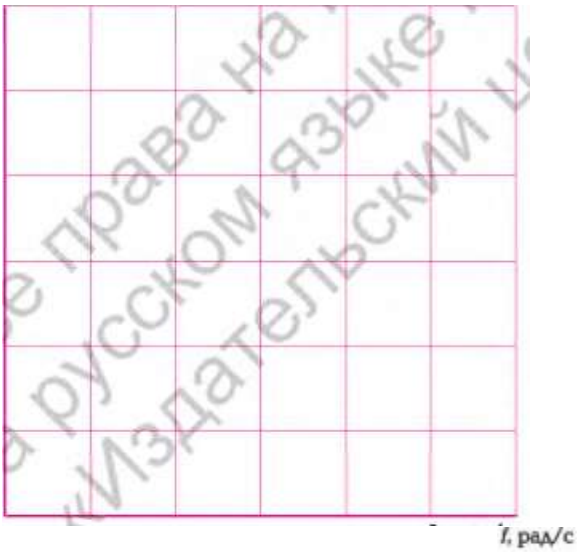
№ опыта	1	2	3	4	5	6
f, рад/с						
n, об/мин						

Топ _____ Оқушы_____ Күні_____
Оқытушы_____

4.4. Есептік-графикалық бөлім. Қолданылатын формулалар мен ара қатынасы:

$I^{\Delta}_{XX}/I^{\Delta}_{XX}$ = _____; p^{Δ}/p^{Δ} = _____;

бос жүрісті асинхронды қозғалтқыштың сырғанауы Sxx = п, айн/мин



Л20.2 сур. n асинхрондық қозғалтқыш айналымы жиілігінің f магниттік өріс айналымы жиілігіне тәуелділігі (АҚ жиіліктік сипаттамасы)

4.5. Қысқаша қорытындылар

Оқушы _____
Оқытушы _____

Есептің есептік-графикалық бөлігіне қойылатын талаптар

5.1. Қозғалтқыштың іске қосылу мәліметтері бойынша статор орауыштарын қосудың схемасы әртүрлі болғанда, бос жүріс токтарының еселілігін есептеу. Орауыштарды үш бұрыш және жұлдызша ретінде қосқан

жағдайда, бос жүріспен жұмыс кезінде қуаттылықтың еселігін анықтау. Есептеу нәтижелерін сынақ хаттамасына келтіру.

5.2. АҚ БХХ бос жүрісте сырғанауын анықтау, нәтижесін сынақ хаттамасына жазу.

5.3. Л20.1 кестесінің мәліметтері негізінде Л20.2 суретке АҚ n = Y(f) жиіліктік сипаттамасын жазу.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытындылар жасау.

БАҚЫЛАУ сұрақтары

1. Электрлік машиналар жұмысының негізіне қандай заңдар салынды?
2. Асинхрондық машинаның құрамына қандай негізгі түйіндер кіреді?
3. Қозғалтқыштың статоры қандай рөлге ие?
4. Қандай мақсатта ауыспалы тоқ қозғалтқышының статоры мен роторын электротехникалық болаттың жіңішке таңбаланған тілімдерінен әзірлейді?
5. Асинхронды қозғалтқыш роторының айналу бағытын қалай өзгертуге болады?
6. Асинхрондық қозғалтқыштың айналу жиілігін қалай өзгертуге болады?
7. Не себепті АҚ роторы айналмалы магниттік өріске «жете алмайды»?
8. Қысқа тұйықталған роторлы асинхрондық қозғалтқыш қай жерде қолданылады?

8 Тарау

ЭЛЕКТРЛІК ЭНЕРГИЯНЫ ӨНДІРУ ЖӘНЕ ҮЛЕСТІРУ

8.1.ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУ

ТЕОРИЯ

8.1.1. Электрлік энергияның дәстүрлі көздері

Электрлік тізбек — бұл электр тогы өтуін қамтамасыз ететін құрылғылар жинағы. Бұл құрылғылар ең алдымен электр энергиясының көздері, электр тарату желілері және электрлік энергияның тұтынушылары (жүктеме) болып табылады. Электр энергиясын жүктемеге келтіру үшін оны өндіру, беру және жеке тұтынушылар арасында тарату қажет.

Өндірілетін электр энергиясының үлкен бөлігі электромашиналық генераторлардың, келесі бастапқы (жетектік) қозғалтқыштардың көмегімен өндіріледі:

- бу турбинасы (жылу және атом электростанцияларында);
- гидравликалық турбина (гидравликалық электростанцияларда).

Көрсетілген жағдайларда электромашиналық генератор ретінде роторы турбина білігімен байланысты үш фазалы синхрондық машина қолданылады. Жетектік қозғалтқышқа байланысты, синхрондық генератордың құрылымдық схемасы әртүрлі болуы мүмкін. Егер бу турбинасында айналу жиілігі 3 000 айн/мин жетсе, онда гидравликалық турбинада ол 150 айн/мин асады. Сондықтан 50 Гц өнеркәсіптік жиілік кернеуін алу үшін тур¬богенератор полюстері айқын көрінбейтін тез жүретін екі полюсті машина болуы тиіс, ал гидрогенератор — жай жүретін көп полюсті (100 полюске дейін) полюстері айқын көрінетін машина болуы тиіс.

Бұл машиналардың роторлары құрылымы бойынша өзгешеленеді. Бұл жөнінде 7.5.3. бөлімде айтылған.

Дербес электростанцияларда жетектік қозғалтқыш ретінде ішкі жану қозғалтқышы қолданылуы мүмкін. Бұл электростанциялар әдетте, шалғайлдағы жолы қиын жерлерде немесе электр беру желілері жүргізілмеген жерлерде қолданылады (геологиялық барлау экспедицияларының лагерлері, бұға өсірушілердің тұрақтары, саяжай телімдері және с.с.).

Электр энергиясын алу үшін күн энергиясы, геотермалды, көтерілу мен қайту энергиясы, теңіз толқындарының энергиясы және б. қолданылуы мүмкін.

Энергияның барлық қарастырылған түрлерін жаңғыртылатын және жаңғыртылмайтындарға бөлуге болады. Жанатын отынның энергиясы (көмір, мұнай, газ, шымтезек, қатпарлы тас) және ядролық отынның энергиясы

жаңғыртылмайтын болып табылады. Энергияның қалған басқа түрлерінің барлығы – жаңғыртылады, соның ішінде соңғы уақытта Батыста кеңінен қолданылатын жанатын биологиялық массаның энергиясы.

Әрине, жаңғыртылмайтын энергияны қолдану болашақ ұрпақ көзқарасы бойынша бейберекеттік, бірақ нақ жылу электростанциялары (ЖЭС) әлемде электр энергиясының үлкен бөлігінің өндірілуін қамтамсыз етеді — шамамен 63 % (Ресейде — 67 %). Бұл электрлік энергия өндірісінен басқа, олар елді мекендерді жылуымен және ыстық сумен қамтамасыз етуге қабілеттілігімен байланысты. Мұндай электр станциялар жылу¬электрорталықтары (ЖЭО) деп аталады. Олардың пайдалы әрекет коэффициенті 70 % дейін жетуі мүмкін. Олар тікелей елді мекендердің жанында орналасқан.

Электр энергиясының өндірісіне ғана арналған күшті ЖЭС, әдетте, ондаған жылдар бойы олардың жұмысын қамтамасыз ететін табиғи ресурстар едәуір шоғырларының жанында салынады (мысалы, Екібастұз жылу электрстанциясы Екібастұз көмір бассейнінің жанында салынған). Олардың пайдалы әрекет коэффициенті әдетте 30 % аспайды.

Атомдық электр станциялар да (АЭС) жылулық электр станцияларына жатады. Олар су буының энергиясын бу турбинасының механикалық энергиясына түрлендіреді, ол электрлік энергияны өндіретін генератордың роторын айналдырады. Бірақ АЭС-да атомдық реакторда басқарылатын тізбектік реакцияны жүзеге асыруға мүмкіндік беретін радиобелсенді уран 235 отын ретінде қызмет етеді. Уран ядросының бөлінуі үдерісінде, көп мөлшерде жылу бөлінеді, ол арнайы сұйық жылу тасымалдағышпен апарылады және қыздырылған бу алу үшін жылу алмастырғышқа түседі. Соңғысы бу қазандығында су буына түрленеді.

АЭС ТЭО алдында негізгі артықшылығы — тұтынылатын отынның едәуір аз мөлшері:

Теннис добымен бірдей, осындай көлемнен тұратын 2 кг уран, 6 000 т көмірге баламалы, (300 тауарлық вагон).

АЭС электр энергиясын өндіру – бұл ТЭО қарағанда экологиялық таза өндіріс. Әдетте АЭС ірі қалалардың жанында салынады (Курск, Воронеж, Ленинград АЭС). Бүгінгі таңда ядолық энергияға тысқары қарайтын Жапонияның өзінде бүкіл өндірілетін электр энергиясының 30 % келеді. Франция бүкіл электр энергиясының 78 % АЭС өндіреді, біздің ел — шамамен 13 %.

АЭС пайдалы әрекет коэффициенті — шамамен 25 %.

Гидравликалық электр станциялар (ГЭС) судың гидравликалық турбинасына түсетін жаңғыртылатын энергияны қолдануға мүмкіндік береді. Электр станциясының қуаты тікелей турбина қалақшасына келетін судың күшіне байланысты: судың көлемі мен қысымы үлкен болған сайын, электр станциясының қуаты соғұрлым үлкен. Сондықтан ГЭС көбіне деңгейі аса құламалы өзендерде салынады (Чуйск, Турухан, Саяно-Шушенск ГЭС). Жазық өзендерде ГЭС салу (Волга, Красноярск ГЭС) судың қажетті құламасын қамтамасыз ететін күшті бөгеттер мен өте үлкен су қоймаларының құрылысын қажет етеді. ГЭС құрылысы жылу электр станцияларының құрылысына қарағанда айтарлықтай қымбатқа соғады және аудан экологиясына едәуір әсер етеді. Алайда ГЭС электр энергиясын өндіру арзанырақ, себебі отынның жеткізілуін қажет етпейді. Сонымен қатар, ГЭС судың әлеуетті тәулік бойы немесе жылдар бойы сақтай және реттей алады. Бұл суқоймада судың

жиналып, оны кейін қажет болған кезде қолданумен қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар ГЭС қызмет ету мерзімі ТЭО қарағанда көп. ГЭС пайдалы әрекет коэффициенті 90 % дейін жетеді. ГЭС өндірілетін электр энергиясының үлесі біздің елде шамамен 19 % құрайды.

8.1.2. Дәстүрлі емес жаңғыртылатын энергия көздері

Соңғы уақытта бүкіл әлемде және біздің елде дәстүрлі емес жаңғыртылатын энергия көздерін қолданатын электр станциялары қолданыла бастады. Олар әлі кең өнеркәсіптік қолданысқа енген жоқ және оларда өндірілетін электр энергияның үлесі аз (шамамен 2 %). Олардың пайдалы әрекет коэффициенті де төмен, бірақ олар айтарлықтай өзгеше, ал бастысы, бізге табиғаттың тегін сыйлаған энергиясы қолданылады. Шығын осындай электр станцияларды құру мен оларға қызмет көрсету үшін ғана қажет.

Күн электростанциялары күн энергиясын қолданады, күн батареяларының көмегімен оларды электр энергияға түрлендіреді. Электр энергиясының бұл көздері жеке үй-жайларды, жылыжайларды, күн түсетін күндер көп болатын аудандарда бассейндерді жылыту және жарықтандыру үшін қолданылады. Мысалы, Қытайдың Тибет автономдық ауданында 50 мың. аса гелиопештер салынған, күн энергиясы жалпы көлемі 150 мың шаршы метрден асатын үй-жайларды жылыту үшін қолданылады, жалпы көлемі 1 млн. шаршы метрден асатын гелио жылыжайлар құрылған. Германияда 100 мыңдай күн шатырлары бар, ал АҚШ 1 млн. аса шатыр.Жел электр станциялары жел энергиясын қолданады, оларды арнайы қалақшалардың көмегімен электр энергиясына түрлендіреді Мұндай электр станцияларды қолдану ауа райы желді аудандарда қолданған мақсатқа сай болады. Мысалы, желдің орташа жылдамдығы 4,7 м/с құрайтын Кольск жартылай аралында барлық жел электрстанцияларының қуаты шамамен 400 кВт құрайды. АҚШ-та 1 млн. аса жеке жел станциялары бассейндердегі суды жылыту үшін, жылыжайларды жылыту және ауыл шаруашылығында қолданылады.

Геотермалды электр станциялар ыстық жерасты сулардың энергиясын қолданады. Олар жанартаулар әрекетінің салдары болып табылатын геотермалды көздер бар аудандарда қолданылады. Камчаткада геотермалды электр станциясының қуаттылығы 11 МВт дейін жетеді. АҚШ, Италияда, Жапонияда, Жаңа Зеландияда геотермалды электр станциялар бар. Исландияда геотермалды және гидроэлектрстанциялар өндірілетін электр энергияның 99,9 % өндіреді.

Келгін су электр станциялары (КЭС) теңіздер мен көлдердің көтерілуі мен қайтуын қолданады. Олар «толық» және «кіші» су деңгейінің ауытқуы 4 м асатын аудандарда салынады. Бірінші келгінсу электр станциясы 1966 жылы Франциядағы Рон өзенінің сағасында салынды, онда келгінсу биіктігі 13,5 м дейін жететін. Оның қуаттылығы 240 МВт құрайды. Ресейде қуаты 800кВт бірінші тәжірибелі келгінсу электр станциясы 1968 жылы Баренцево теңізінің Қышқылды түбегінде салынған.

2011 жылы Оңтүстік Кореяда бүгінгі таңда ең үлкен қуаты 254 МВТ Сихвин КЭС салынды (биіктігі – шамамен 8 м). Осы электрстанцияларды пайдалану тәжірибесі күшті КЭС жобаларын әзірлеуге мүмкіндік береді: 10

ГВт Баренцево теңізіндегі Мезенск, Охот теңізіндегі 8 ГВт Тугурск, сонымен қатар Канадада, Ұлыбританияда және бірқатар басқа елдерде. Болашақта КЭС бүкіл тұтынылатын электр энергияның 15 % өндірісін қамтамасыз ете алады.
Теңіз толқындардың энергиясын қолданатын электр станциялар, ондаған жылдар бойы Жапония, Португалия, Ұлыбритания, Норвегия және бірқатар басқа елдерде қолданылады. Олардың құрылымдық схемасы әртүрлі: «Солтер үйрегі», «Оккерель салы», сорғысы бар тік қалтқы және б. Тұғырнаманың немесе піспектің толқындарының теңселуі электр энергиясын өндіретін генераторға беріледі. Мұндай электр станциялардың қуаты көп емес, бірақ жағалаудағы ауылдарды электрмен қамтамасыз ету үшін жеткілікті. Болашақта адамдар теңіздер мен мұхиттар энергиясының аса үлкен қорын қолдануды міндетті түрде үйренеді.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫЛЕРІ

1.Қазіргі уақытта электр энергиясын өндіру үшін қолданылатын дәстүрлі электр станцияларының үш негізгі түрін көрсетіңіз.
а) жылу;
б) гидравликалық;
в) жел арқылы жүретін;
г) атомдық;
д) келгінсу;
е) күн сәулелік.

2.АЭС-тің ЖЭС-тен негізгі үш айырмашылығын көрсетіңіз.
а) жұмсалатын отынның өлшемсіз аз мөлшері;
б) электр энергиясын экологиялық тұрғыдан неғұрлым таза өндіру;
в) турбиналардың өзге құрылымы
г) электр энергиясын алудың өзге ұстанымы;
д) электр энергиясын таратуға аз шығындар;
е) генераторлардың өзге құрылымы.
3.Электр энергиясын өндіру үшін энергияның тәжірибелік қолданысын тапқан жаңғыртылатын көздерінің түрін көрсетіңіз.
а) фотоэлектрлік;
б) пьезоэлектрлік;

Электр станцияларының түрлері Өндірілетін электр энергиясының үлесі, %
а) Гидравликалық 13
б) Жылу 19
в) Атомдық 1-ден кем
г) Күн сәулелік 1-ден кем
д) Келгін су1-ден кем
е) Жел арқылы жүретін 1-ден кем
ж) Геотермальдық 1-ден кем

8.1-сур. Ресейде әртүрлі электр станцияларымен өндірілетін электр энергиясының үлесі (8.1-бөлімше 6-тестіне)

в) термоэлектрлік;
г) жел арқылы жүретін;
д) келгін су;
е) тензоэлектрлік.

4.ЖЭО-ның ЖЭС-тен айырмашылығын көрсетіңіз.
а) энергия көздерінің жанында салынады;
б) қалалардың жанына салынады;
в) үлкен ПӘК-і бар;
г) кіші ПӘК-і бар;
д) электр энергиясымен қатар жылу энергиясын өндіреді;
е) отын ретінде көмірді қолданады.

5.Ресейдегі электр энергетикасы дамуының перспективалық бағыттарын көрсетіңіз.
а) АЭС құрылысы;
б) микроСЭС құрылысы;
в) қуатты ГЭС құрылысы;
г) мұнай мен газдың орнына көмірді қолдану;
д) қуатты ЖЭО құрылысы;
е) Ресейдің орталық бөлігінде геотермальдық электр станцияларының құрылысы.

Электр станцияларының түрлері	**Өндірілетін электр энергиясының үлесі, %**
Гидравликалық	**13**
Жылу	**19**
Атомдық	**1-ден кем**
Күн сәулелік	**1-ден кем**
Келгінсу	**1-ден кем**
Жел арқылы жүретін	**1-ден кем**
Геотермальдық	**1-ден кем**

8.1-суретте электр станциялар түрі мен Ресейде осы түрдегі электр станцияларымен өндірілетін электр энергиясы үлесі арасындағы сәйкестілікті сызықтармен көрсетіңіз.

8.2.ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ТАРАТУ ЖӘНЕ ҮЛЕСТІРУ

ТЕОРИЯ

8.2.1. Электр энергиясын тарату

Электр энергиясы өндірілгеннен кейін, оны тұтынушыларға тарату қажет. Бұрын аталып өткендей, оны максималды ықтимал кернеу жағдайында таратқан тиімді (7.1.3-бөлімді қар.). Қазіргі таңда қуаты үлкен электр энергиясын қашықтағы қайнар көздерден тарату айнымалы тоқ 1 150 кВ, тұрақты тоқ 1 500 кВ дейінгі кернеулер жағдайында жүзеге асырылады. Одан аз қуат жүздеген киловольттарда (110, 220, 330, 500 және 750 кВ) кернеулер жағдайында таратылуы мүмкін.
Барлық электр желілерін жұмыс кернеуіне байланысты мына желілерге бөлуге болады:

- төмен кернеулі – ТК (1 000 В дейін);
- орта кернеулі – ОК (35 кВ дейін);
- жоғары кернеулі – ЖК (220 кВ дейін);
- аса жоғары кернеулі – АЖК (330 кВ жоғары).

Электр энергиясын тарату тәсіліне байланысты электр тарату желілері әуе және кабельдік болып бөлінеді.
Электр берудің әуе желілерінің тіректері ағаш, темір бетон немесе металл болуы мүмкін. Желі кернеуі қаншалықты жоғары болса, тіректер арасындағы қашықтық соншалықты жоғары болуы тиіс. Тіректердегі сымдар қадауышты (ТК желі) немесе аспалы, гирляндаларға (ОК, ЖК, АЖК) жиналған айырғыштар көмегімен бекітіледі. Электр берудің әуе желілерінде (ЭБЖ) алюминий көп желілі оқшауланбаған сымдар, сондай-ақ айналасында алюминий сымы оралатын болат өзегі бар сымдар – болат-алюминий сымдары қолданылады. Болат өзек сымның механикалық беріктігін арттырады. Сымдар қимасының алаңы берілетін тоқ шамасымен ғана емес, қосымша шарттардың бүтіндей қатарымен де анықталады. Нәтижесінде, сымның нақты диаметрі есептіден жоғары болып, 220 кВ кернеуінің жағдайында 22 мм шамасында құрауы мүмкін.
Тіректер бастарына жермен байланысты болат арқан бекітіледі. Ол ЭБЖ атмосмералық электрден қорғайды.
Жоғары вольтті ЭБЖ тіректерінің сыртқы түрі 8.2-суретте келтірілген.

8.2-сур. Жоғары вольтті ЭБЖ тіректері

Жоғары вольтті ЭБЖ қуатты электр магниттік сәулеленулер көзі болып табылады, сондықтан осындай желілердің жанында ғимараттарды, саяжайларды, ауыл шаруашылық кешендерді салуға тыйым салынған.

Электр берудің кабельдік желілері дайындауда да, қызмет көрсетуде де неғұрлым еңбекті көп қажетсінетін болып табылады. Олар 220 кВ жоғары емес кернеуге жол береді. 35 кВ дейінгі кернеу жағдайында талшықтары бір-бірінен сенімді оқшауланған, механикалық зақымдануға жол бермеу үшін қорғаныс қабықшалары мен болат сауыты бар сәйкес қималы үш талшықты кабельді қолданады.35 кВ жоғары кернеу жағдайында арнайы құрылымды бір талшықты кабельді қолданады. Талшық материалы – алюминий.

Кабельдерді бетон құбырларда, жер астындағы коллекторларға немесе жер астындағы орларға төсейді. Кабельдік желілер пайдалану кезінде анағұрлым қауіпсіз, оларға электр әсерін тигізбейді, олар механикалық зақымданудан қорғалған, тұрғындар үшін қауіпсіз жер бетінде орын алмайды. Дәл сол уақытта кабель трассаларының үстінен ғимараттар мен басқа құрылыстарын салуға тыйым салынған.

8.2.2. Электр энергиясын үлестіру

Электр энергиясы өндіріліп, тұтынушыларға таратылғаннан кейін, оны олардың арасында үлестіру қажет.

Тұтынушылар өнеркәсіптік кәсіпорындар, көлік, ауыл шаруашылық нысандары, әскери-өнеркәсіптік кешендер, медициналық мекемелер, құрылыс ұйымдары да, тұрғын кешендері де болуы мүмкін. Олардың барлығы әртүрлі қуатты ғана емес, әртүрлі кернеуді де талап етеді. Бұған қоса, осы параметрлер жыл немесе маусым бойы ғана емес, тәулік бойы да өзгеріссіз қалады. Әдеттегідей, электр энергиясын түнде тұтыну күндіз тұтынуға қарағанда айтарлықтай аз. Электр энергиясын апатты немесе профилактикалық сөндіру ықтимал, әрине, олар тұтынушыларға әсер етпеуі тиіс. Демек, осындай сәттерде тұтынушылар басқа көздерге қосылулары тиіс.

Осыдан бір елдің ғана емес, елдердің бүтіндей қатарының электр станцияларының үлкен саны қатарласып жұмыс жасайтын бірыңғай электр энергетикалық жүйе (БЭЭЖ) қажеттілігі пайда болды. Осы жағдайда энергияны тұтынушылар арасында үлестіру, сондай-ақ тәуліктік, маусымдық және апатты реттеу айтарлықтай оңай қамтамасыз етіледі. Қазір әрекет етіп отырған БЭЭД он бестен аса еуропалық елдер аумағында орналасқан, жалпы қуаты 300 ГВт шамасындағы 1 мыңға жуық электр станцияларын қамтиды.

Егер өнеркәсіпте, көлікте, құрылыс ұйымдарында, әдеттегідей, кернеуі бірнеше киловольт айнымалы тоқ энергиясы қолданылса, тұрмыста 220 немесе 380 В қажет. Осыған байланысты тұтынушыларды шамасы бойынша қажетті кернеумен қамтамасыз ететін үлестіруші қосалқы станциялар болуы тиіс. Қайнар көз – тұтынушы тізбегінде осындай үлестіруші қосалқы станциялар бірнешеу болуы мүмкін.

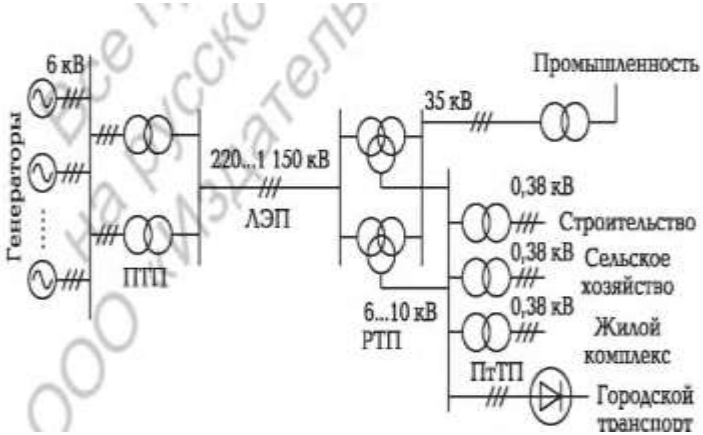
Электр станцияларының қолда бар генераторлары шығысында бірнеше киловольт қана кернеуі бар (6 бастап 18 кВ дейін). Демек, алдымен арттырушы трансформаторлық қосалқы станцияларда (АТҚС) генератордан кернеуді қажетті мәнге дейін арттыру (ЭБЖ 1 км-не шамамен 1 кВ), одан кейін оны қажетті қашықтыққа тарату, содан соң аудандық трансформаторлық қосалқы станцияларда (АТҚС) 6...35кВ дейін азайту қажет. АТҚС қала шеттерінде немесе ірі өнеркәсіптік кәсіпорындарда орналасады.

Ауыл шаруашылық, құрылыс нысандары, тұрғын үй кешендері әдетте тұтынушылар жанында орналастырылатын тұтынушылардың трансформаторлық қосалқы станцияларының (ТТҚС) үш фазалық трансформаторларының қайталама орамдарынан алынатын, кернеуі 380/220 В электр энергиясын қолданады. Аудандық трансорсформаторлық қосалқы станцияларынан тұтынушылардың қосалқы станцияларына дейін энергияны тарату, әдеттегідей, жерге төселген электр кабельдері арқылы жүзеге асырылады. Қалалық көлік көп жағдайда тұрақты тоқ энергиясын қолданады, сондықтан электр беру тізбегінде қуатты түзеткіш құрылғылар тұр (8.3-сур.).

Қазіргі ЭБЖ ұзындығы бірнеше мың километрге дейін жетуі мүмкін. Бұл ретте үлкен абсолюттік мәндерге қарамастан, таратылатын 10 % -ына тең қуат шығындары ұйғарынды болып есептеледі.

Тарату, әсіресе, тұтыну кезінде электр энергиясының шығындарын азайту мәселелері әрқашан да маңызды міндет болып есептелді. Соңғы уақытта, электр энергиясын өнеркәсіпте және тұрмыста тұтынушылар саны электр

энергиясын өндіруге қарағанда қарқынды өсіп келе жатқан кезде, электр энергиясын үнемдеу мәселелері әсіресе өзекті болады.
Өнеркәсіпте қуат коэффицентін арттыруға (cos ср), сондай-ақ қазіргі тиімділігі жоғары технологиялық үдерістерді, одан да жетілген және энергияны аз қажетсінетін жабдықты пайдалануға, қызу шамдарын энергия үнемдейтін шамдармен ауыстыруға және т.б. басты көңіл бөлінуде. Тұрмыста ең алдымен жарықтандыруды тиімді пайдалану, энергия үнемдейтін шамдарды қолдану, сондай-ақ үнемдірек сипаттамалары бар



8.3-сур. Электр энергиясын өндірушілерден тұтынушыларға тарату схемасы:

АТҚС — арттырушы трансформаторлық қосалқы станциялар; ЭБЖ — электр беріліс жолдары; АТҚС — аудандық трансформаторлық қосалқы станциялар (азайтушы); ТТҚС — тұтынушылардың трансфорсматорлық қосалқы станциялары (түсірушіқазіргі тоңазытқыштарды, кір жуатын машиналарды, электр плиталарды, теле және радио аппаратураны қолдану қажет. Көп пәтерлі үйлердің баспалдақты алаңдарында және кіреберістерінде жарықтандыруды шамдалдардың тұрғындардың болуы уақытында ғана қосылуын қамтамасыз ететін басқару құрылғылары елдердің қатарында қолданысын табуда. Үйлерде қазіргі еуро терезелерді орнату, 1960-1970 жылдары салынған көп қабатты үйлер қабырғаларын жылытып қаптау, сыртқы температураға байланысты пәтерлерге жылуды беруді реттеудің автоматтандырылған жүйесін енгізу де салқын уақытта тұрғын үйлерді жылыту үшін қолданылатын электр энергиясын үнемдеуге бағытталған.

БАҚЫЛАУ СЫНАҚТАМАЛАРЫ

1. Генератордан алынған кернеуді ЭБЖ берер алдында не үшін арттырады?
а) таратылатын қуатты азайту үшін;
б) таратылатын тоқты азайту үшін;
в) тоқтың реактивті құраушысын азайту үшін;
г) қуат коэффицентін артыру үшін.

2. Егер кернеуді 10 рет арттырса, ЭБЖ шығындар қалай өзгереді?
а) 10 есе артады;
б) 10 есе азаяды;
в) өзгермейді;
г) 100 есе азаяды.
3. Бүгінгі күні айнымалы тоқтың электр энергиясы қандай максималды мәнмен таратылады?
а) 220 В;
б) 220 кВ;
в) 1 150 кВ;
г) 5 250 кВ.
4. Жоғары вольтті ЭБЖ ауданында кез келген шаруашылық қызметке неге тыйым салынған?
а) тіректер құлауы мүмкін;
б) сымдар үзілуі мүмкін;
в) ЭБЖ қуатты электр магниттік сәулеленулер көзі болып табылады;
г) жерге кронды раряд орын алуы мүмкін.
5. Тіректердің басына жерге жалғанған болат арқан не үшін бекітіледі?
а) ол ЭБЖ механикалық беріктігін арттырады;
б) ол атмосфералық электрден қорғайды;
в) ол найзағай тартқыш рөлін атқарады;
г) ол механикалық жүктемелердің бір қалыпты үлестірілуін қамтамасыз етеді.
6. БЭЭЖ не болып табылады?
а) бұл жалпы жүктемеге жұмыс жасайтын электр станциялары мен ЭБЖ кешені;
б) бұл Еуропаның 16 еліндегі жалпы қуаты 300 ГВт 1 мыңға жуық электр станция;
в) бұл электр энергиясын тұтынушылар арасында бөлуге мүмкіндік беретін жүйе;
г) бірге алғанда барлық аталған жауаптар.
7. Электр энергиясын тарату және қолдану кезіндегі электр шығындарын азайтудың негізгі әдістерін көрсетіңіз?
а) ескі технологияларды жаңа энергияны үнемдейтіндерге ауыстыру;
б) электр қондырғылары қуатының коэффицентін арттыру (cos ср);
в) энергия үнемдеуші жабдықты қолдану;
г) барлық аталған әдістер.

1 ҚОСЫМША

ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНИТТІ ТІЗБЕКТЕР МЕН ЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ОРЫНДАУҒА ЖАЛПЫ НҰСҚАУЛАР

Зертханалық жұмыстар теориялық білімді тереңдетуге және бекітуге, сондай-ақ электр схемаларын жинау және реттеу, электр тізбектердегі өлшемдер, электр техникалық қондырғыларға сынауды жүргізу, электр тізбектерін есептеу және талдау, сынаулар мен есептеулер нәтижелерін бойынша дағдыларды алуға тағайындалған.

Ұсынылатын зертханалық жұмыстар екі сағаттық болып табылады және 13-15 оқушыдан тұратын топшамен арнайы жабдықталған зертханада орындалуға есептелген. Қауіпсіздік техникасы тұрғысынан әрбір стендке екі оқушыны бекіткен орынды. Осы жағдайда зертханада жеті-сегіз әмбебап стендтің болғаны жеткілікті.

Оқушылардың танымдық қызметін белсендендіру үшін зертханалық жұмыстарды орындау барысында таныстыру макеттері, үлгілер, плакаттар, шынайы электр техникалық элементтері мен құрылғылары: кедергілер, конденсаторлар, индуктивтілік шарғылары, трансформаторлар, диодтар, транзисторлар, микросхемалар, ауыстырып-қосқыштар және батырмалар, индикаторлар, сымдар мен кабельдер, электр қозғалтқыштар және генераторлар, электр өлшеу құралдары бар планшеттер кеңінен қолданылуы тиіс.

Зертханадағы бірінші сабақта №1 жұмысты орындамас бұрын, оқушылар белгілі бір стендтерге бекітілуі тиіс. Оларға техника қауіпсіздігі ережелерімен, сондай-ақ зертханадағы мінез-құлықтың және зертханалық жұмыстарды ресімдеудің жалпы ережелерімен, стендтің құрылымдық және электр схемасымен танысу, стендті сынамалық қосуды жүзеге асыру қажет.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстарды орындау және ресімдеу үшін әрбір оқушының сынаулар хаттамалары мен барлық жұмыстар бойынша есептер ресімделетін «Электр техникасы бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар» жұмыс дәптері, сызғышы, қарандашы, калькуляторы болуы тиіс. Сынаулар хаттамасының нысаны және есеп мазмұны әрбір жұмыста келтірілген.

зертханалық жұмыстарды орындау ережелері

Жұмыстарды орындау:

- қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқаулықтан өткен;
- дәптерде кезекті жұмысқа ресімделген хаттамалары бар;

жұмысты орындау мақсатымен және тәртібімен, сондай-ақ осы жұмыста қолданылатын электр схемаларымен танысқан;

■ орындалатын жұмысқа жататын теориялық материалды зерделеген оқушыларға рұқсат беріледі.
Оқушылардың зертханалық жұмыстарды орындауға даярлығы оқытушымен жеке сұрату жолымен тексеріледі. Қанағаттанарлықсыз баға алған оқушыға жұмыстарды орындауға рұқсат берілмейді.

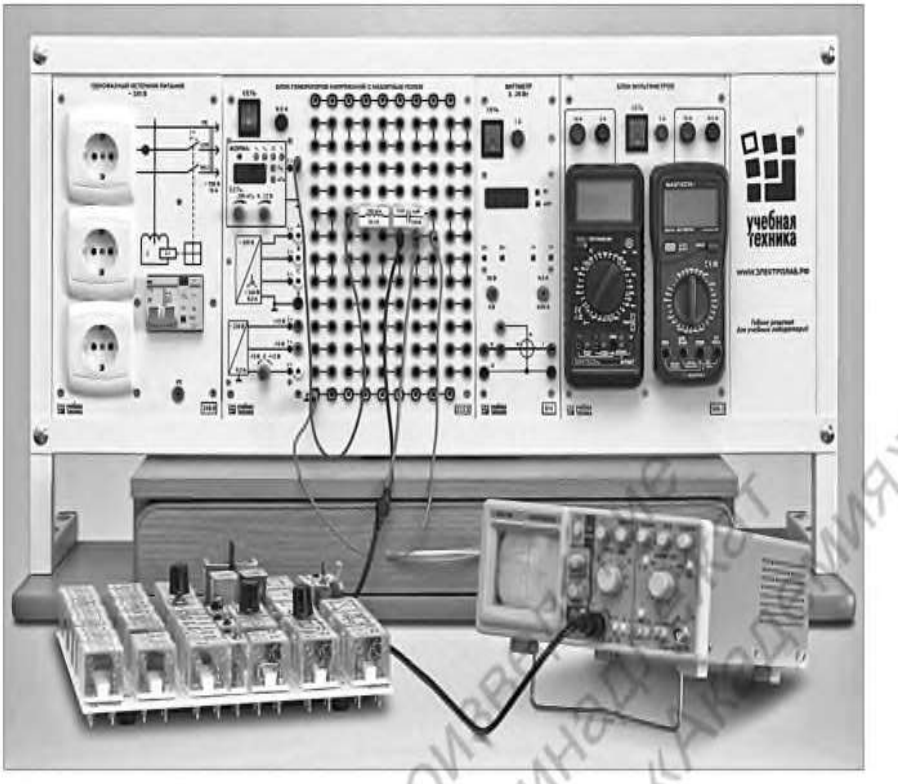
Оқытушы немесе зертханашы рұқсатынсыз зертханалық стендке кернеу беруге ҚАТАҢ ТЫЙЫМ САЛЫНҒАН!

Жұмыс аяқталғаннан кейін электр тізбегі бөлшектенуі, стенд токсыздандырылуы, мини-блоктар мен сымдар орнына жиналуы тиіс.
Оқушылар зертханалық жұмыстар нәтижелерін сынаулар хаттамасына қатаң түрде қарындашпен жазады да, оқытушыға тексеруге ұсынады. Теріс нәтижелер жағдайында зертханалық жұмыс қайта жасалуы тиіс.
Әрбір оқушы (немесе бригада) жұмыс нәтижелері бойынша «Электр техникасы бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар» жұмыс дәптерінде есепті ресімдейді. Есеп ұқыпты, ресімдеу ережелеірмен толық сәйкестілікте (одан әрі қар.) ресімделуі тиіс. Барлық графикалық құрылымдар схемасы құралдарын қолданып орындалуы тиіс. Кестелер мен векторлық диаграммаларда өлшенетін шамалардың масштабтары және сәйкес белгіленулер түсірілуі тиіс.
Зертханалық жұмысты қорғау үшін қажетті білім минимумы әрбір жұмыс сипаттамасының аяғында бақылау сұрақтарын көрсетеді.

Зертханалық стенд сипаттамасы

Осы оқулықта электр және магниттік тізбектер мен электроника негіздері бойынша барлық келтірілген зертханалық жұмыстарды, сондай-ақ трансформаторды сынаумен байланысты жұмысты орындау тәртібі «Оқу техникасы» ИӨО (Челябинск қ.) шығарылатын «Электр тізбектері және электроника негіздері» (ЭТЭН) типтік зертханалық жабдық жиынтығын қолдануды қарастырады. Стендтің сыртқы көрінісі П1.суретте келтірілген.
Жиынтық қол (компьютерленбеген) нұсқасының негізгі компоненттері болып табылады:
■ қуат берудің бір фазалық көзінің блогы;
■ тұрақты және айнымалы кернеулер, оның ішінде үш фазалық, терім өрісі бар транформаторлар блогы;
■ мини-блоктар жиынтығы;
■ мультиметрлер блогы;
■ электрондық ваттметр;
■ жалғастыратын сымдар, жалғастырғыштар және қуат беру кабельдері;
■ осциллограф.

Жиынтыққа суырмалы жәшіктері бар зертханалық үстел (орындаудың стендтік нұсқасы) немесе жай ғана үстел жиектемесі (үстелдік нұсқасы) кіруі мүмкін.
Стендтік нұсқада зертханалық үстелде терім өрісі бар генераторлар блогы, мультиметрлер блогы, электрондық ваттметр және қуат берудің бір фазалық көзі орнатылатын тік жиектеме бекітіледі.



П1-сур. Электр және магниттік тізбектер мен электроника негіздері бойынша зертханалық жұмыстарға арналған стендтің сыртқы көрінісі

Осциллограф үстелдің көлденең беткі қабатына орнатылады. Қуат берудің бір фазалық көзі үш сымды бір фазалық желіден (фаза, «нөл», «жер») жұмыс жасайды және ҚАҚ қорғаныс ажырату құрылғысын (оқшаулау бұзылған жағдайда іске қосылады, автоматтарды (асқын токтардан қорғау үшін), розеткалар мен мультиметрлер блогын, ваттметрді және осциллографты қосу үшін жалғағыштарды қамтиды.

Орындаудың үстелдік нұсқасы жағдайында барлық жабдық тапсырысшы үстелінде орналастырылады. Бұл ретте жиектеме үстелде қандай да бір бекітусіз тұрақты тұрады.

Кернеулер генераторының блогы қамтиды:

■ N жалпы нүктесіне қатысты тұрақтандырылған кернеудің +15 В және -15 В екі көзі және -13 ... 13 В реттелетін көзі бар тұрақты кернеулер көзін;

■ Реттелетін жиілігі («ЖИІЛІК» он айналымдық потенциометпен 25 бастап 102 500 Гц дейін өзгеруі мүмкін) және амплитудасы («АМПЛ.» потенциометрмен 0 бастап 12,5 Гц дейін өзгереді) бар арнайы пішінді («ПІШІН» ауыстырып-қосқышымен орнатылатын синусоидалық, тік бұрышты, үш бұрышты) кернеулер генераторын;

■ 8 В шығыс кернеуімен жиілігі 50 Гц бір фазалық кернеуді үш фазалыққа түрлендіру.

Барлық көздер «ЖЕЛІ» жалпы сөндіргішімен қосылады, артық жүктемелерден және сыртқы қысқа тұйықталулардан іске қосылуы туралы «I>» жарық индикаторы куәландыратын және нөлге жуық шығыс кедергісі бар сақтандырғыштармен қорғалған.

Кернеулер генераторларының жанында орналасқан Терім панелі оның үстіне сынаулар схемасына сәйкес мини-блоктарды орнату қызметін атқарады. Мини-блоктар ұяларға орнатылады да, бір-бірімен және өлшеу құралдарымен жалғағыштар мен штекерлері бар сымдар көмегімен жалғастырылуы мүмкін. Амперметрді қосу үшін коаксиал ажырайтын қосылыс ұясы коаксиал кабелімен амперметр тәртібінде жұмыс жасайтын мультиметрмен жалғанатын «А» мини-блогы қолданылады. Мини-блоктар электр тізбектерінің жеке элементтері де (кедергілер, конденсаторлар, индуктивтілік шарғылары, диодтар, транзисторлар), штекерлері бар мөлдір корпустарға салынған күрделі функционалдық блоктар да (күшейткіштер, тұрақтандырғыштар, өлшеу түрлендіргіштері, интеграторлар және т.б.) болып табылады.

Мультиметрлер блогы токтарды, кернеулерді және кедергілерді өлшеуге тағайындалған және екі сериялы шығарылатын мультиметрді қамтиды: MY60 және MY62 немесе MY64. Мультиметрлер желіден «ЖЕЛІ» сөндіргіші мен сақтандырғыш арқылы қуат алады.

Ваттметр қуатты өлшеуге арналған, құрамында өлшеудің қажетті шектерін және артық жүктемелердің жарық индикаторын таңдау тумблерлері бар. Құрал көрсетімдері дисплейде сандық түрде көрсетіледі. Ваттметр желіден қуаттанады және «ЖЕЛІ»сөндіргішімен қосылады.

Электр тізбектерін жинау ережелері

Электр тізбегін жинамас бұрын оған қағидалық сұлбаға сәйкес кіруі тиіс барлық элементті анықтау қажет: кедергілер, конденсаторлар, индуктивтілік шарғылары, диодтар, функ-ционалдық блоктар, сөндіргіштер, өлшеу құралдары, қуат беру көздері және т.б. Мультиметрлер мен ваттметр жұмыс тәртібінің және өлшеу шектерінің сөндіргіштерін сәйкес қалыпқа орнату қажет.

ЭТ жинау кезінде мына ережелерді ұстану қажет:

- жинауды қуат беру көздерінің қысқыштарынан бастау;
- бірінші кезекте тізбектеп жалғанған элементтерден тұратын басты тізбекті жинау;
- екінші кезекте қатар қосылатын элементтерді және өлшеу құралдарын қосу.

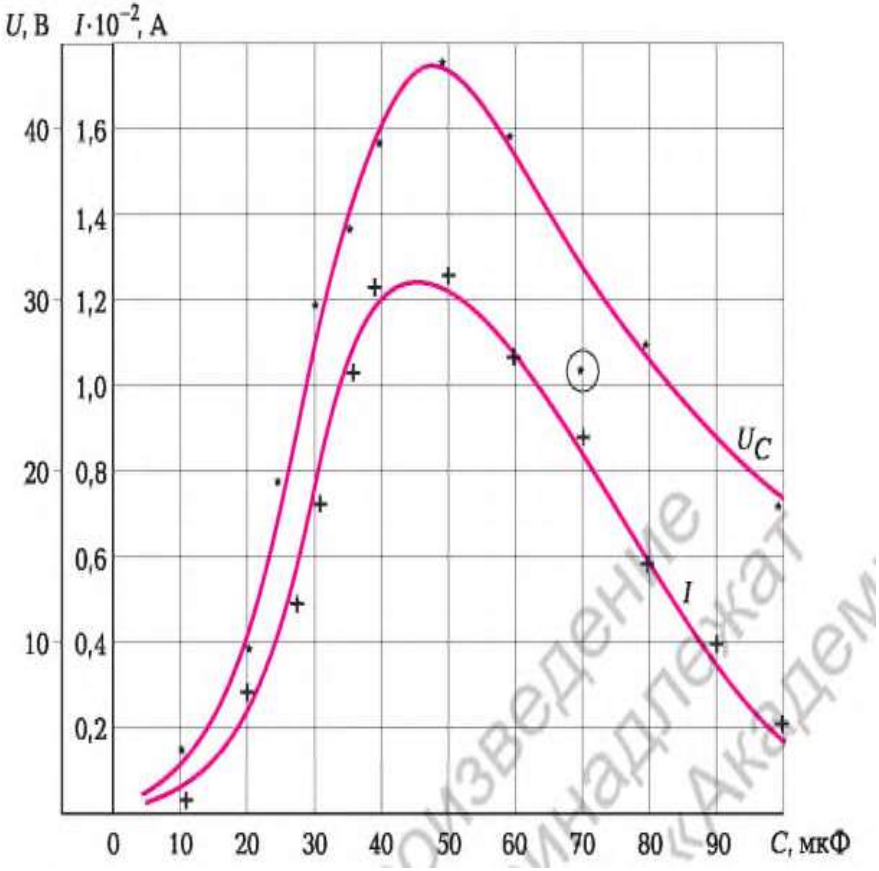
ЭТ бөлшектеуді қуат беру кернеуін алдын ала өшіріп, қуат беру көздерінен бастау қажет.

Есепті ресімдеу ережелері

Сынаулар хаттамасындағы барлық кестелер, диаграммалар схемасы құралдары қолданылып қарындашпен орындалуы тиіс.

Кестелердегі масштаб, ерекше ескертілген жағдайларды қоспағанда, бір қалыпты болуы тиіс. Өзектерде өлшеулер кезінде алынған сандарды

көрсетпеген жөн. Бірнеше тәуелдіні көрсету үшін кестелерде бірнеше тік өзек құрады (әрқайсысының өз масштабы бар).



П2-сур. Кестені рәсімдеу үлгісі

Осы жағдайда кестедегі қисықтарды сәйкес түспен немесе нүктелерді қою тәсілімен (+++, ***, ... жәнет. б.) бөліп алады. Әрбір қисықтың жанына ыңғайлы жерге тәуелділік белгілерін салады (П2-сур.).

Кестедегі қисық бір қалыпты болуы тиіс. Оны сынаулар нәтижесінде алынған нүктелер одан шамамен бірдей қашықтықта тұрғандай етіп жүргізу қажет. Қисықтан алыс тұрған нүктелер бақылаушы қатесінің салдары болып табылады. Оларды кестеде ерекше етіп белгілейді, мысалы, шеңбермен айналдырып қоршайды (П2-сур. қар.).

Есеп «Электртехникасы бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар» жұмыс дәптерінде әр бір оқушымен немесе бригадамен құрастырылады.

Есепте:

- сынаулардың оқытушымен бекітілген хаттамасы;
- «Есептің есептік-графикалық бөлігіне қойылатын талаптар» бөлімшесімен қарастырылған есептеулер мен графикалық құрылымдар;
- зертханалық жұмыс жөніндегі қысқаша қорытындылар болуы тиіс.

Жұмыстарды орындау кезіндегі қауіпсіздік техникасы

Электротехника зертханасында білім алушылар тәртіппен қауіпсіздік техникасының ережелерін сөзсіз сақтауға тиісті. Қатаң түрде көз жұмыс орнында ғана жұмыс істеуге рұқсат етіледі, зертханада орын ауыстыру максималдық шектеулі болуы тиіс.

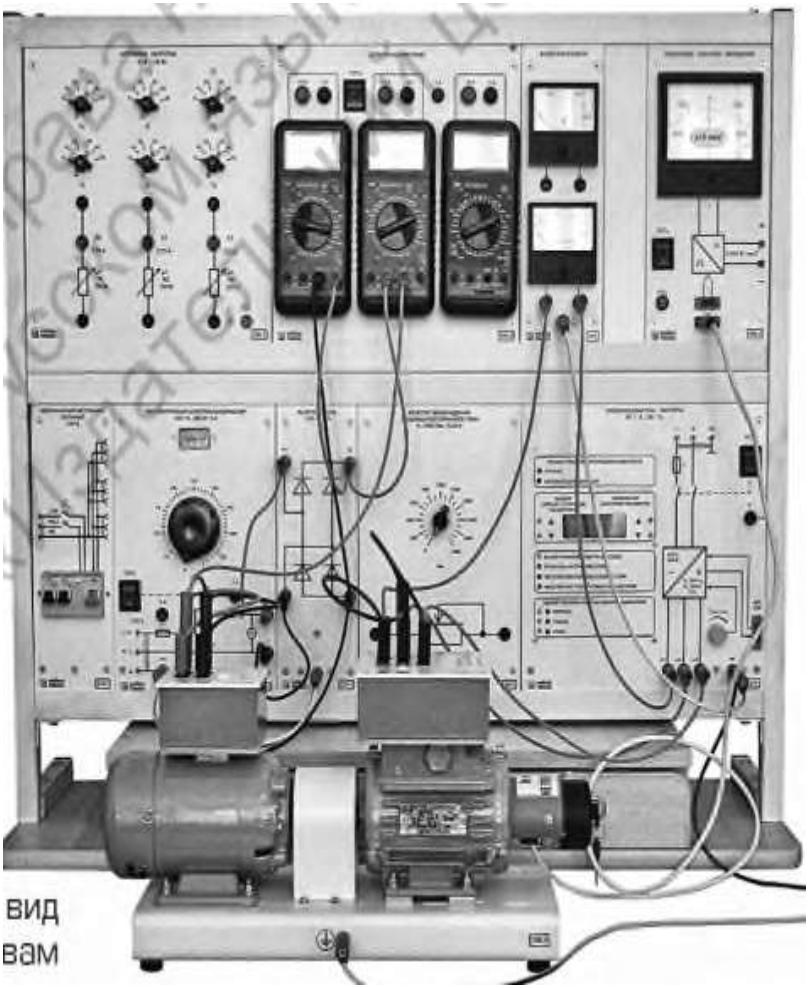
Ешқандай жағдайда кернеуде орналасқан тізбектегі оқшауланбаған жалғағыш сымдармен контактілерді қолмен ұстамаған жөн.

Сұлбадағы кез келген өзгеріс, өткізгіштерді қайта жалғау токсызданған ЭТ кезінде орындалуы тиіс. Барлық орын ауыстырулар мен өзгертулерді оқытушы тексеруі тиіс.
Орамдардың көп саны бар индуктивтілік орауыштары бар ЭТ қауіп тудырады. Орауыштардың ұштарында оларды ажырату кезінде біршама ЭҚК ықпалдандырылады. Мұндай ЭТ ерекше мұқияттылықпен ұстау керек.
Зертханалық жұмыстарды жүргізу алдында білім алушылар оқу орнындағы өрт қауіпсіздігі, электротехника кабинетінде жұмыстарды жүргізу кезіндегі еңбекті қорғау бойынша, 1000 В дейінгі кернеудегі электр қондырғыларын пайдалану кезіндегі еңбекті қорғау бойынша нұсқаулықтар мен танысуға және сәйкес журналда қол қоюға міндетті.

ҚОСЫМША 2

ЭЛЕКТРЛІК МАШИНАЛАР БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ОРЫНДАУ ҮШІН ҚАБЫРҒА ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Электрлік машиналар бойынша зертханалық жұмыстар “Оқу техникасы” Инженерлік өндірістік орталық шығаратын электр механикасы негіздері бойынша қабырғада орындалады. Қабырғаның сыртқы түрі П3-суретте көрсетілген. Қабырға түрі



қысқа тұйықталған роторымен тұрақты тоқ машинасы бар үш фазалы асинхронды қозғалтқыштан; жиілік түрлендіргішінен; бұрыштық орын ауыстыруды түрлендіргіштен; айналу жиілігінің көрсеткішінен; реттелмелі автотрансформатор; түзеткіш; белсенді жүктеме; тұрақты тоқ машинасын қозғау реостатынан; мультиметрлер блогымен бір фазалы қорек көзінен тұрады.

ҚОСЫМША 3

НЕГІЗГІ ЭЛЕКТРЛІК ШАМАЛАР

Өлшенетін шама		Базалық өрнек	Өлшем бірлігі	
Атауы	Белгіленуі		Атауы	Белгіленуі
электрлік заряд	q	—	кулон	Кл
Ток күші: тұрақты айнымалы	I i	q/t $i = \Delta q/\Delta t$	ампер	А
Тоқтың тығыздығы	j	$j = I/S$	Шаршы метрге	А/м2
Потенциал	φ		вольт	В
Электрлік кернеу: тұрақты ток айнымалы ток шапшаң Максималдық: қолданыстағы	U u U_m U	$U = \varphi_1 - \varphi_2$ $u = U_m \sin \omega t$ $0{,}707 U_m$	вольт	В
Электрлік қозғалтқыш күш: жылдам	e E_m E	$e = -\Delta\Phi/\Delta t$	вольт	В
Электрлік кедергі: белсенді	R X Z	$R = \rho l/S$ $X_L - X_C$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	ом	Ом

Өлшенетін шама		Базалық өрнек	Өлшем бірлігі	
Атауы	Белгіленуі		Атауы	Белгілен

Өткізгіштігі: белсенді реактивті	g b y	$g = R/Z^2$ $b = X/Z^2$ $y = \sqrt{g^2 + b^2}$	Сименс.	см
Кедергі Электрлік	p	—	ом-метр	Ом - м
Қуаттылығы: белсенді реактивті	P Q S	$P = UI\cos\varphi$ $Q = UI\sin\varphi$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	ватт вар вольт-ампер	Вт вар В - А
Кернеу мен тоқ арасындағы фазалардың ығысу	j	—	градус	
Қуаттылық коэффициенті	cos φ	$\cos\varphi = P/S$	—	—
Сыйымдылығы	C	$C = q/U =$ $= \varepsilon_a S/d$	фарад	ф
Электрлік тұрақтылық	ε_0	$\varepsilon_0 = 8{,}86 \cdot 10^{-12}$	метрге фарад	Ф/м
Диэлектрлік өткізгіштік Абсолютті	ε_a ε	$\varepsilon_a = \varepsilon_0 \varepsilon$ —	метрге фарад	Ф/м
Сыйымдылықты Кедергі	X_c	$X_C = 1/(\omega C)$	ом	Ом
Индуктивтілік	L	$L = \Psi/I =$ $= \mu_a w^2 S/l$	Генри.	Гн
Магниттік тұрақты	μ_0	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$	метрге генри	Гн/м
Магниттік өткізгіштік: абсолюттік салыстырмалы	μ_a μ	$\mu_a = \mu_0 \mu$ —	метрге генри	Гн/м
Өлшенетін шама		негізгі өрнек	Өлшем бірлігі	
Атауы	Белгіленуі		Атауы	Белгіленуі

Индуктивтік кедергі	X_l	$X_L = \omega L$	ом	Ом
Магниттік индукция	B	$B = \Phi / S$	шотбалта	Тл
Магниттік кернеу	H	$H = B/\mu_0$	метрге ампер	А/м
Магниттеуші (магниттік қозғалтқыш)	$F_м$	$F_м = Iw$	ампер	А
Орам саны	w	—	—	—
Магниттік ағын	Ф	$Iw/R_м$	вебер	Вб
Ағынды тіркеу	ψ	Φw	вебер	Вб
Магниттік кернеу	$U_м$	$U_м = Hl$	ампер	А
Магниттік кедергі	$R_м$	$R_м = l/(\mu_0 S)$	генри минус бірінші деңгейлі	Гн -1
Трансформация коэффициенті	k_{21}	$k_{21} = w_2/w_1$	—	—
Электрлі магниттік күш	$F_{эм}$	$F_{эм} = c_M BI$	ньютон	Н
Тербелу жиілігі: бұрыштық тізбектік	ω f	$\omega = 2\pi f$ $1/T$	секундына радиан герц	рад/с Гц
Кезең	T	—	секунд	с
Полюстер жұбының саны	p	—	—	—
Синхрондық Жылдамдық	n_1	60 f/p	минутына айналым	айналым/минутына
Сырғу	S	$(n_1 - n)/n_1$	—	—

ӨЛШЕМНІҢ ЕСЕЛІК ЖӘНЕ ҮЛЕСТІК БІРЛІКТЕРІНІҢ БЕЛГІЛЕНУІ

	Жалғау	Белгіленулер		Жалғау	Белгіленулер

Көбейткіш		Орысша	латынша	Көбейткіш			
1012	тера	Т	Т	10-1	деци	1012	тера
109	гига	Г	G	10-2	санти	109	гига
106	мега	М	М	[illegible]	милли	106	мега
[illegible]	кило	к	k	10-6	микро	[illegible]	кило
102	гекто	г	h	10-9	нано	102	гекто
101	дека	иə	da	10-12	пико	101	дека

ҚОСЫМША 5

ШЕКТІ ЭЛЕКТРЛІК КЕДЕРГІ ЖӘНЕ НЕГІЗГІ ЭЛЕКТРОТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР КЕДЕРГІСІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ КОЭФФИЦИЕНТІ

өткізгіш материалы	Шекті электрлік кедергі р, Ом- мм2/м	Кедергінің температуралық коэффициенті а, 1/°С
Күміс	0,016	0,004
Сым	0,0175	0,004
Алюминий	0,029	0,004
вольфрам	0,056	0,005
Платина	0,1	0,004
Болат	0,12	0,006
Манганин	0,42	0,000006
Константан	0,48	0,00004
Нихром	1,1	0,0001
Фехраль	1,4	0,0002

НЕГІЗГІ ЭЛЕКТРОТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ДИЭЛЕКТРЛІК ӨТКІЗГІШТІГІНІҢ ОРТАША МӘНІ

Материал	е	Материал	е
Ауа	1	Текстолит	7
Трансформаторлық май	2,2	Әйнек	8
ҚАҒАЗ	3,5	Шифер	10
Шақпақ тас	5	Спирт	33
Фарфор	6	Су	81

ҚОСЫМША 7

Электр тізбегі элементтерінің шартты графикалық суреті		
ЭҚКкөзі	Ауыстырып-қосқыш	
Сақтандырғыш	Ажыратқыш	
Қыздырушамы	Геркон -0-	
Реле орамы	Реле контактілері	
Миллиамперметр	-0- Вольтметр	
Ваттметр	Омметр <г>	
Динамик	Трансформатор ГУУЛ	
Жалғағыш	Түзетуші көпір	

ҚОСЫМША 8

ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАУ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Ескі, тозған электрлік құрал мен электр сымдарын пайдалану адамды тоқ соғу, қысқа тұйықталу, өртену және т.с.с.күрделі апаттарға әкелуі мүмкін. Бұдан егер қауіпсіздіктің белгілі шараларын сақтағанда қорғануға болады. Бірінші кезекте оларға жерге тұйықтау жатады.

Электр қондырғысын жерге тұйықтау - бұл ақау салдарынан жерге тұйықтау құрылғысымен кернеуде болуы мүмкін оның корпусын электрлік жалғау. Жерге тұйықтаудың екі түрін ажыратады: қорғаныстық жерге тұйықтау және нөлдеу.

Қорғаныстық жерге тұйықтау - бұл электр қондырғысының жекелеген бөліктерін немесе барлығын жермен жасанды жалғау. Оқшаулау ойығы туындаған кезде электр қондырғысының корпусы кернеуде болуы мүмкін. Егер корпусқа бұл уақытта адам жанасатын болса, онда оның денесі арқылы тоқ өтеді. Адам арқылы өтетін қорғаныстық жерге тұйықтау арқасында тоқ ол үшін қауіп тудырмайды, сондықтан да тоқтың негізгі бөлігі оқшаулағышта ойық болғанда жерге тұйықтау тізбегі бойынша өтеді, оның кедергісі адам денесі кедергісінен біршама аз. Қорғаныстық жерге тұйықтау тізбегі жерге тұйықтағыш пен жерге тұйықтау өткізгітерінен тұрады.

Жерге тұйықтаудың екі түрі бар: жасанды және табиғи. Табиғиға жерге сенімді жалғанған ғимараттардың металл құрылымдары жатады. Жасанды жерге тұйықтағыш ретінде жерге қағылған және бір бірімен болат жолақтармен немесе дәнекерленген өткізгішпен жалғанған ұзындығы 2,5-тен кем емес болат құбырлар, стержень немесе бұрыштарды пайдаланады.

Жерге тұйықтағышты электр қондырғылармен жалғайтын жерге тұйықтағыш өткізгіштер ретінде әдетте немесе электр қондырғыларының корпустарына дәнекерлейтін немесе олармен бұрандамен жалғайтын болат немесе мыс шиналарды пайдаланады.

Қорғаныстық жерге тұйықтағышқа электрлік машиналардың, трансформаторлардың, таратқыш шкафтардың, қалқандардың және т.с.с корпустары жатады. Жерге тұйықтауды орындау кезінде жерге қатысты жерге тұйықтағыштың кедергісін максималдық азайту қажет етіледі. Бұған мысалы жасанды жерге тұйықтағыштардың санын арттыру арқылы қол жеткізуге болады.

Жерге тұйықтағыш құрылғының кедергісі жылдың кез келген уақытында сәйкесінше үш фазалы тоқтың 660, 380 және 220 В немесе бір фазалы тоқтың 380, 220 және 127 В сызықтық кернеулері кезінде 2, 4 және 8 Омнан артық болмауы тиіс.

Нөлдеу - бұл қалыпты күйде кернеуде болмайтын, бітеудей жерге тұйықтайтын бейтарабы бар электр қондырғыларының барлығын немесе бөліктерін жасанды электрлік жалғау (нөлдік сымы бар). Бұл жағдайда фазалардың кез келгенінің электр қондырғыларының корпуусына қысқа тұйықталуы осы фазаның нөлдік сыммен қысқа тұйықталуына айнаолады. Қысқа тұйықталу тогы қорғаныс аппаратурасының іске қосылуына (автоматтар, сақтандырғышта) және зақымдалған құралдың тез өшуіне әкеледі. Нөлдік жұмысшы және нөлдік қорғаныс өткізгіштері болады.

Нөлдік жұмысшы өткізгіш электр қондырғыларын қоректендіру үшін арналған, басқа сымдармен бірдей оқшаулағышқа ие және жұмысшы токтан өту үшін қиюдың жеткілікті ауданына ие.

Нөлдік қорғаныштық өткізгіш қорғанысты іске қосу және қоректік желіден зақымдалған электр қондырғысын жылдам ажырату мақсаттарында электр қондырғысының корпусына фазаны тұйықтау кезінде қысқа тұйықталу тогын құру үшін тағайындалған. Нөлдік қорғаныштық өткізгіш ретінде сақтандырғыштары мен ажыратқыштары жоқ болат құбырлар мен нөлдік сымдар пайдаланылуы мүмкін.

Халықаралық электр техникалық комиссия талаптарына жауап беретін электр қондырғылардың құру ережелері жерге тұйықталудың үш жүйесі мен олардың бірнеше қосалқы жүйесін қарастырады:

TN жүйесі (TN-C, TN-S, TN-C-S қосалқы жүйелері);

TT жүйесі;

IT жүйесі;

TN жүйес - бұл бітеу тұйықталған бейтарап бар жүйе (трансформаторлық қосалқы станцияда бейтарап жерге тұйықтаушы контурға тікелей қосылған), мұнда электр қондырғыларының ашық өткізгіш жүйелері нөлдік қорғаныстық өткізгіштер көмегімен көздің бітеу тұйықталған бейтарабына жалғанған.

TN-C қосалқы жүйесі - бұл TN жүйесінің әртүрлілігі, мұнда PE нөлдік қорғаныстық және N нөлдік жұмысшы өткізгіштер PEN сымын түзе отырып, оның барлық бойында үйлескен (П4, а сурет). Мұндай жүйе бұрын пайдаланылды, жаңа құрылыста пайдаланылмайды.

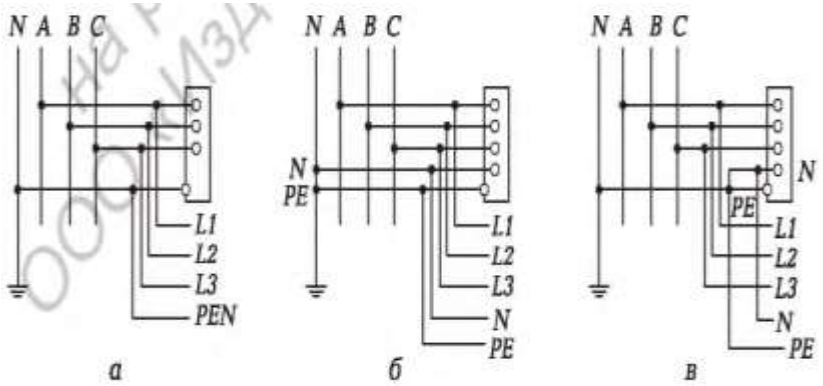
TN-S қосалқы жүйесі - бұл TN жүйесінің барлық бойында нөлдік қорғаныстық және нөлдік жұмысшы өткізгіштер ажыратылған әтүрлілігі (П4, б-сурет). Бұл ең қауіпсіз, бірақ ең қымбат жүйе.

TN-C-S қосалқы жүйе - бұл TN жүйесінің әртүлілігі, мұнда нөлдік қорғаныстық және нөлдік жұмысшы өткізгіштер тек қандай да бір бөлікте біріккен, мысалы ғимараттың басты қалқанына енгізгенге дейін (П4, в-сурет).

Одан әрі барлық ғимарат бойынша бұл өткізгіштер бөлінген. Мұндай жүйе оңтайлы.

IT жүйесі - мұнда көздің «нөлі» жерден оқшауланған, ал электр қондырғысының ашық өткізгіш бөліктері жерге тұйықтағыш құрылғылар көмегімен жерге тұйықталған жүйе. Қазіргі уақытта мұндай жүйе мүлдем дерлік пайдаланылмайды.

NA B C NA B C NA B C



П4-сурет. Жерге тұйықтау сұлбасы:
а - TN-C қосалқы жүйесі (combined); б - TN-S қосалқы жүйесі (separated); в - TN-C-S қосалқы жүйе

TT жүйесі - бұл жүйе, онда трансформаторлық қосалқы станциясы жермен тоқ жүргізетін бөліктердің тікелей байланысына ие, ал электр қондырғысының ашық өткізгіш бөліктері көздің жерге тұйықталған «нөлден» электрлік тәуелсіз жерге тұйықтағыш құрылғы көмегімен жерге тұйықталған. Басқа сөзбен, нөлмен ешқандай байланысы жоқ объектіде жерге тұйықтаудың автономдық контуры пайдаланылады. Мұндай жүйе әдетте мобильдік құрылымдарда қолданылады (мысалы, тұрмыста)

ҚОСЫМША 9

ЭЛЕКТРЛІК БАЙЛАНЫС ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Электрлік байланыс деп кез келген түрдегі ақпаратты беру (сөздік, әріптік-сандық, көретін және т.с.с) сымдар арқылы берілетін электрлік сигналдармен немесе бос кеңістікте таралатын радиосигналдармен іске асырылатын байланысты айтады. Сигналдарды беру тәсіліне байланысты сымды байланыс пен радиобайланысқа ажыратады.

Кез келген байланыстың міндеті жөнелтушіден алушыға қашықтыққа хабарламаны беру болып табылады. Электр байланысында хабарлама тасымалдаушы белгілі орталарда таралуға қабілетті электрлік сигнал болып табылады. Сәйкесінше, хабарламаны беру үшін ол электрлік сигналдар жинағына түрленуі тиіс. Қабылдау орнында алынған сигналдарды алушыға тағайындалған хабарламаға айналдыру қажет. Барлық осы операцияларды орындау үшін сәйкес техникалық құрылғылар қажет, олар сигналдардың таралуы ортасымен бірігіп электрлік байланыс жүйесін құрады. Ол адамдар да,

әртүрлі тетіктері, атқарушы механизмдері және ЭЕМ бар автоматтық өндірстер де болуы мүмкін.
Электрлік байланыс жүйелерінде хабарламаларды сигналдарға (таратқыш) және сигналдарды хабарламаға (қабылдағыш) түрлендіретін құрылымы мен принципі бойынша әртүрлі жұмыстарды қолданады. Оптикалық хабарламаларды беру жүйелерінде мұндайлар фотоэлектрлік түрлендіргіштер болып табылады, дыбыстық хабарламаларды беру жүйесінде - электроакустикалық түрлендіргіштер болып табылады.
Дыбыстық хабарлау жүйелері кеңістікте таратылған тыңдаушылардың көзінен бастап көп мөлшеріне дейінгі дыбыстық хабарламаны бір жақты беруді қамтамасыз етеді. Техникалық құралдарға байланысты радиохабарлау және сымдық хабарлау жүйелерін ажыратады. Бірінші жағдайда сигналдар радиоарна бойынша беріледі, мұндай таралу ортасы ашық кеңістік болып табылады. Радиоарна арнайы құрылғылар көмегімен қалыптасады, олардың негізгілері радиотаратқыш, таратқыш антенна, қабылдағыш антенна және радоқабылдағыш болып табылады.
Радиотаратқыш микрофонның шығысында электромагниттік толқын түріндегі қоршаған кеңістікке шығарылатын таратқыш антеннамен шығарылатын жоғары жиілікті сигналға түрленеді. Осындай толқындардың әсерінен қабылдағыш антеннада жоғары жиілікті тоқ туындайды, оның өзгеру сипаты жоғары жиілікті сигналдай. Жоғары жиілікті сигналдан жасалған радиоқабылдағышта сәйкес өңдеудкен кейін біріншілік сигнал шығады. Одан әрі төмен жиілікті біріншілік сигнал дауыс зорайтқышпен дабыстық хабарламаға айналады.
Радиоарнаның негізгі түрі радиолелелі сызықтар болып табылады, олар сигналдардың екі жақты берілісін қамтамасыз етеді. Әрбір шеткі сызықтың радиорелелік сызықтары сигналдарды бір мезеттік беру мен қабылдау үшін радиотаратқыш пен радиоқабылдағышқа ие. Беріліс пен қабылдау әртүрлі жиіліктерде жүргізіледі, сондықтан да беретін аппаратура қабылдау жұмысына кедергі келтірмейді. Әрбір аралық станцияда екі бағыттағы сигналдарды бір мезетте қабылдау мен тапсыру үшін радиотаратқыш пен радиоқабылдағыштан екеу бар. Радиорелелік станциялар тізбегі байланыстың радиорелелік желісін түзеді. Бірінші станциядан сигналдар екіншісімен қабылданады, күшейтіледі де, одан әрі үшінші станцияға беріледі, мұндай қайта күшейтіліп, төртінші станцияға беріледі және т.с.с РРЛ станциясының тіректері қаншалықты жоғары болса, радиосигналдар соншалықты алыс қашықтыққа беріледі. Заманауи РРЛ тіректерінің биіктігі 300 м жетеді.
Тропосфералық радиорелелік жүйе тропосфераның төменгі бөлігінде радиотолқындардың бейнесі мен шашырау әсерін пайдаланады. Тропосфера - бұл Жердің атмосферасының төменгі қабаты. Оның жоғарғы шегі шамамен 10-12 км биіктікте болады. Тропосферада үнемі жергілікті көлемді біркелкісіздіктер болады, олар әртүрлі физикалық процестермен негізделген. 0,3-5 ГГц диапазонының радиотолқындары осы біркелкісіздіктермен шашырауға қабілетті. Біркелкісіздік біршама биіктікте болғандықтан, олармен

шашыраған радиотолқындар жүздеген километрлерге таралады. Бұл радиорелелік станцияларды бір-бірінен 200-400 км қашықтықта орналастыруға мүмкіндік береді, бұл тікелей көріну қашықтығынан біршама үлкен. Мұндай сызықта әдетте қол жетімділігі қиын және елдің қашықтағы аудандарында құрылады, мұнда тікелей көрінетін РРЛ күрделі және құруы қиын.
Радиорелелік сызықтардың әртүрлілігі сонымен қатар ғарыштық радиолиниялар болып табылады. Жердегі беріліс станциясы бар радиосигналдар Жердің жасанды серігі бағытында таралады, олармен қабылданады, күшейтіледі және жердің қабылдау станциясы бағытында радиотаратқыш көмегімен беріледі. ЖЖС радиотехникалық құралы үлкен биіктіктегі орналасқан радиорелелік линияның аралық станциясы қызметін орындайды.
Сымды байланыс - бұл сигналдар арнайы, жасанды құрылған үздіксіз ортаның бойында таралады. Сымдармен түзілген, оқшаулағыш жабындары бар және арнайы қорғаныс қабықшаларына орналастырылған сымдық желілер кабельдік желілер байланысы деп аталады. Бүгінде олар сымдық желілердің негізгі типтері болып табылады.
Сымдардың құрылымы мен өзара орналасуына байланысты симметриялық және коаксиальдық кабельдерді ажыратады.

Кабельдердің негізгі элементтері электрлік тізбекті түзетін тоқ өткізетін сымдар болып табылады. Тізбектік симметриялық кабельдерінде құрылымы бойынша бірдей оқшауланған сымдар көмегімен түзіледі. Коаксиальдық кабельдердегі электрлік тізбектер осьтерімен біріккен екі цилиндрлік өткізгіштермен түзіледі, бұл ретте бір өткізгіш (тұтастай) екіншісінің ішінде (қуыс) орналасқан.
Өткізгіштіге диэлектрлік материалдар сигналдарын тарату ортасы ретінде пайдаланылатын сызықтар жатады, соның ішінде жұқа шыны талшықтар жатады. Мұндай сызықтар талшықты оптикалық байланыс сызықтары (ТОБС) атауына ие болды. ТОБС бойнша берілісті бір мезетте 1 млн дейінгі телефондық сигналдар берілісін ұйымдастыра алады. Сырттай оптикалық кабельдер байланыс кабельдерінен аз ерекшеленеді, бірақ та тоқ өткізгіш металл талшықтардың орнына оларда екі қабатты талшықты әйнекті талшық-жарық өткізгіштер қолданылады (диаметрі 125 ... 150 мкм). Дәл солар жииліктің оптикалық диапазонында электр байланыс сигналдары берілетін орта болып табылады (1011 ... 1015 Гц).
Сигнал (сәуле) диэлектрлік қабаттар бөлімінің шекараларынан реттік және толық шағылу есебінен талшықтың ішкі қабаты бойынша таралады. Оптикалық кабельде әйнекті талшықтар берік пластмассалы жүрекшені айнала оралған полиэтиленді құбырлардың ішінде орналасады. Оптикалық кабельдер қарапайым кабельдердей қорғаныштық полиэтиленді қабықшалар мен әртүрлі сыртқы жабындарға ие. Оларды жерде және суда төсеуге болады. Олар электр

магниттік кедергілерге сезімтал емес және сондықтан да металл экрандарды қажет етпейді. Талшықты оптикалық линиялардың маңызды артықшылықтары олардың құрылымында жетіспейтін материалдардың болмауы: мыс, алюминий және т.с.с.

Берілетін хабарламалардың сипаты бойынша электрлік байланыс келесі негізгі түрлерге бөлінеді:

телефондық байланыс және дыбыстық хабарлау;

әріптік-сандық хабарламаларды беру үшін тағайындалған телеграфтық байланыс - телеграмм;

графикалық ақпарат берілетін факсимильдік байланыс: мәтіннің немесе кестенің, схемалардың, сұлбалардың, графиктердің, фотосуреттердің, газеттердің факсимильдік көшірмелерінің жылжымайтын суреттері;

мәліметтерді беру - ЭЕМ-да өңдеу объектісі болып табылатын мәліметтер түсіндірілетін мәліметтерді беруді қамтамасыз ететін электр байланысы түрі;

оптикалық және дыбыстық хабарламалардың бір мезетте берілуін қамтамасыз ететін бейнетелефондық байланыс пен телевизиялық хабарлама;

Видеотелефондық байланыс келіссөздер жүргізуге мүмкіндік бере отырып дербес хабаламаларды екі жақты беруді қамтамасыз етеді, ал телевизиялық хабарлама - массалық хабарламалардың бір жақты берілісін қамтамасыз етеді.

Хабарламаның тік түрлендіру нәтижесінде электр байланыс жүйелері алынатын үздіксіз сигнал ұқсас жүйелер деп аталады.

Телефондық, факсимильдік, видеотелефондық байланыс, дыбыстық және телевизиялық хабарлау жүйелері үздіксіз жүйелерге жатады. Телеграфтық байланыс пен мәліметтерді беру жүйелері дискреттік сигналдарды беру жүйелері болып табылады.

Дискреттік хабарламалардың жүйеде берілуі үшін хабарламаны сигналға өзгерту және керісінше кодтық әдісі қолданылады.

Бұл әдістің ерекшелігі хабарламаны жіберу кезінде хабаолама белгілері кодтық комбинациямен жасалынатын элементтерге ауыстырылады.

Бұл ретте әрбір хабарламаның өзіне сай комбинациясы болады.Қолданылатын барлық комбинациялар жиынтығы телеграф кодын құрайды.

Ең көне және ең танымал Морзе коды болып табылады, комбинациясы екі түрлі элементтен құралады – нүкте және сызықша.

Мәліметтер беру сонымен қатар кодталған ақпарат арқылы да жүзеге асырылады.Кез-келген ЭЕМ-нің жұмысы нөлдік және бірлік комбинациясын білдіретін екілік код.

Хабарламалардың белгілерін ауыстыру процессі нетижесінде бедгілердің кодтық комбинацияға ауыстырылуымен көрсетілетін кодтау жүйесінен басталады.

Содан кейін біртіндеп комбинация элементтері сигнал, тоқ импульстарына және т.б. ауысады.Бұл функциялар шеткері бөліктерін таратын арнайы құоылғылармен орындалады.

.Қабылдағыш жүйенің телеграф байланысы сигналды кері хабаоламаға түрлендіруін орындайды. Алдымен сигнал элементтері кезекпен қабылданады, кодтық комбинация элементтеріне ауыстырылады және сақталынады.Содан кейін кері кодтау операциясы жүзеге асырылады, ол декодирование деп аталады.Қабылдау процесі қағазға бедгілерді жазумен аяқталады.Барлық аталған операциялар қабылдап алынатын және аяқтайтын телеграф құоылғылары арнайы құрылғылармен орындалады.

Мәліметтерді беру жүйесінің телеграф байланысынан айтарлықтай принципті айырмашылығы жоқ. Оларда сондай – ақ хабарламаны сигналға ауыстыратын және керісінше кодтау әдісі қолданылады, сол себепті хабарламаны жіберу процессі және құоылғысы телеграф байланысындағыдай болып келеді. Алайда деректер беру жүйесі дискретті хабаоламаны тиісінше тез және дәлірек айтқанда хабарламаның жоғары жылдамдықта және сапасыеың жоғары болуын қамтамасыз ете алады. Олар жіберілетін хабарламаның кез келген жылдамдықта жіберілуіне кепіл береді.Бұл қосымша құоылғылармен қабылдағыштармен жіберушілердің бірігіп, хабарламаларды жіберу сапасына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Болжамдар көрсеткендей, XXI ғасырда Жер аумағында тұратындардың көпшілігі дерлік дүниежүзілік интернетті пайдаланып бір-бірімен лезде байланысқа шығып, әр қалада болатын банкттер қызметімен, іскерлік мәселелерді шешуге, локальді компьютерлік және өндірістік байланыс желілерін құоуға мүмкіндік алады.

Әдебиеттер тізімі

1. Электрлік тізбектер мен электроника негіздері: Базалық эксперименттерді орындау бойынша нұсқаулық / *Н. Н. Беглецов, Ю. П. Галиш- ников, П. Н. Сенигов.* — Челябинск : «Учебная техника» ЖШҚ, 2006.
2. *Прошин В. М.* Электротехника / В. М. Прошин. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2012.
3. *Прошин В. М.* Электротехника бойынша тапсырмалар жинағы / В.М. Прошин, Г. В. Ярочкина. — М. : «Академия» баспа орталығы; 2012.
4. *Прошин В. М.* Электротехника бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар / В.М. Прошин. — М. : «Академия» баспа орталығы; 2010.
5. *Прошин В. М.* Электротехника бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстарға жұмыс дәптері / В.М. Прошин. — М. : «Академия» баспа орталығы; 2011.
6. *Прошин В. М.* Электротехникалық мамандық үшін электротехника Жұмыс дәптері / В.М Прошин. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2012.
7. *Сенигов П. Н.* Электромеханика негіздері: Базалық эксперименттерді орындау бойынша нұсқаулық / П. Н. Сенигов. — Челябинск : «Учебная техника» ИПЦ, 2009.
8. *Ярочкина Г. В.* Электротехника бойынша бақылау материалдары / Г. В. Ярочкина. — М. : «Академия» баспа орталығы; 2010.

Мазмұны

Кіріспе……4
Электротехниканыңқысқаша тарихы…….....4
Электр қондырғыларымен жұмыс……... 5
Ғылыми-техникалық прогресстің дамуындағы электротехника рөлі……6
1бөлім. Тұрақты тоқтың электрлік тізбегі…….....9
1.1.Электрлік тоқ физикасы. Негізгі электрлік шамалар және олардың өлшем бірліктері.....……9
Теория……...9
Тәжірибе……14
Бақылаусынақтамалары…….....17
1.2. Электр энергиясының көздері. Электрлік тізбек. Электротехника заңдары….....……18
Теория.....18
1.2.1. Электр энергиясы көздерінің түрлері.....18
1.2.2.Электрлік тізбек түсінігі.....20
1.2.3.Электротехниканың негізгі заңдары.....22
Тәжірибе.....24
Бақылаусынақтамалары.....28
1.3. Электр энергиясы қабылдағыштары мен көздерін қосу сұлбалары 29
Теория.....29
1.3.1. Электр энергия қабылдағыштарын жалғау тәсілдері.....29
1.3.2. Электр энергия көздерін жалғау тәсілдері.....32
Тәжірибе.....34
Бақылау сынақтамалары 37
1.4. Электрлік тізбектерінің жұмыс режимдері. Сымдардың есептері. Тармақталған электрлік тізбегі.....39
Теория.....39
1.4.1.Электрлік тізбектерінің жұмыс режимдері.....39
1.4.2.Кернеуді жоғалту мен қыздыруға сымдардың есебі 40
Тармақталған электрлік тізбегі. Контурлық токтардың әдістері.....41
Тәжірибе.....42
Бақылау сынақтамалары 44
1.5. Сызықтық емес электрлік тізбектер.....45
Теория.....45

1.5.1. Сызықтық емес вольт-амперлік сипаттарының түрлері.....45
1.5.2. Сызықтық емес элементтердің реттік қосылысы.....46
1.5.3.Сызықтық емес элементтердің параллель қосылысы.....47
Тәжірибе.....48
Бақылаусынақтамалары.....54
№1 Зертханалық жұмыс Тұрақты тоқтың электрлік тізбектеріндегі кернеуді, тоқ күшін, қуаттылықты және кедергіні өлшеу.....54
№2 Зертханалық жұмыс Электр энергиясының қабылдағыштарын реттік жалғау кезінде тұрақты тоқтың электрлік тізбектерін сынау....59
№3 Зертханалық жұмыс Электр энергиясының қабылдағыштарын аралас жалғау кезінде тұрақты тоқтың электрлік тізбектерін сынау.....63
№4 Зертханалық жұмыс Тұрақты тоқтың сызықтық емес электрлік тізбектерін сынау.....67
2бөлім. Айнымалы тоқтың электрлік тізбегі.....73
2.1. Айнымалы тоқтың электрлік тізбегі түсінігі.
Векторлық диаграммалар.Сыйымдылықты және индуктивтік кедергілердің түсінігі.....73
Теория.....73
2.1.1.Негізгі түсініктер және анықтамалары.....73
2.1.2. Векторлық диаграммалар.....75
2.1.3. Сыйымдылығы.....76
2.1.4. Индуктивтілік.....78
Тәжірибе.....80
Бақылау сынақтамалары 83
2.2.Белсенді кедергісі, индуктивтілігі және сыйымдылығы бар айнымалы тоқтың электрлік тізбектері.....84
Теория.....84
2.2.1.Белсенді кедергісі бар тізбек.....84
2.2.2.Индуктивтілігі бар тізбек.....85
2.2.3.Индуктивтілік пен белсенді кедергісі бар тізбек.....86
2.2.4.Сыйымдылығы бар тізбек.....87
2.2.5. Сыйымдылығы мен белсенді кедергісі бар тізбек.....88
Тәжірибе.....89
Бақылау сынақтамалары 91
2.3. Индуктивтілік орамы мен конденсаторды реттік қосу арқылы айнымалы тоқтың электрлік тізбегі Кернеу резонансы.....93
Теория.....93
2.3.1. Тербегіш контур.....93
2.3.2.Индуктивтілік орамы мен конденсаторды ретімен қосу 94
2.3.3.Кернеу резонансы.....94
Тәжірибе.....96
Бақылау сынақтамалары 99
2.4. Индуктивтілік орамы мен конденсаторды параллель қосу арқылы айнымалы тоқтың электрлік тізбегіToктар резонансы. Қуаттылық коэффициентін арттыру жолы.....100
Теория.....100
2.4.1.Айнымалы тоқтағы өткізгіштік түсінігі.....100

2.4.2. Тоқтар резонансы.....101
2.4.3. Қуаттылық коэффициентін арттыру жолы.....102
Тәжірибе.....103
Бақылау сынақтамалары.....106
№5Зертханалық жұмыс Синусоидальдық кернеу кезіндегі конденсатор мен индуктивтілік орамын реттік жалғау арқылы электрлік тізбекті зерттеу.....107
№6Зертханалық жұмыс Синусоидальдық кернеу кезіндегі конденсатор мен индуктивтілік орамын параллель жалғау арқылы электрлік тізбекті зерттеу.....112
3бөлім. Үш фазалы электрлік тізбектер.....118
3.1. Негізгі түсініктер және анықтамалары Электр энергия қабылдағыштар мен көздердің фазасын жалғау тәсілдері.....118
Теория.....118
3.1.1.Негізгі түсініктер мен анықтамалар.....118
3.1.2. Көздер фазасын жалғау тәсілдері.....119
3.1.3.Жүктеме түрлері. Үшбұрышпен жүктеме фазаларын жалғау....122
Тәжірибе.....124
3.2. Жұлдызшамен жүктеме фазаларын жалғау. Үш фазалы электрлік тізбектің қуаттылығы. Үш фазалы электрлік тізбекті есептеу әдістері.....127
Теория.....127
3.2.1. Жұлдызшамен қосылған симметриялық жүктеме.....127
3.2.2. Жұлдызшамен қосылған симметриялық емес жүктеме. Бейтарап сымның рөлі.....128
3.2.3 Үш фазалы электрлік тізбектің қуаттылығы және оны өлшеу әдістері.....129
3.2.4.Үш фазалы электрлік тізбекті есептеу әдістері.....130
Тәжірибе.....133
Бақылаусынақтамалары.....136
№7 Зертханалық жұмыс Жұлдызшамен қосылған бір фазалы қабылдағыштардың белсенді жүктемесі кезінде үш фазалы электрлік тізбекті зерттеу.....137
№8 Зертханалық жұмыс Жұлдызшамен қосылған бір фазалы қабылдағыштардың белсенді-реактивті жүктеме кезінде үш фазалы электрліктізбекті зерттеу.....142
№9 Зертханалық жұмыс Үшбұрышпен қосылған бір фазалы қабылдағыштардың белсенді жүктемесі кезінде үш фазалы электрлік тізбекті зерттеу.....147
№10 Зертханалық жұмыс Үш фазалы электрлік тізбектер жұмысының апаттық режимдерін зерттеу.....152
4бөлім. Магниттік тізбектер.....159
4.1. Магниттік өрістер туралы жалпы мәліметтер.....159
Теория.....159
4.1.1.Магниттік өрістің индукциялық және күштік әсерлері.....159
4.1.2. Магниттік өрістің негізгі сипаттары.....160
4.1.3. Ферромагниттік материалдардың физикасы.....161
Тәжірибе.....163

Бақылау сынақтамалары 165
4.2. Магниттік тізбек түсінігі. Магниттік және электрлік тізбектер арасындағыұқсастық Электромагниттік құрылғылар.....166
Теория.....166
4.2.1.Магниттік тізбек түсінігі. Тұрақты тоқ заңы.....166
4.2.2.Магниттік және электрлік тізбектер арасындағы ұқсастық.....167
4.2.3. Электромагниттік құрылғылар.....169
Тәжірибе.....172
4.3. Магниттік тізбектер есебі. Айнымалы тоқтың магниттік тізбегі.....176
Теория.....176
4.3.1. Тұрақты тоқтың магниттік тізбектерін есептеу.....176
4.3.2. Айнымалы тоқтың магниттік тізбегі. Магниттік шығындар....178
Тәжірибе.....180
Бақылау сынақтамалары 184
№11 Зертханалық жұмыс Тұрақты тоқтың магниттік тізбегін зерттеу.....185
№12 Зертханалық жұмыс Айнымалы тоқтың магниттік тізбегін зерттеу.....189
5 бөлім. Электрлік тізбектер.....195
5.1. Электромагниттік өлшеу аспаптарының негізгі сипаттары мен құрылымдық элементтері.....195
Теория.....195
5.1.1. Негізгі түсініктер және анықтамалары.....195
5.1.2. Электр өлшегіш аспаптардың негізгі сипаттамалары.....197
5.1.3.Электромагниттік өлшеу аспаптарының құрылымдық элементтері.....199
Тәжірибе.....201
Бақылау сынақтамалары.....203
5.2.Әртүрлі жүйелердің электрлік өлшегіш аспаптарының құрылымдық сұлбалары мен әрекет ету принципі 204
Теория.....204
5.2.1. Магниттік электрлік приборлар.....204
5.2.2. Электромагниттік аспаптар.....207
5.2.3. Электродинамикалық аспаптар.....208
5.2.4. Индукциялық аспаптар.....210
5.2.5.Өздігінен жазатын және тіркейтін аспаптар.....211
Тәжірибе.....212
Бақылау сынақтамалары.....214
5.3. Электрондық өлшеу құралдары 216
Теория.....216
5.3.1. Элеткрондық өлшегіш аспаптардың ерекшеліктері.....216
5.3.2. Электрондық сәулелік осциллограф.....217
5.3.3.Электрондық вольтметр..... 220
5.3.4.Электрондық өлшегіш генератор 222
5.3.5.Мультметрлер..... 223
Тәжірибе.....224
Бақылау сынақтамалары 225

5.4. Электрлік және электрлік емес шамаларды өлшеу.....226
Теория.....226
5.4.1. Кернеуді өлшеу.....226
5.4.2. Тоқты өлшеу.....228
5.4.3. Қуаттылықты өлшеу.....228
5.4.4.Кедергіні өлшеу.....229
5.4.5.Электрлік емес шамаларды өлшеу.....230
Тәжірибе.....231
Бақылау сынақтамалары.....234
№13 Зертханалық жұмыс Электрондық өлшегіш аппаратураны үйрену.....235
6-бөлім Өндірістік электроника негіздері.....241
6.1. Өндірістік электрониканың сызықтық және сызықтық емес элементтері.....241
Теория.....241
6.1.1. Жалпы мәліметтер.....241
6.1.2. Өндірістік электрониканың сызықтық элементтері.....241
6.1.3.Жартылай өткізгіштердің өткізгіштік физикасы.....245
6.1.4. п және р типті жартылай өткізгіштер негізіндегі аспаптар.....246
6.1.5. Электрондық ойып өту қасиеті.....247
6.1.6. Диодтар.....248
6.1.7. Далалық транзисторлар.....251
6.1.8. Биполярлық транзисторлар.....253
6.1.9.Тиристорлар.....257
6.1.10. Интегралдық микросұлбалар.....258
Бақылау сынақтамалары.....259
6.2. Түзеткіш құрылғылар.....261
Теория.....261
6.2.1. Түзеткіш құрылғы элементтерінің құрамы мен тағайындалуы 261
6.2.2. Бір жартылай периодты бір фазалы түзеткіш.....263
6.2.3. Екі жартылай периодты бір фазалы түзеткіш.....263
6.2.4. Үш фазалы түзеткіштердің сұлбалары.....265
6.2.5. Тегістеуші фильтрлер.....267
6.2.6. Инверторлар.....268
6.2.7. Тұрақты кернеу тұрақтандырғыштары.....269
Тәжірибе.....272
6.3. Күшейткіш құрылғылар.....278
Теория.....278
6.3.1. Күшейткіштердің тағайындалуы мен жіктелуі.....278
6.3.2.Күшейткіштің параметрлері және өлшемдері.....279
6.3.3.Күшейткіш жұмысының принципі мен режимдері.....280
6.3.4. Күшейткіштердегі кері байланыс.....282
6.3.5. Термиялық тұрақтану ұстанымы.....284
6.3.6. Кернеудің көп каскадты күшейткіштері.....285
6.3.7. Операциялық күшейткіштер.....288
6.3.8. Қуаттылық күшейткіштері.....290
Тәжірибе.....292

Бақылау сынақтамалары.....294
6.4. Электрондық генераторлар.....295
Теория.....295
6.4.1. Электрондық генераторлардың жіктелуі.....295
6.4.2. Синусоидальдық тербелістің LC- генераторлары.....296
6.4.3. Синусоидальдық тербелістің RC- генераторлары.....297
6.4.4. Релаксациялық генераторлар.....298
6.4.5. Мультитербелткіш.....300
6.4.6. Триггер.....301
Тәжірибе.....302
Бақылау сынақтамалары.....304
№14 Зертханалық жұмыс. Түзеткіштерді сынау.....305
№15 Зертханалық жұмыс. Екі каскадты транзисторлық күшейткішті сынау.....310
№16 Зертханалық жұмыс. Тұрақты кернеу тұрақтандырғыштарын сынау.....316
7 бөлім. Электрлік машиналар.....323
7.1.Электрлік машиналар туралы жалпы мәліметтер Трансформаторлардың құрылымы мен әрекет ету принципі.....323
Теория.....323
7.1.1.Негізгі түсініктер және анықтамалары.....323
7.1.2.Электрлік машиналар негізіне қойылған принциптер.....324
7.1.3. Трансформатордың тағайындалуы, құрылымдық сұлбасы және әрекет ету принципі.....325
Тәжірибе.....329
Бақылау сынақтамалары.....331
7.2.Трансформатордың сипаттары. Арнайы тағайындалымдағы трансформаторлар.....333
Теория.....333
7.2.1.Трансформациялаудың кернеу және коэффициент теңдеулері.333
7.2.2.Қуаттылықты және ПӘК трансформаторды жоғалту 335
7.2.3.Трансформатордың сыртқы сипаттамасы.....336
7.2.4. Үш фазалы трансформатор.....337
7.2.5. Автотрансформатор.....339
7.2.6. Өлшеу трансформаторлары.....340
7.2.7. Дәнекерлеу трансформаторлары.....341
Тәжірибе.....342
Бақылау сынақтамалары.....344
7.3. Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс қағидасы, құрылымы және сипаттамасы 346
Теория.....346
7.3.1.Айналатын магниттік өрісті құру қағидасы.....346
7.3.2. Асинхронды машина құрылымы.....347
7.3.3.Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш принципі 349
7.3.4. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық және жұмыстық сипаттамалары.....351
7.3.5.Асинхронды машинаны жоғалту. Энергетикалық диаграмма..352

Тәжірибе.....353
Бақылау сынақтамалары.....355
7.4. Асинхрондық қозғалтқышты іске қосу және айналу жиілігін реттеу. Бір фазалы және әмбебап асинхрондық қозғалтқыштар..... 357
Теория.....357
7.4.1. Үш фазалы асинхрондық қозғалтқышты реверсирлеу және іске қосу сұлбалары.....357
7.4.2. Үш фазалы асинхрондық қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу.....359
7.4.3. Бір фазалы асинхрондық қозғалтқыштар.....360
7.4.4. Әмбебап асинхрондық қозғалтқыштар.....363
Тәжірибе.....364
Бақылау сынақтамалары.....364
7.5. Синхрондық машиналар.....365
Теория.....365
7.5.1. Синхронды машина құрылымы.....365
7.5.2. Қозғалтқыш режимінде жұмыс істеу кезіндегі синхрондық машинаның әрекет ету принципі.....367
7.5.3. Генератор режимінде жұмыс істеу кезіндегі синхрондық машинаның әрекет ету принципі.....368
7.5.4. Синхрондық қозғалтқышты іске қосу ерекшеліктері.....368
7.5.5. Аз қуаттылықтағы синхрондық машиналар.....370
Тәжірибе.....371
Бақылау сынақтамалары 371
7.6. Тұрақты тоқ машиналары туралы жалпы мәліметтер. Тұрақты тоқ генераторы..... 373
Теория.....373
7.6.1. Тұрақты ЭҚК алу принципі.....373
7.6.2. Тұрақты тоқ машинасының құрылымы мен әрекет ету принципі.....374
7.6.3. Тұрақты тоқ машинасының ЖҚК мен электромагниттік моменті.....375
7.6.4. Тұрақты тоқ машиналарын қоздыру тәсілдері.....375
7.6.5. Генератор режиміндегі тұрақты тоқ машинасының жұмысы... ……..377
7.6.6.Генератордың бос жүрісінің сипаты.....378
7.6.7.Генератордың сыртқы сипаттамасы 379
Тәжірибе.....379
Бақылаусынақтамалары.....382
7.7.Тұрақты тоқ қозғалтқышы.....383
Теория.....383
7.7.1.Қозғалтқыш режиміндегі тұрақты тоқ машинасының жұмысы…….383
7.7.2. Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу.....385
7.7.3.Қозғалтқышты іске қосу және іске қосу реостатының рөлі.....386
7.7.4. Реттік қоздырғышы бар тұрақты тоқ қозғалтқышы..... 387
7.7.5.Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштар.....388
Тәжірибе.....389

Бақылау сынақтамалары 390
«Электрлік машиналар бөлімі бойынша есептік тәжірибелік сабақ Электрлік машиналардың негізгі типтерін салыстырмалы бағалау.....392
№17 Зертханалық жұмыс Бір фазалы трансформатордың сынақтары.....394
№18 Зертханалық жұмыс Тұрақты тоқ генераторын сынау..... 398
№19Зертханалық жұмыс Тұрақты тоқ қозғалтқышын сынау.....404
№20 Зертханалық жұмыс. Қысқа тұйықталған роторы бар үш фазалы асинхрондық қозғалтқыш сынақтары.....410
8 бөлім. Электр энергиясын өндіру және тарату.....416
8.1. Электр энергиясын өндіру.....416
Теория.....416
8.1.1. Электр энергиясының дәстүрлі көздері.....416
8.1.2. Энергияның дәстүрлі емес жаңартылатын көздері.....418
Бақылау сынақтамалары.....420
8.2. Электр энергиясын беру және тарату.....422
Теория.....422
8.2.1. Электр энергиясын беру.....422
8.2.2. Электр энергиясын тарату.....424
Бақылау сынақтамалары.....426
Қосымшалар 428
Қосымша 1. Электрлік және магниттік тізбектер мен электроника негіздері бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға жалпы нұсқаулар.....428
Қосымша 2. ЭЛЕКТРЛІК МАШИНАЛАР БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ОРЫНДАУ ҮШІН ҚАБЫРҒА ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР 433
Қосымша 3 НЕГІЗГІ ЭЛЕКТРЛІК ШАМАЛАР.....434
Қосымша 4. ӨЛШЕМНІҢ ЕСЕЛІК ЖӘНЕ ҮЛЕСТІК БІРЛІКТЕРІНІҢ БЕЛГІЛЕНУІ 437
ҚОСЫМША 5 Шекті электрлік кедергі және негізгі электротехникалық материалдар кедергісінің температуралық коэффициенті.....437
ҚОСЫМША 6 НЕГІЗГІ ЭЛЕКТРОТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ДИЭЛЕКТРЛІК ӨТКІЗГІШТІГІНІҢ ОРТАША МӘНІ.....438
ҚОСЫМША 7 электр тізбегі элементтерінің шартты графикалық суреті.....438
ҚОСЫМША 8 Жерге тұйықтау туралы жалпы мәліметтер.....438
Қосымша 9 ЭЛЕКТРЛІК БАЙЛАНЫС ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР.....441
Әдебиеттер тізімі.....445

Оқу басылымы

Прошин Владимир Михайлович

Электротехникалық емес мамандық үшін электротехника

Оқулық

Редакторы Е. М. Зубкович
Техникалық редакторы Е. Ф.Коржуева
Компьютерлік беттеу: Д. В. Федотов
Түзетуші Н. В. Савельева

Басылым №101116292. 28.02.2014 жылы басып шығаруға қол қойылған. Формат 60 х 90/16.
«Baltica» гарнитурасы Офсеттік қағаз №1 Офсеттік баспа. Шартты баспа беті 29,0.
Таралымы 3000 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы» ЖШҚ,. www.academia-moscow.ru 125252, Мәскеу, Мир даңғылы, 101В, 1 көше, а/ж 48.
Тел./факс: (495)648-0507, 616-0029.
05.04.2013 жылғы № РОСС RU.AE51.H16476 Санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды.

«Можайск полиграфиялық комбинаты» ААҚ басып шығарылған.
143200, Можайск қ-сы, Мира к-сі, 93.
www.oaompk.ru, www.оаомпк.рф тел.: (495) 745-84-28, (49638) 20-685