

В.М. ПРОШИН

ЭЛЕКТРЛІК ТЕХНИКА

Оқулық

*Федералды мемлекеттік мекемесімен ұсынылған
«Федералдық білім беруді дамыту институты»
(ФМAM «ФББДИ»)
барлық техникалық мамандықтардағы орта кәсіптік білім беру
ортасының бағдарламаларын іске асыратын білім беру мекемелерінің оқу
процесінде қолдануға арналған оқу құралы*

*Рецензияның тіркеу нөмері 427
2 шілде 2009 жыл, ФМAM «ФББДИ»*

6-шы басылым, стереотиптік



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2017

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:

«№13 политехникалық колледж» КМҚК-ның оқытушысы Чубуков С.В; П.М. Вострухина

Прошин В. М.

П847

Электротехника: орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттері үшін оқулығы/В.М. Прошин. - 6-шы бас., стер - М. : «Академия» баспа орталығы, 2017. - 288 б.

ISBN 978-601-333-278-9 (каз.) ISBN 978-5-4468-3903-2 (рус.)

Оқулық электротехниканың барлық негізгі бөлімдері бойынша негізгі материалдарды қамтиды: тұрақты және ауыспалы тоқтың электр және магниттік тізбектері, электрлік өлшемдер, өнеркәсіптік электроника негіздері, электр машиналары, электр энергиясын өндіру және тарату. Барлық тараулар 50 сағаттық логикалық аяқталған екі сағаттық тақырыптар. 24 қосымшада көрсетілген барлық тақырыптар бойынша электр тізбектерін, электромагнитті және электронды құрылғыларды есептеу мысалдары келтірілген.

Оқу құралы техникалық бейіні үшін ҒӘҚ ПШО-на сәйкес «Электротехника» мамандығының жалпы кәсіби пәнін оқып үйрену үшін пайдаланылуы мүмкін. Орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттері үшін.

ӘОЖ 621.3(075.32)

КБЖ 31.2ші722

ISBN 978-601-333-278-9 (каз.)

ISBN 978-5-4468-3903-2 (рус.)

© Прошин В.М., 2010

© «Академия» білім беру және баспа орталығы, 2010

© Әрлендіру. «Академия» баспа орталығы, 2010

Бұл оқулық техникалық бейіндік мамандығының оқу-әдістемелік құрамдас бөлігі болып табылады.

Оқулық «Электротехника» жалпы кәсіби пәнін оқуға арналған.

Жаңа буынның оқу-әдістемелік жинақтары жалпы және жалпы кәсіби пәндерді және кәсіби модульдерді оқып-үйренуге мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу-әдістемелік материалдарды қамтиды. Әрбір жинақта жұмыс берушінің талаптарын ескере отырып, жалпы және кәсіби құзыреттерді меңгеру үшін қажетті оқулықтар мен оқу құралдар, оқу және басқару құралдары бар.

Оқу басылымдары электронды білім беру ресурстарымен толықтырылады. Электрондық ресурстарда интерактивті жаттығулар мен тренерлер, мультимедиялық нысандар, интернетте қосымша материалдар мен ресурстарға сілтемелер бар теориялық және практикалық модульдер бар. Оған терминологиялық сөздік және оқу үрдісінің негізгі параметрлері белгіленетін электрондық журнал кіреді: жұмыс уақыты, бақылау және практикалық тапсырмалардың орындалу нәтижесі. Электронды ресурстар оқу үдерісіне оңай енеді және әртүрлі оқу бағдарламаларына бейімделуі мүмкін.

Машина құрастыру жұмысының слесаріне немесе құрылысшыға, кең профильді станокшыға немесе технологқа, механикке немесе автослесарьге электрлік техника не үшін керек? Ал слесарь өзінің өндірістік қызметінде, мысалы, электродрельді қолданбай ма? Құрылысшы циклевті машинасын, электрорубанкін, көтергіш механизмді пайдаланбайды ма? Бүгінде тек электр қозғалтқыштары мен коммутациялық құрылғылары ғана емес, сонымен қатар микропроцессормен қоса, цифрлы құрылғылармен де айналысатын машина туралы айтамыз.

Сіздің өрісіңізде жақсы маман болу үшін және «ренжіген» электр қондырғысынан «соққыларға» жол бермеу үшін электротехниканың әртүрлі түрлерінің жұмысына енгізілетін негізгі заңдарды білуіңіз керек, олардың дизайнын, жұмыс принципін, сипаттамалары, тестілеу әдістері, қосымшалары және, ақырында, оларды есептеудің алгоритмдері. Бұл құрылғылар мен қондырғылар электрлік жарықтандыру және желдету жүйесі, электр құралы, мониторинг және өлшеу жүйесі, электромагниттік реле немесе электр қозғалтқышы, электронды күшейткіш немесе сандық құрылғы болуы мүмкін.

Барлық осы білімдер бізге «Электрлік техниканы» үйренуге мүмкіндік береді.

Электрлік техниканың даму перспективі мен қысқаша тарихы



Электрлік техника - физикадағы негізгі заңдар ғылымы электр энергиясын өндіру және оны өнеркәсіпте және күнделікті өмірде қолдану.

Ол салыстырмалы түрде жас, ал оны құру жылы - академик В.В. Петров электр доғасының құбылысын анықтаған және зерттеген, сондай-ақ оны жарықтандыруға, дәнекерлеуге және балқытуға қолдану мүмкіндігі болған кезде. әрі жетілдіру жеті миля қадаммен жүзеге асырылды:

1820 ж. - А.М. Ампер екі параллель өткізгіштердің тоқпен өзара әрекеттесуін өлшеп, *электр қозғалтқыштарын* құруға негіз болады (Ампер заңы);

1826 ж. - Г. Ом *электр тізбектерін есептеудің* басталуын белгілеп, өзінің атымен атап, заңды эксперименталды түрде растады;

1831 ж. - М. Фарадей *электр генераторларын* салу үшін негіз жасайтын электромагниттік индукция феноменін анықтады;

1834 ж. - Б.С. Якоби тұрақты қозғалтқыштың электр қозғалтқышын құрды, ол *негізгі көлік қозғалтқышы* болды;

1847 ж. - Г.Р. Кирхгоф ондағы заңдарды тұжырымдады, ол күрделі *электр тізбектерін* есептеуге мүмкіндік берді;

1872 ж. - А.Г.Столетов *магниттік тізбектерді* есептеу үшін негіз салатын В (Н) темірдің магнитизациялау қисығын алып тастады;

1875 ж. - П.Н. Яблочков *электр энергиясын* едәуір қашықтықта өткізуді қамтамасыз ететін трансформатор құрды;

1888 ж. - М.О. Доливо-Добровольский үш фазалы асинхронды айнымалы ток қозғалтқышын құрастырды - кез-келген металл кесетін *машинаның негізгі қозғалтқышы*;

1895 ж. - А.С.Попов *радио және телевидение* негіздерін салатын радио байланыс мүмкіндіктерін көрсетті.

Барлық кейінгі ашылымдар мен өнертабыстар электр қондырғыларының негізгі элементтері болып табылатын іс жүзінде жұмыс істейтін көздерді және электр энергиясын алушыларды құруға бағытталған. Бүгінгі күні Ресей гидроэнергетика, жылу, атомдық және басқа электр станцияларында жылына 900 млрд. кВт / сағат электр энергиясын өндіреді - әлемдік өндірістің шамамен 7%. Олардың көпшілігі (68%) жылу электр станцияларымен өндіріледі, бірақ әлемдік практикаға қарағанда, тек 16% ғана (көмірдің жартысы) - көмірді жағу арқылы. Ресейде мұнай мен газдың барланған қоры бар, ол 70 жылға созылады, ал көмір қоры жүздеген жылдар бойы жалғасады.

Сондықтан, электр энергиясын өндіру перспективасы - қолданыстағы жылу электр станцияларын берік тас көмірге ауыстыру.

Келесі кезең - атом электр станциялары өндіретін электр

энергиясының үлесін 2020 жылға қарай 13-тен 25% -ға дейін арттыру.

Ақырында, Ресей өзен ағынын тұрғысынан әлемдегі жетекші өзендердің бірі болып табылады, ал осы жаңартылатын энергияның тек 20% гидравликалық электр станцияларында электр энергиясын өндіру үшін қолданылады.

Ұзақ мерзімді перспективада басқа жаңартылатын энергия көздерін пайдалану: күн, геотермальды, жел энергетикасы, су және т.б.,

Бүгінде электр энергиясын тұтыну саласында бүгін және ертең - ең алдымен, электр қондырғыларының тиімділігін арттыру, өндірістегі шығындардың азаюы және электр энергиясын беру. Бүгінгі күні тоңазытқыш, теледидар, шаңсорғыш, кір жуғыш машина сатып алу бізді қуат тұтынуға қызықтырады. Қымбат болса да, бірақ энергияны үнемдейтін шамдар сатып аламыз, біз төлейміз. Сол сияқты, өндірісте: ескі жабдық пен технологияларды заманауи энергия үнемдегіштерге ауыстыру шығындарды қажет етеді, бірақ ол ақысын төлейді.

Электротехниканың даму бағыттарының бірі энергетикалық қондырғылардың экологиялық жағдайға әсерін төмендету болып табылады. Көмірді, мұнай мен газды жағу, құнарлы жерлердің мыңдаған гектар алқаптарын, ормандарды және бүкіл елді мекендерді гидроэлектр станцияларын салу кезінде атмосфераға қалдықтармен ластауға жол берілмейді. Ғалымдардың, инженерлердің, технологтардың және құрылысшылардың күш-жігері бүгінгі экологиялық жағдайды жақсартуға бағытталған.

Және, әрине, Ресейдің негізгі міндеттерінің бірі - халықтың жан басына шаққандағы электр энергиясын тұтыну бойынша әлемдегі 17-ші орыннан біріншіге дейін көтеру.



Энергияның басқа түрлерінен электр энергиясының артықшылығы айқын:

- кез келген қашықтықты оңай таратуға қабілетті;
- кез келген бөліктерге бөлу мүмкіндігі;
- энергияның басқа түрлеріне (жеңіл, жылу, механикалық және т.б.) айналудың қарапайымдылығы.

Қауіпсіздік ережелер сұрақтары

Сондай-ақ, оның негізінде түрлі технологиялық үдерістер мен техникалық объектілердің автоматтандырылған басқару жүйелері құрылуы мүмкін.

Адамның әсер етуі бойынша электр тогының үш түрге бөлінуі мүмкін:

- сезімтал: 0,6 мА астам - әлсіз қышу; 3 мА астам - залалсыздандыру; 8 мА астам - қолдың бұлшық еттерін еріксіз қысқаруы;
- босатылмайтын: 10 мА-дан астам - қолдың бұлшық еттерінің шприцтері, зардап шеккен адам қолын босата алмайды; 25 мА-дан астам - кемелер тек қолдың бұлшықеттері ғана емес, сонымен бірге денесі 50 мА-дан астам - сананың жоғалуы, тыныс алуды тоқтату және тіпті өлім;
- фибрилляция: 100 мА-ден астам - жүрек бұлшықеттерін тітіреді, қан тамырларын тарылтады, қан қозғалысын тоқтатады, өлімге әкеледі.

Жоғарыда көрсетілген өнеркәсіптік жиіліктің айнаымалы ток (50 Гц) қолданылады. Жиілікті жоғарылату жарақат алу қаупін азайтады, себебі ток ағзаның бетіне шығады. DC кем қауіпті (4-5 рет).

Егер R_4 адам денесінің номиналды қарсылығы шамамен 3 000 Ом болса, онда $U = 220$ В стандартты өндірістік кернеуі бойынша Ohm заңына сәйкес ток күші $I = U / R_4 = 220 / 3\,000 = 0,073 = 73$ мА және кернеуде 380 В - $I = 127$ мА. Жоғарыда айтылғандай, ағымның осы мәндері, демек кернеу адам үшін өлімге ұшырайды.

Электр тогының соғу қаупін азайтуға бола ма? Егер ағым ағып кететін тармақтың кедергісін арттыру үшін шаралар қабылданса. Мысалы, егер адам резенке матамен тұрса, ол ағаштың құрғақ қабатында $+ R_K = R_n = 150,000$ Ом, тіпті 380 В кернеуде болса, ток $I = U / (R_4 + R_K + R_n) = 2, 5$ мА ғана тітіркенуі мүмкін. Электр қондырғыларымен жұмыс кезінде электр қауіпсіздігін жақсартудың бір тәсілі оқшаулағыш кілемшелерді, тіректерді, резенке қолғаптарды және бумаларды, шыбықтарды, оқшауланған тұтқалары бар құралдарды және т.б. пайдалану болып табылады.

Тағы бір тәсілі - адамның қолын тигізуі мүмкін және қалыпты жағдайда күйзеліске ұшырамайтын жабдықтың элементтерін негіздеу. Бұл жағдайда адамның денесі адамның денесінің қарсылықтарынан бірнеше есе аз болатын жердің электродына параллель «қосылды». Демек, оқшаулаудың бұзылуы және жабдықтың денесінде стресс болған жағдайда, кішкентай ток ағзаның денесі арқылы денсаулығына қауіпсіз болып келеді.

Барлық тірі бөлшектер тиісті корпустар мен қоршаулармен қорғалуы тиіс.



Электр тогынан қорғайтын ең тиімді әдіс кез келген қалыптан тыс жағдайда оны мүмкіндігінше тез өшіру болып табылады.

Жұмысты тоқтату уақыты сонымен қатар қауіпсіз токтың мәнін анықтайды. Егер 1 секунд өшіру кезінде ток 50 мА-дан төмен болса, онда өшіру уақытында 0,1-ден аз болса, ол 400 мА-қа дейін жетеді. Қысқа ток құрылғысы (УЗО) - жоғары жылдамдықты автоматты ажыратқышты бар бұл өшіру уақыты. Адамдар мен мүлікті электр тоғымен зақымданудан қорғау және электр желісіндегі қысқа тұйықталудың салдарын болдырмау, электр жабдықтары бұзылған немесе электр құрал-жабдықтардың ашық өткізгіш бөліктерімен кездейсоқ байланысу.

Ғылыми-техникалық прогресті дамытудағы электрлік техниканың рөлі

Электр энергиясыз ғылыми және технологиялық прогресс мүмкін емес. ГОЭЛРО жоспарын еске түсірейік, ол Ресейді қысқа мерзім ішінде қуатты экономикалық дамыған билікке айналдырды. Бүгінгі күні әлемдегі кез-келген басқа елге қарағанда электр қуатын өндіретін Америка Құрама Штаттары, соның ішінде Ресейге қарағанда үш есе артық, әлемдегі ең технологиялық дамыған ел. Соңғы 10 жылда Қытай электр қуатын өндіруді екі есеге көбейтті және АҚШ-тан кейін екінші орынға шықты. Бұл Қытайдың эко-экономикасының қарқынды өсуіне, еңбек өнімділігінің күрт өсуіне және өндіріс құнын төмендетуге әкелді.

Ғылыми-техникалық прогресті дамыту, өз кезегінде, электр энергетикасының өсуіне, қауіпсіз атом электр станцияларының (АЭС) құрылуына, жылу электр стансаларындағы (ЖЭС) қалдықтардың атмосфераға шығарылуын азайтуға, айтарлықтай қашықтықта электр энергиясын берудегі шығындарды азайтуға, электр энергиясын үнемдеуге және оның құнын төмендетуге, энергияны үнемдейтін технологияларды, жабдықтарды, электр техникаларын және электр жабдықтарын жасау

2020 жылға дейін Ресей үшін қабылданған электрлендіру жоспары - бұл жаңа ГОЭЛРО жоспар. Ол электр энергиясын өндіру көлемін шамамен 70% -ға ұлғайтуды көздейді, бұл жылына 1500 млрд. кВт / сағ дейін жетуге мүмкіндік береді. 26 жаңа атом электр станциясын іске қосу жоспарланып отыр, бұл атмосфераға шығарылатын қалдықтардың сапасына қатаң бақылаумен ЖЭС-ны көмір отынына айналдырып, кішігірім өзендерде жаңа шағын гидроэлектростанцияларды қалпына келтіру және салу

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электротехникасын нені оқытады?
2. Электротехникасын дамытудың негізгі кезеңдері қандай?
3. Электр энергиясының артықшылықтарын көрсетіңіз.
4. Электр қондырғыларымен жұмыс істеу кезінде электр қауіпсіздігін арттыру жолдары қандай?
5. Ресейде энергияны дамыту перспективаларын көрсетіңіз.

1 тарау

ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

1.1.

НЕГІЗГІ ЭЛЕКТР ҚҰНДЫЛЫҚТАРЫ

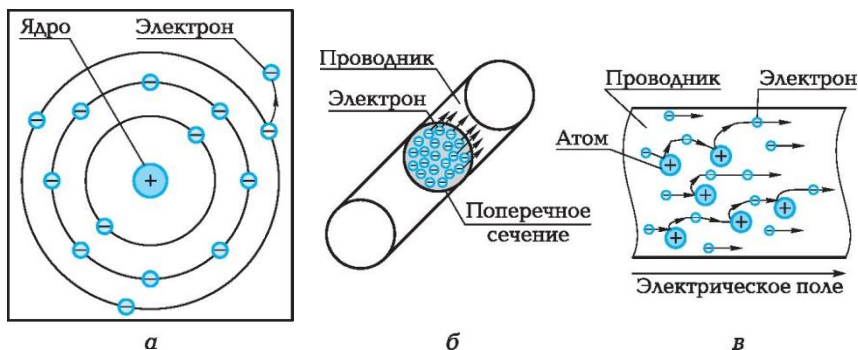
1.1.1. Электр тогының физикасы

Барлық электротехниканың негізі - тікелей ток. Электр тізбектерінің негізгі тұжырымдамалары мен заңдарын, электр және магниттік тізбектерді есептеу әдістерін игеріп, электротехника саласындағы барлық нәрсені түсінуге болады.

Сонымен, электр тогы дегеніміз не? Барлық денелер атомдардан тұрады. Атом ядро мен электроннан тұрады. Электрондар әртүрлі орбиталардағы ядро айналасында айналады, олардың кейбіреулері ядроға жақын, басқалары алыс болады (1.1-сурет, а). Электротехника ядромен ең аз байланысқа ие және атомды қалдырып, еркін болып келетін алыс (сыртқы) орбиталарда электрондарды қызықтырады. Егер бұл еркін электрондар сыртқы энергияның әсерінен ұйымдастырылған түрде қозғалса, онда электр тогы пайда болады.



Осылайша, өткізгіште электр тогы электрондардың бағытталған қозғалысы болып табылады. Шын мәнінде, бұл сыртқы энергетиканың әрекет етуі бойынша өткізгіштегі бір шетінен екіншісіне қарай ауысады. Дриптің жылдамдығы төмен (шамамен 1 мм / с), алайда электрлік өзара әрекеттесу жарық жылдамдығына (300,000 км / с) жақын жылдамдықта жүреді. Сондықтан қызған шамды қосқаннан кейін, барлық еркін электрондар бір уақытта жылжи бастайды және жарық шамдар арқылы ағып кетеді, бұл талшықтың қызуына әкеліп, оның жарқылына әкеледі. Электр энергиясы жылу мен жарыққа айналады.



Сурет. 1.1. Электр тогының физикасы:

а - атомның диаграммасы; б - өткізгіштің қимасы арқылы өтетін электрондар; с - қарсылық тұжырымдамасын түсіндіретін диаграмма

1.1.2. Негізгі электр құндылығының түсінігі

Электр тогының күші бойынша мен электро мөлшерін білдіреді. Бір уақытта бір уақытта өткізгіштің көлденең қимасы арқылы өтетін бөлшектердің саны.

Егер бір секундта $6.28 \cdot 10^{18}$ электрон электр тогының бір қимасы ($q = 1 \text{ Cl}$) болса, онда ток күші бір амперге тең ($I = 1 \text{ A}$). Суретте. 1.1, б, өткізгіштердің көлденең қимасы арқылы тек 20 электрон өтеді. Егер ток өткізгіштің көлденең қимасы бойынша біркелкі таратылатын деп есептелетін болсақ, онда ток I соғұрлым көп болса, соғұрлым оның тығыздығы:

$$j = I/S, \text{ A/мм}^2.$$

Электрон - теріс зарядталған бөлшектер. Табиғатта барлық элементтердің бейтарап заряды болғандықтан, ядро оң зарядталған бөлшектерден тұрады - протондар. Протонның заряды электрон зарядына тең болуы керек ($q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ жасушалар). Сонымен бірге электрондық массасы протон массасынан шамамен 2000 есе аз. Бөлшекті неғұрлым жеңілдететін болса, онда оны қозғалысқа келтіру үшін аз қуат қажет.

Электрондарды қозғалтуға мәжбүрлеу үшін (электр тогын алу үшін) сыртқы энергияны қолдану керек (мысалы, электр өрісін құру үшін). Өрістің әрбір нүктесі әлеуеті бар.



Кернеу U - екі нүкте арасындағы ықтимал айырмашылық. кен орны. Бұл жұмсалған жұмыстарға сандық түрде тең зарядты бір нүктеден екіншісіне ауыстыру.

Қолданбалы энергияның қолданылуымен жаңа электрондар қалдырылады орбиталар беріп, басқа еркін электрондармен бірге қозғалады белгілі бір бағытта шайнау. Неғұрлым көп бекітілген энергия (кернеу), электрондардың саны азаяды электр тогының соғұрлым көп болуы. Электрондар энергия бойымен өтеді суарғышты тұтынушыға беруге болады (мысалы, электр шам, электрлік өрт, электромагнит, электр қозғалтқышы). Осыда Көзден алынған электронның энергиясы өзгереді кез-келген басқа энергия түрінде тұтынушы туралы: ламаз- жылу, жылытқыш үшін, магнит электромагнит, электр қозғалтқышы үшін механикалық және т.б



Электр қозғалтқыш күші ($ЭМӨ$) E - әлеуеті бастапқы кернеу, кернеу көздерінде қысымында бос тұру ($I = 0$).

Электрөткізгіштің үстіне өту электронды жолмен жүреді. атомдар бейтарап қалыпта айналады. Soudary-Олармен бірге олар өздерінің кейбір энергиясын береді және оларды жасайды (1.1-сурет, в). Бұл сымның қызуына әкеледі. ник және энергияның бір бөлігін жоғалту. Егер өткізгіш қыздырылса, біз әлдеқайда үлкен амплитудасы мен жиілігімен ауытқып, электро-Дирижер бойымен қозғалу біз үшін қиынырақ. Демек, бірлік уақытына электрондардың саны; азырақ ағымдағы, тұтынушыға келеді.



R кедергісі оның қабілетін сипаттайды, ток ағуына жол бермеу үшін.

Ол белгілі бір электр кедергісімен анықталады материал ρ немесе арнайы электр өткізгіштігі g , өткізгіш l және оның көлденең қимасы S :

$$R = \rho l / S = l / gS.$$

Өткізгіштің қарсылығы температура мен мүмкін формула бойынша анықталуы керек

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

мұндағы R - өткізгіштің T температурасында кедергісі; α - температуралық қарсылықтың өлшеу коэффициенті; $T_2 - T$, - температура.

ρ және α мәндері әртүрлі материалдар үшін анықтамалық әдебиетте берілген. 2-қосымша кейбір материалдарға ρ және α мәндерін береді.

Шамның қарсылықтары жұмыс тәртібінде және ол өшірілгенде қалай ерекшеленетінін анықтаймыз.

Белгілі болсын: электр шамының қуаты $P = 60$ Вт; кернеу $U = 220$ В; талшықтан жасалған материалдар - вольфрам; жұмыс температурасы $T_2 = 3000^\circ \text{C}$; температурасы $T_j = 20^\circ \text{C}$ температурасында.

Анықтамаға сәйкес: $\rho = 0.055 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$, $\alpha = 0.0045 \text{ } 1 / \text{K}$.

Шамның қарсылықтарын жұмыс тәртібімен табамыз:

$$R_2 = U^2 / P = 806,7 \text{ Ом}.$$

Сонда $T_j = 20^\circ \text{C}$ -де өшірілген жағдайда, R_j шамын қарсылық $R_2 = R_j$ өрнегінен табуға болады $[1 + \alpha (T_2 - T_j)]$. $R_j = 56 \text{ Ом}$ аламыз. Осылайша, қыздыру шамының жұмыс тәртібінде тұрақтылығы суық күйдегі қарсыласудан жоғары қуаттылық тәртібінен көп.

Жұмыс және суық мемлекеттердегі ағымдар қандай?

Жұмыс жағдайында $I = 220 / 806,7 = 0,27 \text{ А}$, суық жағдайда $I = 220 / 56 = 3,9 \text{ А}$

Көріп тұрғаныңыздай, қысқа уақытқа қарамастан, суық күйдегі ағым күшті, бұл лампалардың қосындылармен дәлелденбеуіне себеп болып табылады.



G өткізгіштігі G кедергісі кері инверсия болып табылады:

$$G = 1/R.$$

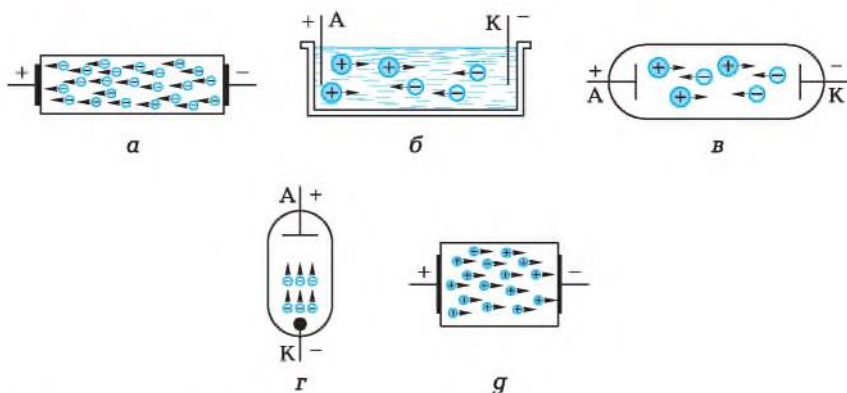


P қуаты - бұл жұмыстың орындалу жылдамдығы. электр энергиясының A энергияның басқа түрлеріне айналуы бар.

Уақыт ішінде t кернеуі U -мен U кернеуіндегі электр тогының жұмысы $A = UI t$ -ге тең. Бұл жерден

$$P = A/t = (UI t)/t = UI = U^2/R = 12 \text{ Вт}.$$

Металлдарда (мыс, алюминий, күміс, болат және т.б.), көмір мен графитте электр тогы қозғалатын электрондармен жасалады (1.2-сурет, а). Олар бірінші түрдегі дирижерлер. Сұйық өткізгіштерде және газдарда (екінші түрдегі өткізгіштерде) электр тогы оң және теріс зарядталған қозғалыс арқылы құрылады (1.2 сурет б,в).



Сурет. 1.2. Зарядталған бөлшектердің қозғалысы:

a - металлдағы электрондар; b - сұйықтағы иондар; c - газдағы иондар; r - вакуумдағы электрондар; q типті жартылай өткізгіштегі тесіктер

Вакуумда, мысалы электронды түтікте, катодтың К-ден анодқа дейін электрондардың қозғалуына байланысты (1.2 сур., D). Жартылай өткізгіштерде (германий, кремний және т.б.) - жартылай өткізгіштің түріне байланысты электрондардың немесе тесіктердің қозғалысына байланысты (1.2-сурет, d). Диэлектриктерде (резеңке, фарфор, мика және т.б.) еркін электрондар мен басқа бос бөлшектер жоқ, сондықтан электр тогы ағып кете алмайды (белгілі бір шегіне дейін диэлектрик сыналған).

Осылайша, таза физикалық тұрғыдан біз:

- ток - электрондардың бағытталған қозғалысы;
- электрондар көзден тұтынушыға энергияны беру;
- көзден (кернеуден) алынған энергия неғұрлым жоғары болса, электр тогының күші соғұрлым көп;

Өткізгіштің кедергісі неғұрлым жоғары болса, тұтынушыға келетін электр тогының беріктігі неғұрлым төмен. Жоғарыда айтылғандай, егер біз I арқылы электр тогының беріктігін, U-ға дейінгі кернеуді және R арқылы қарсылықты білдіретін болсақ, онда белгілі Ом формуласы түрінде көрінуі мүмкін:

$$I = U / R.$$

1.1.3. Электрлік шамаларды өлшеу бірліктері

Кернеуді өлшеу бірлігі U — вольт (В). Қысқа және ұзын бірлік: $1 \text{ мкВ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ В} = 0,000001 \text{ В}$; $1 \text{ мВ} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ В} = 0,001 \text{ В}$; $1 \text{ кВ} = 1 \cdot 10^3 \text{ В} = 1\,000 \text{ В}$; $1 \text{ МВ} = 1 \cdot 10^6 \text{ В} = 1\,000\,000 \text{ В}$.

Токтың күші I ампермен өлшенеді (А). Қысқа және ұзын бірлік: $1 \text{ мкА} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ А} = 0,000001 \text{ А}$; $1 \text{ мА} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 0,001 \text{ А}$; $1 \text{ кА} = 1 \cdot 10^3 \text{ А} = 1\,000 \text{ А}$; $1 \text{ МА} = 1 \cdot 10^6 \text{ А} = 1\,000\,000 \text{ А}$.

Қарсылық R өлшенеді Оммен (Ом). Қысқа және ұзын бірлік: $1 \text{ мкОм} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} = 0,000001 \text{ Ом}$; $1 \text{ мОм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} = 0,001 \text{ Ом}$; $1 \text{ кОм} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 1\,000 \text{ Ом}$; $1 \text{ МОм} = 1 \cdot 10^6 \text{ Ом} = 1\,000\,000 \text{ Ом}$.

Өткізу G сименспен өлшенеді (См). Қысқа және ұзын бірлік: $1 \text{ мкСм} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ См} = 0,000001 \text{ См}$; $1 \text{ мСм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ См} = 0,001 \text{ См}$; $1 \text{ кСм} = 1 \cdot 10^3 \text{ См} = 1\,000 \text{ См}$; $1 \text{ МСм} = 1 \cdot 10^6 \text{ См} = 1\,000\,000 \text{ См}$.

Жұмыс A джоульмен өлшенеді (Дж). Тәжірибелік жұмыста көбінесе ватт-сағатпен өлшенеді (Вт-ч): $1 \text{ Вт-ч} = 3\,600 \text{ Дж}$. Қысқа бірлік: $1 \text{ кил ватт-сағат (кВт-с)} = 1 \cdot 10^3 \text{ Вт-ч}$; $1 \text{ МВт-ч} = 1 \cdot 10^6 \text{ Вт-ч}$.

Сыйымдылығы P ваттпен өлшенеді (Вт). Қысқа бірлік: $1 \text{ мкВт} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Вт} = 0,000001 \text{ Вт}$; $1 \text{ мВт} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} = 0,001 \text{ Вт}$; $1 \text{ кВт} = 1 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 1\,000 \text{ Вт}$; $1 \text{ МВт} = 1 \cdot 10^6 \text{ Вт} = 1\,000\,000 \text{ Вт}$.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Ағымдық күш, кернеу, электр қозғалтқыш күші, кедергісі, өткізгіштік, қуат дегеніміз не?
2. Көрсетілген параметрлердің өлшем бірліктерін атаңыз.
3. Ом заңын физикалық тұрғыдан түсіндіріңіз.

1.2.

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІ. ЭЛЕКТРОТЕХНИКАНЫҢ ЗАҢДАРЫ

1.2.1. Электр қуат көздерінің түрлері

Электр энергиясының көздері әр түрлі энергия түрлендіргіштері (химиялық, механикалық, жеңіл, жылу және т.б.) электр энергиясына айналады.

XVIII ғасырдың ортасында. тікелей электр энергиясының алғашқы

көздері пайда болды - химиялық заттар.

Химиялық энергия көздері - электродтар деп аталатын қышқылдар, сілтілер және тұздардың ерітінділері, оларда электродтар түрлі электроткізгіш материалдардан орналастырылады.

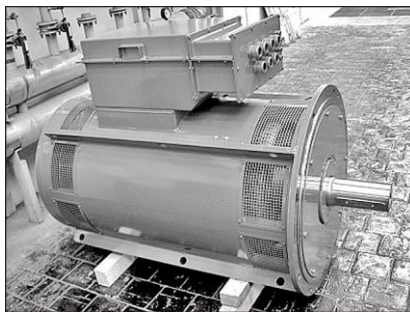
Мысалы, Вольта элементі күкірт қышқылының ерітіндісіне орналастырылған мыс пен мырыштың табақшасы. 1802 жылы В.В. Петров алғаш рет электр доғасын зерттеу үшін 4 200 мыс пен мырыш пластинкаларының сериясымен қосылған аккумуляторын қолданды. Сонымен қатар, ЭМӨ жалпы көлемі шамамен 1700 В болды. Тірі ағзаға электр тоғының әсерін анықтаған Л. Гальвани есімімен гальваникалық элементтер деп аталды. Осы уақытқа дейін бұл көздер сағаттарда танымал аккумуляторлар, ойыншылар, балалар ойыншықтары, шамдар және т.б. түрінде кенінен қолданылады (1.3-сурет).

Аккумуляторлар - да химиялық көздер болып табылады, бірақ олардың ішінде электродтар ток керісінше бағытта өткізілгенде (батарея заряды) кезде олардың қасиеттерін қалпына келтіретін материалдардан дайындалады. Гальваникалық көздердің негізгі параметрі олардың ампер-сағаттарында өлшенетін сыйымдылығы болып табылады. Элементтер берген электр энергиясының саны.

Олар қуаттың басқа көздеріне тән кез-келген пульсацияның шағын өлшемдері, салмағы, құны және болмауына байланысты электр қуатының төмен қуатты көздері ретінде кең қолданысқа ие.



Сурет 1.3. Гальваникалық қуат көзі



Сурет 1.4. Электромашиналық генератор 4 МВт сыйымдылығымен

Электромашиналық генератор тікелей немесе ауыспалы тоқтың генераторлары, мысалы, бу немесе гидравликалық турбиналар арқылы басқарады. Олар бүгінгі күні өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы, көлік және күнделікті өмірде тамактанудың негізгі көздері болып табылады. Бұл зор күштің көздері (сурет 1.4).

Жартылай өткізгіш *фотоэлектр қуат көзі* көмегімен жарық энергиясын электр энергиясына айналдыратын фотоэлектрлік көздер, ең алдымен күн сәулесінің қарқындылығы жоғары аудандарда жұмыс істейді: ғарыштық аппараттарда және планетааралық станцияларда (күн батареялары), тұрғын үйлерде күн шатырлары), электромобильдерде және т.б. Олардың негізгі артықшылығы - пайдалану процесінде күн энергиясын пайдалану.

ТермоЭДС қуат көзі, электр энергиясына жылу энергиясын түрлендіретін екі түрлі жолсілтеме арқылы бір ұшын созып, электр қуатының басқа көзі болып табылады. Термоэлектрлік қуат аз: шамамен 5-10-5 В / ° С Сондықтан термопарктер жиі температура датчигі ретінде пайдаланылады.

Электр энергиясының көзі де кейбір материалдардың деформациясы үшін пьезоЭДС қуат беретін *пьезоэлектрлік түрлендіргіштер* ретінде қызмет ете алады, мысалы, барий титанатының немесе барийдің керамикасы және қорғасын метанобаты. Олар микрофондар, пикаптар, қысымды және деформация датчиктерінде, пьезо шамдармен және т.б. қолдануда.

1.2.2. Электр тізбегі туралы түсінік

Электрондардың көзден энергия көзін тұтынушыға беруі үшін жабық жолды жасау керек.

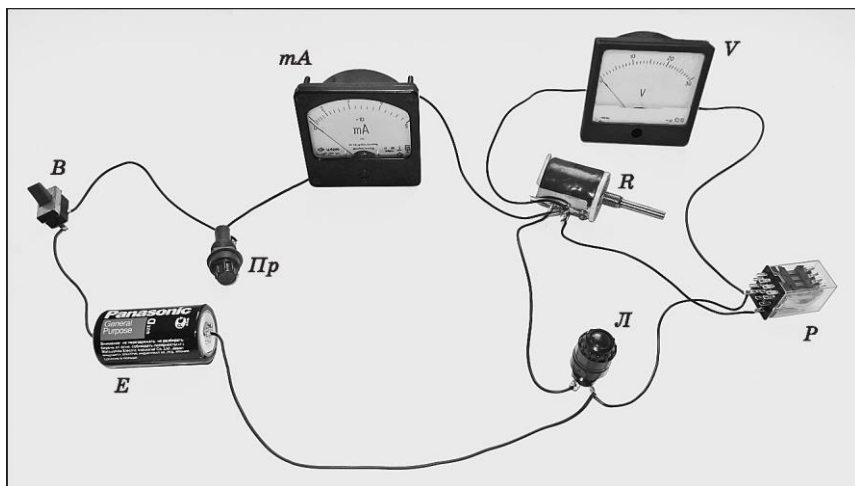


Электр тогының ағымын қамтамасыз ететін құрылғылар жиынтығы электр тізбегі (ЭТ) деп аталады. Оның негізгі элементтері:

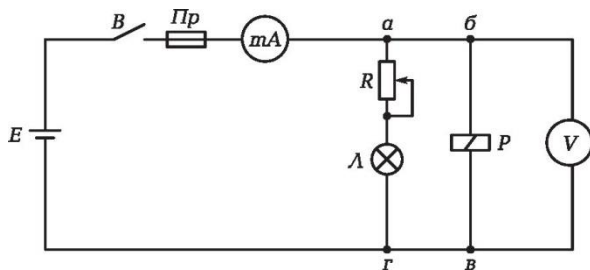
- Электр энергиясының көздері;
- Электр энергиясын алушылар;
- Байланыстырушы сымдар.

Сонымен қатар, ECR қорғаныс құрылғыларын қамтуы мүмкін (машиналар және басқалар сауда автоматтары сақтандырғыштар.), Құрылғыларды (ажыратқыштар, ажыратқыштар, контакторлар, және т.б ..) ауыстыру мен құралдар (өлшеу токтарының вольтметров, Ваттметры және т.б.) өлшеу.

Суретте 1.5 айнымалы резистор R, A және электромагниттік шам сияқты көзі E (электрохимиялық ұяшық), сымдар *vyklyu-chatelya* B Ex тежегішпен, құрылғыларды (milliampermetra mA және вольтметр V) өлшеу және жүктеме түскен қарапайым электр тізбегі *sosto-yaschaya* көрсетеді реле P және сурет. 1.6 - оның баламалы схемасы.

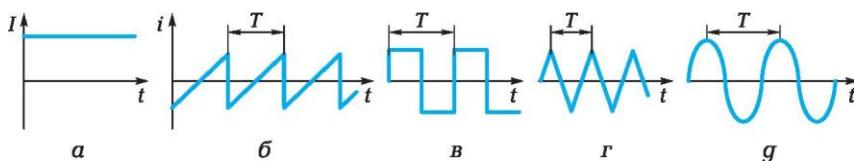


Сурет 1.5. Электр тізбегі



Сурет. 1.6. Электр тізбегін ауыстыру тізбегі:

Е - дереккөз; Р, Л, Р - тұтынушылар; R_r - қорғау құрылғысы; mA, V - өлшеу құралдары; В - коммутациялық құрылғы.



Сурет. 1.7. Токтың пішіні:

а - тұрақты; б - аралау материалдары; в - тікбұрышты; г - үшбұрышты; д - синусоидалы; Т - тербеліс кезеңі

Электр тізбегін қарастырған кезде мынадай ұғымдар пайдаланылады:

- *ветвь* - бірдей ток ағып жатқан тізбектің бөлімі (а - г; б - в);
- *түйін* - бұл кем дегенде үш ветвь (а, г) кездесетін нүкте;
- *контур* - ЕО жабық бөлімі (а - б - в - д).

Тікелей ток - ЭТ-дегі ток, ол шаманы немесе бағытты өзгертпейді (1.7-сурет, а). Тікелей токке қатысты барлық параметрлер латын әріптерімен белгіленеді: I, U, E, R, G, P.

Айнымалы ток - ЭТ-дегі ток, ол магнитудасы мен бағытында мезгіл-мезгіл өзгереді. Ауыспалы токпен байланысты барлық электрлік параметрлердің лездік мәндері төменгі латын әріптерімен белгіленеді: i, u, e, r, g, p. Суретте. 1.7, б - д айнымалы токтың ауытқу ықтимал режимдерін көрсетеді.

1.2.3. Электротехниканың негізгі заңдары

Кез келген ЭТ есептеу үшін Ом, Кирхгофа заңдары және энергияны сақтау қолданылады.

Ом заңы - жабық тегіс емес электр тізбегіндегі ток ЭДС-ке пропорционалды және қарсыласудың жалпы қарсылығын кері пропорционалды:

$$I = E / (R + r_0),$$

мұнда r_0 - көздің ішкі қарсылығы; R - тұтынушының кедергісі.

ЭЦ секторы үшін Ом заңы форманы алады

$$I = U / R,$$

мұндағы U - қарсылық R арқылы кернеудің төмендеуі.



Кирхгофтің бірінші заңы (ереже) - ЭТ торабындағы токтардың алгебралық сомасы нөлге тең:

$$\sum I = 0.$$



Екінші заң (ереже) *Кирхгоф* - ЭМФ алгебралық сомасы ЭТ тұйық цикліндегі кернеудің төменгі алгебралық сомасына тең:

$$\sum E = \sum U = \sum \mathcal{E}.$$



Энергияны үнемдеу туралы заң (қуат балансы) - жүктеме мен көмекші элементтер пайдаланатын энергияға (қуатқа) тең келетін көздерден өндірілетін электр энергиясы (қуаты):

$$\sum P_E = \sum P_{\mathcal{E}} = \sum P_{\text{ж}}.$$

Ом және Кирхгоф заңдары ЭТ есептеу, энергияны сақтау заңы - әдетте, есептеулердің дұрыстығын тексеру үшін пайдаланылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр қуатының негізгі көздері қандай?
2. Электр тізбегі дегеніміз не және оның негізгі элементтері

қандай?

3. Тұрақты және ауыспалы тогына анықтамаларын беріңіз.
4. Электротехниканың негізгі заңдарын қалыптастырыңыз.

1.3.

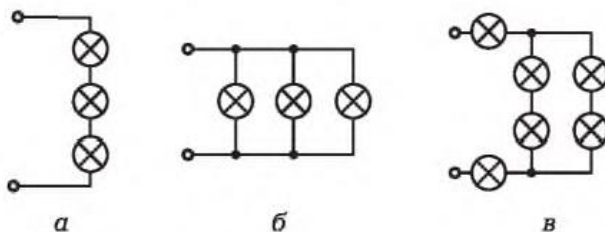
ҚАБЫЛДАҒЫШТАР ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ КӨЗДЕРІ. ҚАРАПАЙЫМ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІН ЕСЕПТЕУ

1.3.1. Электр энергиясының қабылдағыштармен қосылу әдісі

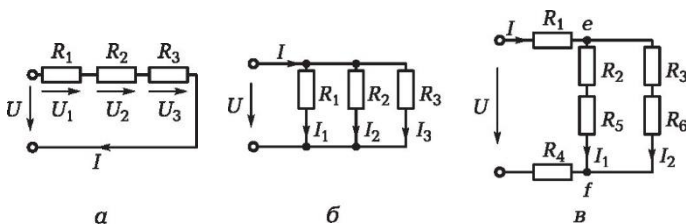
Кез-келген ЭТ электр энергиясының көздері (генераторлар, аккумуляторлар, аккумуляторлар) және электр энергиясын тұтынушылар (жылытқыштар, жарықтандырығыш құрылғылар, реле, қозғалтқыштар және т.б.) қамтиды.

Көздері E электр қозғалтқыш күшімен және ішкі кедергісі r_0 -мен сипатталады. Тұрақты электр тізбектеріндегі тұтынушылар белсенді қарсыласу R мәнімен сипатталады. Олар қатарлас (өнеркәсіптік және тұрмыстық бөлмелерді, көшелерді жарықтандыру) және аралас қатарлас (Рождестволық шырша) гидроэлементтерге қосылуы мүмкін. Суретте 1.8 осы электр тізбектерінің эквиваленттік тізбектерін көрсетеді, ал сурет 1.9 - алмастыру сұлбалары.

Элементтер *бір-бірімен байланыста болғанда*, бірінші тұтынушы тізбегінің соңы екінші тізбектің басына, екінші тізбектің соңына үшінші тізбектің басталуына байланысты және т.б. байланысты. Бірінші схеманың және соңғы тұтынушының тізбегінің соңы электрмен жабдықтау терминалдарына қосылады (1.8 сурет, а).



Сурет. 1.8. Лампаларды қосу сызбасы:
а - дәйекті; б - параллель; с - аралас



Сурет. 1.9. Ауыстыру сұлбалары:

a - дәйекті жүктемені ауыстыру; б - параллель; в - аралас

Тұтынушылардың әрқайсысында ток пен кедергі мәндерімен анықталған кернеу төмендейді:

$$U_i = IR_i; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3.$$

Кирхгофтің екінші заңына сәйкес

$$0 = U_1 + U_2 + U_3 - U, \text{ или } U = U_1 + U_2 + U_3.$$

Осындай тізбектегі ағым барлық тұтынушылар үшін ортақ болғандықтан, соңғы I өрнегін I бөлігімен бөліп аламыз

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$



Тұтынушылардың қатарын қосу арқылы R тізбегінің жалпы қарсылығын жеке тұтынушылардың кедергісі тең. I^2 арқылы алынған өрнек көбейту, бізде бар $I^2 R = I^2 R_1 + I^2 R_2 + I^2 R_3$,

$$\text{немесе } P_{эц} = P_1 + P_2 + P_3.$$



ЕС тұтынатын қуат тізбектің әрбір элементі пайдаланатын өкілеттіктердің жиынтығына тең.

Көзден жеткізілетін қуат тұтас жүйе арқылы тұтынылатын қуатқа тең. әлеует балансы бар:

$$P_{уст} = UI = I^2 R = U^2 / R$$

Тұтынушыларды қатарлас байланыстыру арқылы олардың

тізбектерінің басталуы бір нүктеде (1-түйме), ал екінші жағында - екінші нүктеде (2-түйме) қосылады. Екі түйін де қуат көзінің қарама-қарсы терминалдарына жалғанған (1.8-сурет, б). Кирхгофтің бірінші заңына сәйкес (26 жасында оның заңдарын тұжырымдады) ЕО кез келген түйініне арналған алгебралық токтар саны нөлге тең:

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

Демек, торапқа енетін токтардың сомасы токтардың жиынтығына тең. Барлық тұтынушылар үшін кернеу бірдей болғандықтан, Ом заңына сәйкес

$$I_1 = U/R_1, I_2 = U/R_2; I_3 = U/R_3; I = U/R,$$

немесе

$$U/R = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3,$$

одан

$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3,$

Немесе

$$G = G_1 + G_2 + G_3,$$

онда $G = 1 / R$ - қарсылықтың өзара коэффициенті - сименспен (см) өлшенген тұтынушының жалпы өткізгіштігі.



Тұтынушылардың параллель қосылысымен, жалпы жүріс-тұрыс жеке тұтынушылардың өткізгіштігінің сомасына тең.

Толық кедергі үшін біз келесідей жаза аламыз:

$$R = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3).$$

Көбейтеміз U^2 , сонда алатынымыз

$$U^2/R = U^2/R_1 + U^2/R_2 + U^2/R_3,$$

Немесе

$$P = P_1 + P_2 + P_3.$$

Элементтерді дәйекті қосқандағы сияқты, ЕС тұтылатын қуат тізбектің әрбір элементі пайдаланатын қуаттар сомасына тең және көзден берілетін қуатқа тең.

Аралас, тұтынушы қосылу үшін ауыстыру схемасы сурет 1.9, в. Осындай ЭК-ны есептеу алдыңғы қарым-қатынастар негізінде жүзеге асырылуы мүмкін. Осылайша, тізбектің жалпы қарсылығын білдіруге сәйкес есептеуге болады

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

мында

$$R_{ef} = 1/[1/(R_2 + R_3) + 1/(R_5 + R_6)].$$

Қуат балансына арналған өрнекке сәйкес, көзден берілген қуат тізбектің әрбір элементі пайдаланатын өкілеттіктердің жиынтығына тең:

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

1.3.2. Электр энергиясының көздерін қосу әдістері

Электр энергиясын алушылармен байланыс сияқты, энергия көздерін қосу:



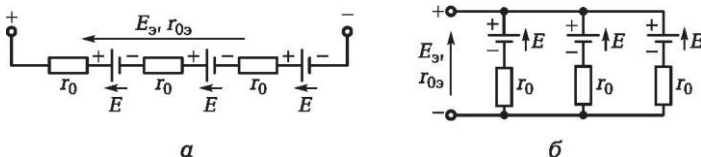
дәйекті түрде - кернеуді ұлғайту.

Әдетте, көздердің бірдей түрі серияларға қосылады. Сонымен қатар, олардың ЭДС E және ішкі кедергілері r_0 балама ЭМӨ E_e және бірдей ішкі кедергісі бар бір көзді қалыптастырады (сурет 1.10, а):

$$E_e = X^E; r_{0e} = X_{r_0}.$$

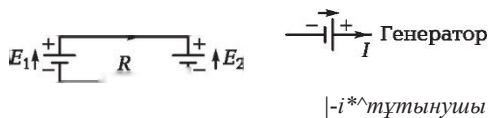


параллельді - көздің қуатын арттыру.



Сурет. 1.10. Көздерді қосу сызбасы:

а - дәйекті; б - параллель



Сурет. 1.11. Қайнар көздерді қосу:
а - схема; б - жұмыс режимдері

Осылайша бірдей эмфтердің көздерін қосыңыз. Бұл жағдайда баламалы ЭМӨ көзі EMF-ге тең және баламалы ішкі кедергісі r_0 е параллель байланыстырылған резисторлардың баламалы резисторы ретінде анықталады (1.9-суретті қараңыз, б):

$$E_{\Sigma} = E; r_{0\Sigma} = 1/(\sum 1/r_0);$$



топтық - кернеу мен қуатты арттыру үшін.

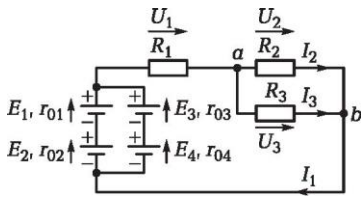
Бірнеше көздермен (мысалы, батарея және зарядтау құрылғысы) ЕО-да генератор режимінде жұмыс істейтін көзден және тұтынушы режимінде жұмыс істейтін көзден ажырата білу қажет (1.11-сурет). Кирхгофтің екінші заңына сәйкес

$$E_1 - E_2 = IR.$$

Егер $E_1 > E_2$ болса, онда ток көзі генератордың көзі жұмыс істейтін EMF E_1 бағытымен сәйкес келеді және оның көзін тұтынушы басқаратын EM2 E_2 бағытына қарама-қарсы. Егер $E_1 < E_2$, онда керісінше.

1.3.3. Қарапайым тегіс емес электр тізбегін есептеудің алгоритмі

Есептеу ЕС әдетте токтардың анықтамасына, кернеудің төмендеуіне, оның жеке тармақтарында қуаттың есептелуіне азаяды. Бұл жағдайда ЕС схемасы және оның барлық элементтерінің параметрлерінің мәндері белгілі болады.



Сурет. 1.12. Қарапайым есептеудің ЭТ схемасы

Схемасы суретте көрсетілгендей қарапайым тегіс емес ЕС есептеу үшін алгоритмді қарастырайық. 1.12

Берілді: $E = E_2 = E_3 = E_4 = E_0$; $r_{01} = r_{02} = r_{03} = r_0$; R_1, R_2, R_3 .

Табу керек: $I_i, I_2, I_3, U_i, U_2, U_3, P_i, P_2, P_3$.

Есептеуді осы жүйелікте орындаймыз.

1. ЕК баламалы жүктемелік кедергісі

$$R_3 = R_i + 1/(1/R_2 + 1/R_3).$$

2. Баламалы электр қуат көзі

$$E_3 = E_i + E_2 = 2E_0.$$

3. Баламалы ішкі қарсы қуат көзі

$$G_{03} = 1/[1/(2 G_0)] + 1/(2 G_0).$$

4. ЕО тұтынатын жалпы ток,

$$I_i = E_3/R + G_{03}.$$

5. Кернеудің төмендеуі $a \rightarrow b$

$$U_{ab} = U_2 = U_3 = I_i [1/(1/R_2 + 1/R_3)].$$

6. Резистор арқылы ток R_2

$$I_2 = U_{ab}/R_2.$$

7. Резистор арқылы ток R_3

$$I_3 = U_{ab}/R_3.$$

8. Резисторда кернеудің құлауы R_i

$$U_i = I_i R_i.$$

9. Резисторлар тарапынан бөлінген қуат R_i, R_2, R_3 ,

$$P_i = I_i^2 R_i; P_2 = I_2^2 R_2; P_3 = I_3^2 R_3.$$

$$P_{\text{ист}} = \sqrt{I^2 + I_2^2} = 2 \text{ ЕО } 7[.$$

10. Қуат көзінің ішкі қарсылыуымен тұтынылатын қуат

$$P_{\Gamma 0\text{Э}} = \sqrt{I} \Gamma 0\text{Э}.$$

Қуат балансын пайдаланып есептеулердің дұрыстығын тексереміз:

$$P_{\text{ист}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_{\Gamma 0\text{Э}}.$$

Қарапайым ЕО есептеудің мысалы 3-қосымшада келтірілген.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр энергиясын алушыларды қосудың қандай жолдары бар?
2. Электр энергиясын алушылар қатарлы және параллель қосылуға ЕО-ның жалпы кедергісі қандай?
3. Электр қуатының көздерін біріктіру тәсілдері.
4. Қандай мақсатқа көздер бірізді немесе параллельді түрде енгізілген?

1.4.

ЭЛЕКТРЛІК ӨЛШЕУІШ ҚҰРАЛДАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТ

1.4.1. Электр өлшеу әдістері

Электротехниканы зертханалық жұмыстарды орындаған кезде, курстың басында іске асырылатын электрлік өлшеу құралдары міндетті түрде пайдаланылады. Сондықтан олар туралы жалпы мәлімет беру керек.

Электр тізбегін сынау және зерттеу процесі әрқашан оның негізгі параметрлерін өлшеуді қамтиды: кедергілер, кернеулер, токтар, қуаттар. Алынған нәтижелердің дұрыстығына қол жетімді өлшеу құралдарының дұрыс пайдаланылу дәрежесі анықталады.



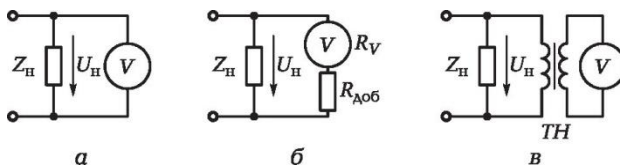
Сурет. 1.13. Электромеханикалық өлшеу құрылғылары

«Электротехника» курсын оқып үйрену барысында орындалатын зертханалық жұмыстар ағымдардың, кернеулердің, кедергілердің және қуаттың өлшеуімен бірге жүреді. Электрлік өлшемдерді өлшеу үшін электромеханикалық өлшеу құралдары пайдаланылады (1.13-сурет).

1.4.2. Кернеуді өлшеу



Кернеуді өлшеуге арналған құрылғы вольтметр деп аталады. Жалпы формасы сурет 1.13 және шартты кескін сурет 1.14 көрсетілген. Вольтметр жүктемені параллель жалғастырады (Сурет 1.14, а). Ол өлшенген ЭТ параметрлеріне әсер етпейтіндіктен, оның ішкі кедергісі үлкен болуы тиіс (шексіздікке бейім).



Сурет. 1.14. Вольтметрдің электр схемалары:

а - тікелей жүктеме; б - қосымша резистор арқылы; в - өлшеу кернеуінің трансформаторы арқылы

Тұрақты ток кернеуін өлшеу үшін кез-келген жүйені қолдануға болады. Іс жүзінде, магнитоэлектрлік жүйенің қосымшалары жиі қолданылады. Ауыспалы кернеуді өлшеу үшін электромагниттік жүйенің құрылысы қолданылады, шкаласы нақты мәндер бойынша аяқталады. Өлшенген мәnnің орташа мәнін көрсететін жартылай өткізгіштік диодқа ие магнитті электр жүйесіндегі құрылғы да пайдаланылуы мүмкін.

Тұрақты ток кезінде вольтметрді өлшеу шектерін кеңейту үшін қосымша резистор пайдаланылады, ол кейінірек құрылғыға қосылады (Сур.1,14, б). Бола тұра

$$R_{доб} = R_V(n - 1).$$

Мұнда R_V - вольтметрдің ішкі қарсылығы; $n = U_H / U_0$, онда U_H - өлшенген кернеу; U_0 - вольтметрдің номиналды мәні.

Айнымалы ток трансформаторлары айнымалы токта өлшеу шектерін ұзарту үшін қолданылады (1.14-сурет, в). Трансформация коэффициенті $n = U_H / U_0$ жағдайынан таңдалады.

1.4.3. Токты өлшеу



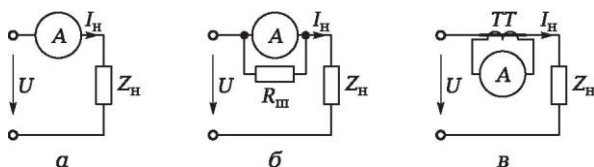
Ток өлшеу құрылғысы ампермер деп аталады. Оның жалпы көрінісі 1.13 суретте, ал шартты кескін 1.15 суретте. Амперметр жүктемені қатарластырады (Сур.1,15, а). Ол өлшенген ЭТ параметріне әсер етпеуі үшін, оның ішкі кедергісі ең аз болуы керек (нөлге ұмтылады).

Тікелей ток өлшеу үшін магнитоэлектрлік жүйенің құрылысы жиі қолданылады - ауыспалы электромагнит. Тұрақты ток кезінде ампермерді өлшеу үшін лимиттерді кеңейту үшін құрылғыға параллель қосылған қосымша резистор (шунт) қолданылады (1.15, б). Бола тұра

$$R_O = R_A I_0 / (I_H - I_0),$$

мұнда R_A - ампермердің ішкі қарсылығы; I_H - өлшенген ток; I_0 - ампермердің номиналды мәні.

Айнымалы ток трансформаторлары ауыспалы ток бойынша өлшеу шектерін ұзарту үшін пайдаланылады (Сурет 1.15, в). Трансформация коэффициенті $n = I_H / I_0$ жағдайынан таңдалады.



Сурет. 1.15. Амперметрлік қосылу схемалары:

а - тікелей жүктеме; б - шунтты пайдалану; в - өлшеу ток трансформаторы арқылы

1.4.4. Қуатты өлшеу



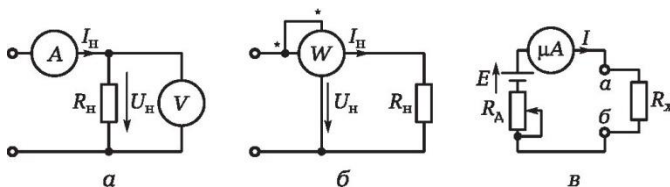
Жүктеме арқылы тұтынылатын қуат өлшенуі мүмкін жанама әдіс амметрдің және вольтметрдің көмегімен ($P = UI$) немесе электродинамикалық жүйе арқылы - виграциялық схемаға енгізілген сурет 1.16, б.

Тұрақты ток өлшеуіш шекарасын кеңейту үшін құрылғыдағы ағымдағы катушкарлар қатарлас жалғанған қосымша резистор (шунттау) пайдаланылады және резистор вольтметрдің катушкарларымен серияларға қосылады. Өлшеу шектеулерін ұзарту үшін айнымалы ток және кернеу трансформаторлары қолданылады.

1.4.5. Қарсылықты өлшеу



Қарсылық ампермермен және вольтметрмен жанама өлшенуі мүмкін ($R_H = U_H / I_H$) (1.16а суретін қараңыз) немесе тікелей омметрмен схемаға сәйкес ауысады. сурет 1.16, в.



Сурет. 1.16. Өлшеу сызбасы:

а - жанама әдіспен қуат пен кедергі; б - қуат ваттметрі; с - омметрдің кедергісі

Мұнда E - құрылғының бір бөлігі болып табылатын қуат көзінің эмфи; Y_d - айнымалы резистор, ол өз кезегінде магнитоэлектрлік жүйенің микрометрмен қосылады; R_x - өлшенген қарсылық. $I = E / (I_d + R_x)$ тізбегіндегі ток кедергісіне кері пропорционал болғандықтан, микрометр көрсеткішінің ең үлкен ауытқуы ең аз кедергіге сәйкес келеді.

Егер a және b нүктелерін қысқартатын болсаңыз, онда сіз кедергісін пайдаланып, құрылғы масштабында максималды токты орнатыңыз. Бұл жағдайда қарсылық $R_x = 0$. Егер a және b нүктелерінің арасындағы байланысты бұзсаңыз, ток нөлге тең болады, ал R_x кедергісі шексіз болады. Осылайша, микроампермерлік шкала оңнан солға қарай омасаларда аяқталуы мүмкін. Алайда, бұл біркелкі болмайды.

Маңызды кедергілерді өлшеу үшін, мысалы, бірдей электр құралында оқшаулау кедергісі, арнайы құралдар - мегаомметртер қолданылады. Олар қарсылықты 10 000 МОм дейін өлшей алады. Сондықтан қолайлы ток алу үшін 2,500 В дейінгі кернеу көзі пайдаланылады, мысалы, құрылғы бөлігі болып табылатын шағын қолмен басқарылатын генератор немесе желіден қуат беретін түрлендіргіш.

1.4.6. Электрлік өлшеу құрылғыларының негізгі көрсеткіштері



Негізгі көрсеткіштері:

- Ап-дің номиналды мәні - құралмен өлшенетін ең үлкен мән;
- құрылғы константасы (бөлу бағасы) C - көрсеткі бір ауқымды бөлу арқылы ауытқу тудыратын өлшенген мәнің мәні;
- өлшеу қателігі.

Абсолютті, азайтылған және салыстырмалы өлшеу қателіктерін айқындау.

Абсолюттік қате өлшенген A_u мен A_d бақыланатын мәнің нақты мәнінің арасындағы айырмашылық:

$$DA = A_u - A_d.$$

Бұл қателік өлшеу дәлдігін бағалауға мүмкіндік бермейді, өйткені $U = 100$ В өлшеу кезінде дәлдігі жоғары, $DA = 1$ В өлшегенде $U = 1$ В өлшеу кезінде дәлдік төмен.

Нәтижесіндегі қате: абсолюттік қателіктің құрылғының номиналды мәніне қатынасы, пайызбен көрсетілген:

$$U_{пр} = (DA/A_H)100.$$

Дәл осы қате құрылғы шкаласында көрсетілген дәлдік сыныбын анықтайды. Осылайша, дәлдік класы $0,5 \pm 0,5\%$ қателігіне сәйкес келеді.

Мемлекеттік стандарт тоғыз дәлдік класын белгілейді: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Қатысты қателік - абсолюттік қателіктің нақты мәніне (немесе жеткілікті дәлдікпен өлшенген мәнге) қатынасы, пайызбен көрсетілген:

$$U = (DA/A_H)100.$$

Ол өлшеу дәлдігін анықтайды. Өйткені $DA = U_{пр}A_H = U^{A_H}_{A_H}$, то

$$U = U_{пр}A_H^{A_H},$$

яғни. салыстырмалы қателік өлшенген санның нақты мәніне байланысты және оның азаюымен артады.

Сондықтан өлшеу дәлдігін жақсарту үшін әдетте соңғы үшінші шкала қолданылады. Түрлі мәндерді өлшеу кезінде ауысуды қамтамасыз ететін көп қырлы құрылғылар бар.

1.4.7. Электрлік өлшеу құрылғыларының жүйесі

Өлшеу құралдарының маңызды бөлігі электромеханикалық топқа жатады. Оларға әдеттегідей, өлшенген тізбектен құрылғыға берілетін электромагниттік энергия тікелей қозғалатын бөлікті жылжытудың механикалық энергиясына айналады.

Электромеханикалық құрылғы екі бөліктен тұрады: өлшеу тізбегі және өлшеу механизмі.

Өлшеу тізбегі - өлшенген электрлік мөлшерін (I , U , P , R , L) басқа электрлік аралық мәнге, өлшеу механизмі жауап беретін түрлендіру үшін пайдаланылатын элементтер жиынтығы болып табылады. Кейбір жағдайларда өлшеу тізбегіне жартылай өткізгіш редукторлар енгізіледі. Өлшеу құрылғыларының қасиеттері айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Мысалы, жартылай өткізгішті түзеткіші бар магнитоэлектрлік жүйе тұрақты кернеуді ғана емес, сонымен қатар айнымалы кернеумен де өлшеуге мүмкіндік береді.

Өлшеу механизмі - электр оқшаулағышын (көрсеткілерді) пайдаланып, бақылаушы көзбен қабылдайтын ауыстыру (бұрылу бұрышы) түрлендіргіші.

Электр шамасын *түрлендіру* әдісімен, яғни, механикалық күшті жасау әдісімен өлшеу механизмдері бірқатар жүйелерге бөлінеді. Негізгі болып табылады жүйелер:

- магнитоэлектрлі -  ;
- электрлі магнитті -  ;
- электрлі динамикалық -  ;
- индукционный -  .

Токтың жынысы бойыншы құрылғылар мынадай құрылғыларға бөлінеді:

- тұрақты ток -----;
- ауыспалы ток -----;
- тұрақты және ауыспалы ток __ __ ;
- үшфазалық ток __ (3~).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр тізбегінің вольтметріне, амперметрге, ватт метрге, омметрге қосудың диаграммасын қараңыз.
2. Вольтметрдің өлшеу диапазонын және амперметрді қалай кеңейте аламын?
3. Электр құрылғыларының негізгі көрсеткіштері қандай?
4. Негізгі электрлік өлшеу жүйелерін көрсетіңіз.

1.5.1. Электр тізбектерінің жұмыс режимдері

Электр тізбегі төрт негізгі төрт режимде жұмыс істей алады.

- **Номиналды режим** - өндіруші ұсынған режим. Номиналды деректер анықтамалық әдебиетте және төлқұжатта көрсетілген. Бұл режимде құрылғы ұзақ уақыт жұмыс істей алады.

Мысалы, резистор үшін қарсыласу мен қуаттың номиналды мәндері, генератор үшін - кернеудің және токтың номиналды мәндері көрсетіледі. Сонымен қатар номиналды ток - бұл генератор сыртқы тізбекке қызып кетпей ұзақ уақыт бере алатын шамасы.

- **Бос емес режимінің барысы (XX)** - бұл көзден немесе қабылдағыштан ағып кетпейтін режим ($I_y = 0$). Бастапқы кернеу оның ЭДС-іне тең.
- **Қысқа тұйықталу (қысқа тұйықталу) режимі** - бұл көзі, қабылдағышы немесе ЭТ-ның басқа элементтері арасындағы, кернеуі бар, өздері арасында немесе шамалы кедергіге байланысты (мысалы, жүктеме). Бұл авария режимі, себебі ақаулық тогы орнатудың номиналды тоkyнан бірнеше есе жоғары және оны бүлдіруі мүмкін. Қысқа тұйықталу токтарынан қорғау үшін нақты ток шамасына есептелген сақтандырғыштар қолданылады.

- **Келісілген режимі** - көзден тұтынушыға берілетін қуат ең үлкен мәнге ие режим. Бір қарағанда, бұл ең тиімді режим. Бірақ, көзден жүктеуге дейінгі максималды қуат $R_N = r_0$ кезінде берілсе, орнату тиімділігі.

$$\eta = P_{\text{н}}/P_{\text{н}} = U_{\text{н}}I/(EI) = U_{\text{н}}/E = E(R_{\text{н}}/(R_{\text{н}}+r_0))/E = R_{\text{н}}/(R_{\text{н}}+r_0) = 0,5.$$

Жалпы электротехниканың мұндай режимі ұтымды емес. Электр станциялары қалыпты жұмыс режимінде жұмыс істейді, онда токтар мен қуаттар номиналды мәндер мен олардың мәндері арасында тұр. Мұнда h бірлікке ұмтылады.

Алайда кейбір жағдайларда үйлесімді режим қолайлы. Мысалы, импульстік әсердің магнитоэлектрлік генераторы үшін басты міндет - жүктеменің максималды қуатын беру және бұл үйлесімді режимде ғана мүмкін болады.

1.5.2. Кернеу жоғалту және жылыту үшін сымдарды есептеу

ЭТ есептеу кезінде маңызды мәселелердің бірі кернеу мен жылуды есептеу болып табылады.

Есептеулерде келесі параметрлер белгілі:

- қорек көзі кернеуі U_0 ;
- жабдықтың номиналды жұмысын қамтамасыз ететін $U_{\text{н}}$ жүктемесі бойынша кернеу;
- жүктеме $I_{\text{н}}$;
- электр жеткізу желісінің ұзындығы l .

Бұл жағдайда электр желісінің кернеуін жоғалту S сымдарының көлденең қимасының ауданымен анықталады. Шынында да, $\Delta U = U_0 - U_{\text{н}} = 2R_{\text{л}}I_{\text{н}} = 2I_{\text{н}}l/S$, содан

$$S = 2 p I_{\text{н}}/A \Delta U.$$

Каталогқа сәйкес S -ді есептеу сымды көлденең қиманың ауданының ең жақын стандартты параметрін таңдаңыз.

Осылайша, сымдардағы кернеуді жоғалтуды азайту үшін олардың көлденең қимасын көбейту керек.

Сонымен қатар, есептеулер сымдарды жылытуға арналған, себебі бұл энергияның жоғалуына ғана емес, сондай-ақ электр жабдыктары жұмысының бұзылуына әкеледі. Аса маңызды ток сымдардың қызып кетуіне және оқшаулаудың бұзылуына әкелуі мүмкін. Сымдардағы шығатын жылу мөлшері Джоуль-Ленц заңына сәйкес есептеледі:

$$Q_{\text{пп}} = I^2 R_{\text{пп}} t.$$

Бір электр жоғары және төмен кернеуі тогы немесе төмен вольтты және жоғары тогы сымдар арқылы берілетін болады. шығындар ($P = I^2R$) ағымдағы квадратына пропорционал болғандықтан, ол жоғары және төмен кернеуі тогы деп энергетикалық аудару тиімді анық. Бұл оларды өндіруге арналған сым өлшемі азаяды, және, демек, материалдың көлемі. осылайша желісі мен ысыраптар ток азайту, 1 150 кВ - Ол сондықтан 500 кернеу арттыру, айнымалы ток электр жеткізу желісі (ЛЭП) энергия беріледі.

Ұзақ мерзімді рұқсат етілген ағымдағы транспорт қамтамасыз каталогы plo-schadi-бөлімінде таңдау, дейін қысқарды жылыту есептеу.

Осылайша, сымдардың есептеуі рұқсат етілген кернеудің төмендеуін қамтамасыз ету үшін сымның көлденең қимасын анықтау болып табылады, содан кейін анықтамалық деректерге сәйкес берілген ток жүктемесі бар алынған көлденең қиманың мәнін тексеру. Егер директорияда көрсетілген ток ағымдағы ток аз болса, қиманың ауданы жүктеменің талаптарына сәйкес келетін етіп көбейтіледі.

Сымның көлденең қимасын есептеудеміз. Электротехникалық лабораторияны кернеуі 36 В желілік кернеуі бар үш фазалы трансформатордан электротехникалық зертханаға қосу қажет, сызықтың ұзындығы $l = 20$ м, кернеу 35 В-дан төмен болмауы керек, $I_N = 20$ А.

Біз мысты сымның материалы ретінде таңдаймыз: $\rho = 0.0175$ Ом-мм² / м. Сымның көлденең қимасын есептеудеміз: $S = 2\rho l I_N / \Delta U = 2 = 0.0175 \cdot 20 \cdot 20 / (36 - 35) = 14$ мм². Каталог үшін $S = 16$ мм² ең жақын үлкен қима ауданын таңдаңыз. Ұзартылған жүктемемен окшауланған сымдардағы рұқсат етілген ток көзімен тексереміз: ол 75 А тең, бұл белгіленген мәннен әлдеқайда жоғары. Осылайша, зертхананы үш фазалы кернеуі 36 В болатын бейтарап сыммен қамтамасыз ету үшін, 16 мм² көлденең қимасы бар төрт корпус кабелін таңдау қажет.

1.5.3. Бөлшек электр тізбегі. Контурлық токтар әдісі

Бөлінген ЭЦ - бірнеше қуат көзі бар көп тізбекті тізбектер. Оларды есептеу үшін бірқатар әдістемелер әзірленді, олардың бастысы:

- Кирхгоф заңдарын тікелей қолдану әдісі;
- тоқ контурының әдісі;

- түйінді кернеу әдісі;
- балама генератор әдісі.

Контурлы ағымдардың әдісі оның әмбебаптығына байланысты ең кең қолданысқа ие болды. Бұл әдісті қолдану схеманың жабық бөліктеріндегі шартты циклдық ағымдар үшін екінші Кирхгоф заңын құрайтын теңдеулер санын азайтуға мүмкіндік береді. Теңдеулер саны n болуы керек - 1, мұнда n - цикл саны.

Схемасы суретте көрсетілген. 1.17, тізбектердің саны үш, сондықтан екі теңдеу болуы керек. ЕС тізбегіндегі контурлы ағымдардың (I_j және I_{II}) және ағымдардағы (I_j, I_2, I_3) шартты жағымды бағыттарын көрсетейік.

Кирхгоф заңына сәйкес $a-b-v-z-a$ және $a-ж-д-b-a$ сызықтары үшін контурды сағат тілі бағыты бойынша бұрып, келесідей жазамыз:

$$E_j - E_2 = I_j(R_j + r_{0j} + R_2 + r_{02}) - I_{II}(R_2 + r_{02});$$

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

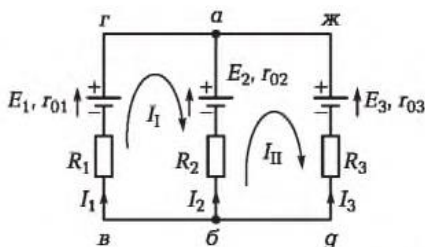
Алынған теңдеулерді шешу арқылы біз I_j және I_{II} контурының ағымын табамыз.

$b-v-г-a$ филиалының ағымдағы жағдайы - I_j -ің контурлық ағымдағы жағдайына тең.

$b-v-г-a$ I_3 тармағының ағымы ағымдағы контурлық токпен тең.

Ағаш $a-b$ I_2 ағынының айырмашылығына тең икемді $I_{II} - I_j$ (толығырақ қараңыз 6-қосымша).

Егер шешім желдің жеке ағынын теріс деп көрсеткен болса, онда ағымдардың нақты бағыты шартты түрде тандалған бағытқа қарама-қайшы екенін білдіреді.



Сурет. 1.17. Тармақталған электр тізбегінің сызбасы

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Негізгі жұмыс режимдерін сипаттаңыз және сипаттаңыз электр тізбектері.
2. Зақымдану үшін сымдарды есептеу арқылы кернеу мен жылуды анықтау?
3. Тармақталған электр тізбегі дегеніміз не?
4. Контурлық токтарының әдісінің мәні қандай?

1.6.

СЫЗЫҚСЫЗ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТЕР

1.6.1. Сыздықсыз элементтердің вольт-ампер сипаттамаларының түрі

Автоматты басқару және реттеу жүйелерінде, электр қондырғылар мен аспаптардың әртүрлі типтерінде кең қолданыста сызқты емес элементтер табылды.

Кернеу мен ток арасындағы байланыс - вольт-амперлік сипаттамасы (ВАС) - бұл сызқтық емес элементтер.



Ағымдағы кернеу сипаттамасының нысаны бойынша сыздықсыз элементтер (СЭ) мынадай түрде бөлінеді:

- симметриялық (электр қыздыру шамы) - сурет. 1.18, а;
- симметриялысыз (жартылай өткізгіш диод) - сурет. 1.18, б;
- басқарылатын (транзисторлар) - сурет. 1.18, в.

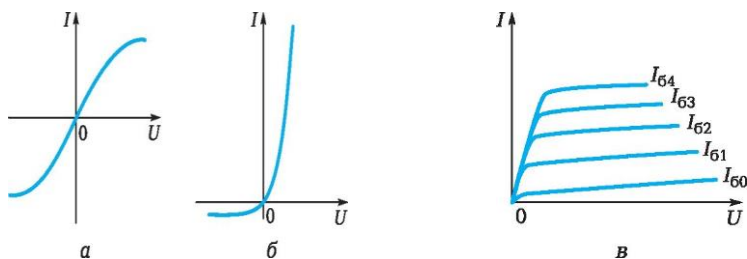
Ыстық шамды кернеудің кернеу сипаттамасының сызқтығы температурадағы жіптің материалдың электр кедергісінің тәуелділігімен анықталады.

Өз кезегінде, жіптің температурасы оның ішіндегі I токтың ағымның беріктігіне байланысты:

$$p = f(I).$$

Себебі жіптің кедергісі $R = \rho l/S$ болса, онда ол токтың функциясы болып табылады.

Электр өткізгіштер үшін электрлік қарсыласу температураның өсуімен артады. Жұмыс жағдайларында жіптің температурасы 20-дан 2500 ° С-ге дейін өзгертіндіктен, қыздыру шамы ($R^{\wedge} = R_t(1 + \alpha DT)$) артады және ток сызқтық қатынаста болмайды.



Сурет. 1.18. Сызықсыз элементтердің вольт-маперлі сипаттамаларының түрлері:

а - симметриялық; б - симметриялысыз; в - бақыланатын

Сызықты емес жартылай өткізгіш элементтердің жұмысы (диод, зенер диод, транзистор) *n*- және *p*-өткізгіштігі бар екі *жартылай өткізгіштермен* құрылған *n-p* қосылысының қарсыласуының өзгеруіне негізделген. Сыртқы электромагниттік өріс болмаған жағдайда, ішкі өріс электрондардың және тесіктердің еркін қозғалысына кедергі келтіретін *pn* түйісуінің шекарасында болады. Өтпелі кедергі айтарлықтай. Егер сыртқы өрістің бағыты ішкі өріс бағытымен сәйкес келсе, онда қарсылық одан әрі өседі, ал *n-p* түйіні арқылы ток өте аз. Егер сыртқы өріс ішкі өріске бағытталған болса, онда *n-p* түйінінің кедергісі азайып, маңызды ток тоқтау арқылы ағып кетуі мүмкін (толығырақ 6.2-тармақты қараңыз).

Осылайша, жартылай өткізгіштердегі *n-p* түйіні ағымдық ағымды бір бағытта қозғалысқа келтіреді және кернеудің кері полярлығынан өтуге мүмкіндік бермейді.

N-p түйінінің бұл қасиеті жартылай өткізгіш диод жұмысына негіз болып табылады. Оның ағымдағы вольт-ампер сипаттамасы сурет 1.18, б.

Қолдау көрсетілетін диод үшін (электродты диод) ток кернеуінің сипаттамасының кері бөлімі ток өзгерген кезде кернеу іс жүзінде өзгермейтін бөлімге ие. Диодтың бұл қасиеті кернеу тұрақтандырғыштарының жұмысының негізі болып табылады.

Биполярлы транзистор екі *n-p*-ауысым негізінде құрылады және басқарылатын *I-V* сипаттамасына ие (1.18-сурет). Егер I_{B0} , I_{B1} , I_{B2} , I_{B3} , I_{B4} токтарының ағымын қамтамасыз ететін бір *n-p* түйініне (базалық-эмитент) кішкентай кернеу қолданылса, онда екінші *N-p* қосылысы арқылы маңызды ток I_K басқаруға болады (коллектор - эмиттер).

1.6.2. Сызықсыз элементтердің дәйекті қосылуы



Электротехниканың негізгі заңдары сызықты емес ЭЦ үшін қолданылады. Алайда, мұндай тізбектерді есептеу кезінде графоаналитикалық әдісті қолдану ыңғайлы.

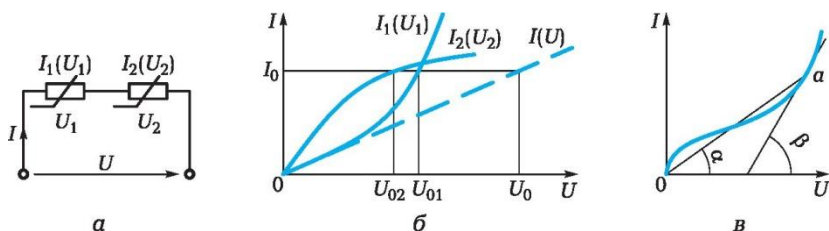
Оның мәні мынада, элементтердің белгілі вольт-амперлі сипаттамаларына сәйкес, жеке бөліктердің немесе барлық тізбектің ВАС құрылады, ал одан кейін алынған ВАС-да филиалдардағы токтар немесе элементтердегі кернеулер анықталады.

Суретте көрсетілгендер үшін. 1.19 суретте, сондай-ақ ЕЭК сериялық қосылыстары бар (мысалы, шамдар мен жартылай өткізгіш диод) I-V сипаттамасы $I(U)$ (1.19, б) екінші Кирхгоф заңының негізінде жеке элементтердің ВАС нүктелерінің абсцисстерін жалпы олар үшін ағымдағы мәні.

Сонымен қатар, $U = U_1 + U_2$. Алынған I-V сипаттамалары үшін ($I(U)$) ЕС00 кернеуінің кез-келген мәніне ток I_0 және тиісінше U_{01} U_{02} .

Сызықты емес элементтеріндегі кернеудің төмендеуі анықталуы мүмкін.

Сызықты емес элемент үшін қарсылықтың екі түрі бар. Мысалы, нүкте үшін (сурет 1.19, в) бірдей кедергілерді қарастыруға болады:



Сурет. 1.19. Сызықсыз элементтерді сериялық қосу арқылы электр тізбегі: а - ЕС схемасы; б - элементтің шын мәніндегі I-V сипаттамаларын пайдалана отырып графо-аналитикалық есептеу әдісі; в - статикалық және динамикалық кедергілердің мәнін түсіндіретін график.

- *статикалық*, $\lg a$ -ға пропорционалды;
- *дифференциалды*, кернеу мен ток күшінің өсуін бағалауға мүмкіндік береді. Ол $\lg a$ Р үшін пропорционалды, мұнда Р - Ординат осі мен I-V сипаттамасына тәуелділік арасындағы бұрыш.

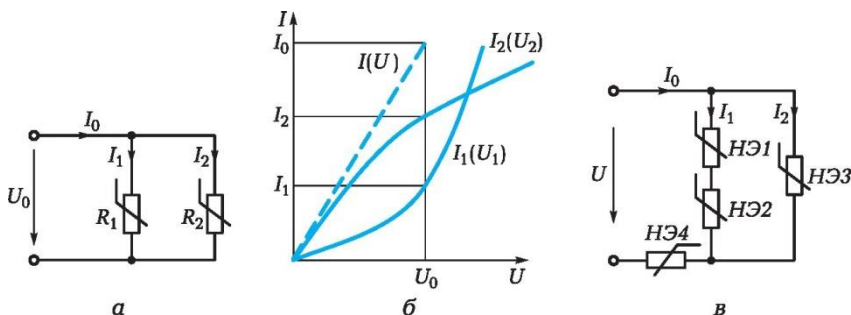
1.6.3. Сызықсыз элементтерді параллель байланыстыру

Сызықты емес элементтердің параллель қосылыстарымен (1.20, а), сипаттамасы ВАХ ($I(U)$) бірінші Кирхгоф заңы негізінде қарапайым кернеу мәндері үшін жеке сызықты емес элементтердің ВАС нүктелерінің ординаттарын қосу арқылы құрастырылған (1.20-сурет, б).

Алынған ВАС ($I(U)$) негізінде, ЕС-да кернеудің кез-келген мәніне байланысты тізбектегі тұтынылатын жалпы ток және сызықты емес элементтері бар ағымдар анықталуы мүмкін.

Сызықты емес элементтердің *аралас қосылуымен* алынған ВАС сипаттамасы бұрын берілген алгоритмдерге сәйкес жасалған. Осылайша, күріш. 1.20, в, және алгоритм келесі форманы қамтиды:

- *НЭ1 және НЭ2* сызықты емес элементтерінің дәйекті түрде қосылатын жалпы ВАС құрылды;
- қорытынды ВАС сипаттамасы параллельді қамтитын *НЭ3*, сызықты элементінің ағымдағы кернеу сипаттамасына графикалық түрде қосылады;



Сурет. 1.20. Сызықсыз элементтерді параллель қосу арқылы электр тізбегі: а - ЕС схемасы; б - элементтің шын мәніндегі ВАС сипаттамаларын пайдалана отырып графо-аналитикалық есептеу әдісі; с - аралас НЭ қосылуы бар тізбек

- жаңа алынған ВАС сипаттамалары дәйекті түрде қосылатын НЭ4

сызықты емес элементінің ағымдағы кернеу сипаттамасына қосылады;

- U кернеуінің осы мәніне ВАС сипаттамасының негізінде, I_1 және I_2 тармақтарындағы ағымдар әр сызықты емес элементте кернеудің төмендеуі және ЕС тұтынатын жалпы ток анықталуы мүмкін.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Сызықты емес элементтердің ВАС сипаттамаларының түрлерін келтіріңіз.
2. ЕС сызықты емес элементтерімен есептеудің ерекшелігі қандай?
3. Сызықты емес элементтерді дәйекті түрде қосу арқылы нәтижелі ВАС қалай құруға болады?
4. Сызықты емес элементтерді параллель қосу арқылы алынған ВАС қалай құруға болады?

АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕГІ

2.1.

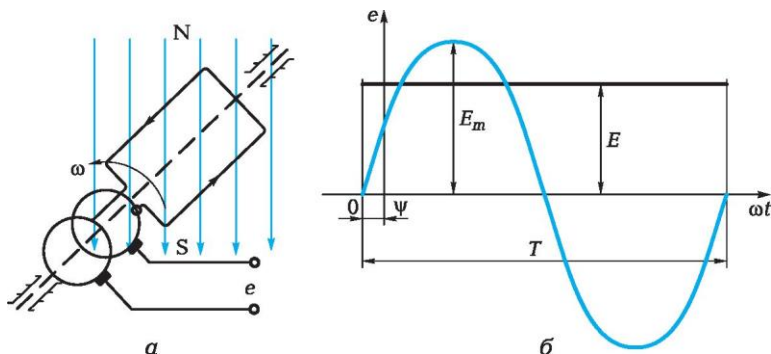
АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕГІ ТҮСІНІГІ. ВЕКТОРЛЫ ДИАГРАММАЛАР. СЫЙЫМДЫЛЫҚТЫҚ ЖӘНЕ ИНДУКТИВТІК ҚАРСЫЛЫҚТЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ

2.1.1. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар



Мерзімді уақыт бойынша өзгеретін тізбектер ауыспалы ток электр тізбегі деп аталады

Өнеркәсіптік қолдану синусоидалы ток тізбектерін алды, оның шамасы синус заңына сәйкес өзгереді. Синусоидалы токтың мақсаты синусоидалды емес токпен салыстырғанда синусоидалды токпен жұмыс жасағанда генераторларды, қозғалтқыштарды, трансформаторларды, электр беру желілерінің жоғары тиімділігін, сондай-ақ оны алудың қарапайым әдісімен түсіндіріледі.



Сурет. 2.1.1. Синусоидалды эмфді алу тәсілі;
Синусоидалды ЭМӨ түрі: а - АЖ схемасы; б - уақыт диаграммасы

Егер жиекті бірыңғай магнит өрісіне орнатып, оны w жиілігімен бұрсаңыз, онда электромагниттік индукция заңына сәйкес ЭДС айнималысы пайда болады (2.1-сурет, б)

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

мұнда e - лездік ЭДС мәні; E_m - ЭДС амплитудасының мәні; $\varphi - t = 0$ кезінде e мәнін анықтайтын бастапқы кезең; $(\omega t + \varphi)$ - ағымдағы фаза мәні; $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$ - бұрыштық жиілік, $1 / c$; f - желілік жиілік, Гц; T - дірілдеу кезеңі.

ЭДС, токтар мен кернеулердің лездік мәндерін пайдаланатын тізбектерді есептеу өте күрделі, сондықтан сәтте мәндер тиімді (тиімді) мәндермен ауыстырылады. Суретте. 2.1, б Е - ЭДСтің тиімді мәні.



І айнималы токтың тиімді мәні белгісіз R қарсысында R кезеңінде бөлінетін уақыт айнималысы - нақты синусоидалы ток $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$.

Егер синусоидалы ток өткізгішті $100^\circ C$ қыздырса, онда синусоидалды амплитудасына тең шамасы бар тікелей ток бірдей өткізгішті күшейтеді. Сұйықтықты тікелей $100^\circ C$ температурада қыздыру үшін оның шамасы төмендетілуі керек. Тепе-теңдік ток тең болады

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

Ауыстырылатын ток өлшеу құрылғыларының таразылары салыстырылатын ағымдағы және кернеудің ағымдағы мәндерінде. индустриялық желінің розеткасына қосылған вольтметр 220 В кернеуін көрсетеді. Бұл синусоидалды кернеудің тиімді мәні, оның амплитудасы 311 В болады.

Түзеткіш құрылғыларды есептеу кезінде ток, ЭДС және кернеудің орташа мәндері қолданылады. Орташа және амплитудалық мәндер арасындағы арақатынас $I_{cp} = 2I_m / \pi$ өрнегімен анықталады. Тиімді мәnnің ортаға қатынасы қисықтың пішінінің коэффициенті деп аталады. Синусоид үшін

$$I / I_{cp} = (I_m / \sqrt{2}) / (2I_m / \pi) = 1,11.$$

Магнитоэлектрлік жүйенің түзеткішті оқуы электромагниттік жүйенің құрылғының көрсеткіштерінен 1,11 есе көп болады.



Осылайша, ЕС-да ауыспалы ток айырмашылығы керек:

- ЭДС, кернеу, ток және қуаттың бірден-бір мәндері - e, i, i, p ;
- Амплитудалық мәндер - E_m, U_m, I_m, P_m ;
- белсенді мәндер E, U, I, P болып табылады.

Синусоидальды ауытқулардың негізгі параметрлері:

- Амплитуда A_m ;
- жиілігі немесе кезең $f = 1 / T$;
- бастапқы кезеңі φ .

Сызықтық электр тізбектерінде эффективті кедергісі бар тармақта, сондай-ақ сыйымдылығы мен индуктивтілігі бар тармақта синусоидальды ток пайда болады. Дегенмен, жеке секциялардағы айнымалы токтың айнымалы токтың кернеуіне қарағанда, кернеу мен ток фазада сәйкес келмеуі мүмкін, яғни u_u және u бастапқы фазалары тең емес. Демек, олардың арасында фазалық ауысу $j = u_v$ - u пайда болады. Бұл инерттің қасиеттеріне ие реактивтік индуктивтілік индуктивтінің катушерлері мен катушкаларының ЭК-да болуы.

2.1.2. Векторлық диаграммалар

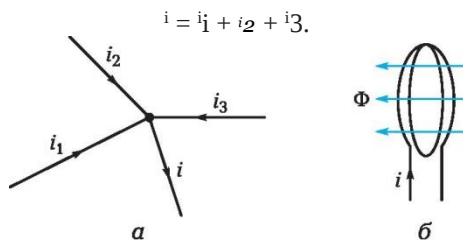


Себебі синусоидальды функция амплитудасы және бастапқы фазасы арқылы сипатталады, ол ұзындығы амплитудаға және пропорционалды фазаға полярлық бұрышқа пропорционалды вектордың көмегімен ұсынылуы мүмкін.

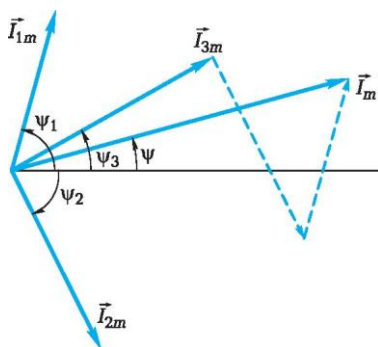
Векторлар кіріспесі мен векторлық диаграммаларды енгізу айнымалы токтың айнымалы ток көздерін айтарлықтай жеңілдетеді:

$$\begin{aligned} i_1 &= I_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1) \\ i_2 &= I_{2m} \sin(\omega t - \varphi_2); \\ i_3 &= I_{3m} \sin(\omega t + \varphi_3) \end{aligned}$$

Мысалы, ЭТ торабындағы ағымдар берілген болса (2.2-сурет, а), онда бірінші Кирхгоф заңына сәйкес,



Сурет. 2.2. Төрт токтармен (а) электр тізбегінің торабы; ток тізбегі (б)



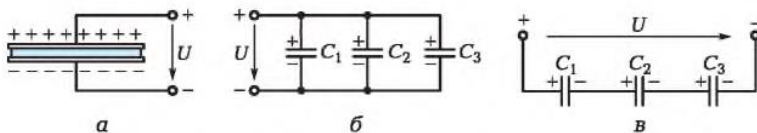
Сурет 2.3. Векторлық токтың диаграммасы

Параллелограмма ережесіне немесе топографиялық әдіске сәйкес (бір вектордың соңынан бастап, екінші басталуы басталады және т.б.) белгілі бір шкала бойынша бейнеленген векторларды қосу жалпы ток векторын және тиісінше, ағымдағы имметтің амплитудалық шамасын және оның бастапқы фазасын анықтайды (сур. 2.3). Осы жағдайда $i = I_m \sin(\omega t + \psi)$ және ток $I = I_m / \sqrt{2}$ тиімді мәндерінің нәтижелендіруші ток шамасының лездік мәні.

2.1.3. Сыйымдылық



Екі диэлектрлік (ауа, слюда, қағаз, керамика және т.б.), электр конденсатын қалыптастырады (Сурет 2.4, а). Конденсатордың магнитудасына тең және керісінше электр зарядтарының өткізгіштерін (пластиналарды) жинау және ұстау қасиеті бар.



Сурет. 2.4. Конденсатор (а); параллельді (б) және дәйекті (в) бірнеше конденсаторларды қосу *у

$$C = q/U.$$

Бірліктің сыйымдылығы - Фарад (Ф).

Бір фарад - бұл 1 В кернеуіндегі 1 В-ға тең конденсатордың сыйымдылығы, бұл өте маңызды (жер шарының сыйымдылығы - 6Ф), сондықтан іс жүзінде бірнеше рет пайдаланылады: микрофарад (1 мкФ = $1 \cdot 10^{-6}$ Ф), нанофарад (1 нФ = $1 \cdot 10^{-9}$ Ф) және пикофарад (1 пФ = $1 \cdot 10^{-12}$ Ф).

Конденсатордың сыйымдылығы пластиндер арасында орналасқан материалдың мөлшеріне, формасына және салыстырмалы өткізгіштігіне байланысты анықталады. Тегіс конденсатор үшін

$$C = \epsilon \epsilon_0 S/d,$$

мұнда S - электродтың ауданы; d - пластиналар арасындағы қашықтық; ϵ_0 - электрлік тұрақты (вакуумның абсолютті рұқсат етуі), $8,86 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. тең.

Конденсатордың сыйымдылығын арттыру үшін үлкен салыстырмалы өткізгіш материалдар пайдаланылады.

Керамиканың кейбір түрлерінде бірнеше мыңға жетеді (мысалы, BaTiO₃-те 5000 адам бар). Сонымен қатар, сыйымдылықты арттыру қажет болса, бір-бірімен параллель бірнеше конденсаторларды қосуға болады (Сурет 2.4, б). Сонымен қатар, плиталардың ауданы артып, жалпы сыйымдылығы әр конденсатордың қуаттылығына тең:

$$C_{\text{жалпы}} = C_1 + C_2 + C_3.$$

Егер жеке конденсаторлар серияларға қосылса (сурет 2.4, в), онда конденсатордың жалпы сыйымдылығы азаяды. Ол формуладан есептеледі

$$1/C_{\text{жалпы}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3.$$

Конденсатор конструкциясы диэлектриктермен бөлінген екі өткізгіш болғандықтан, тікелей ток арқылы протокация мүмкін емес. Оның қарсылығы шексіз үлкен.

Егер синусоидалы кернеу конденсатордың клеммаларына қолданылса,

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

заряд синусоидалды түрде өзгереді:

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

Өйткені ағым зарядтың өзгеру жиілігі болып табылады;

$$i = Dq/Dt = C Du/Dt = CU_m D(\sin \omega t)/Dt = \omega CU_m \cos \omega t = I_m \sin(\omega t + 90^\circ).$$



Осылайша, сыйымдылығы бар электр тізбегіндегі ток фазаға кернеуді 90° -ке көтеріп, синусоидалды түрде өзгереді. $I_m = \omega CU_m = U_m/(1/\omega C)$, екенін ескере отырып, формулада ыдыстық кедергісі үшін өрнек жаза аламыз

$$X_c = 1/(\omega C).$$

Бұл қарсылық *реактивті сыйымдылықты* деп аталды. Ол оммен өлшенеді және қолданбалы кернеу жиілігі мен сыйымдылыққа кері пропорционалды.

2.1.4. Индуктивтілік

Егер синусоидалы ток $i = I_m \sin \omega t$, тізбекте ағып кетсе, онда ол схемада синусоидалды магниттік ағын қалыптастырады (2.2 сур., б).

Бұл магнит ағыны оны жасайтын токпен пропорционалды.

Индуктивтілік L (немесе өзіндік индукция коэффициенті) магнит ағыны мен ток арасындағы ара қатынасы коэффициенті:

$$\Phi = Li.$$

$$L = \mu_0 \mu w^2 s / l,$$

онда $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитті тұрақты (магнит өткізгіштігі).

Құрастырылған магнит ағыны контурдан өтіп, магнит ағынының F өзгеру жылдамдығына тең $\mathcal{E} = -d\Phi/dt$ (Электромагниттік индукция заңына сәйкес) индуцирует. Бұл ЭМӨ кернеуді теңестіреді және оны орындау үшін бағытталған:

$$\mathcal{E} = -u.$$

Сонда $u = d\Phi/dt = L di/dt = L d(I_m \sin \omega t)/dt = \omega L I_m \cos \omega t = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$, i.e.

Кернеу синусоидальды түрде өзгереді, 90° -ке дейін жетеді. $U_m = \omega L I_m = X_L I_m$, екенін ескере отырып, индуктивті қарсылық үшін өрнек жазып аламыз

$$X_L = \omega L.$$

Бұл кедергі реактивті индуктивті қарсылық деп аталды. Оms өлшенеді және тікелей пропорционалды жиілікте қолданылған кернеу U және индуктивтілік L .

Мәселен, индуктивтілік катушкаларда ток *кернеудің 90° -ке артатындығын* білдіреді (ол қаптаманың бұрыштарында «араластырылған» және кейінірек екінші соңына келді).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Ауыспалы электр тогы дегеніміз не?
2. Синусоидалды токтың негізгі параметрлерін атаңыз.
3. Синусоидалы токтың тиімді мәнін анықтаңыз.
4. Векторлық схеманы қолданып, синусоидалы токтардың екі лездік мәнін анықтаңыз.
5. Сыйымдылығы мен сыйымдылығын анықтау.
6. Қуаттылығы (индуктивтілігі) бар тармақтағы ток пен кернеу арасындағы фазалық ауысудың бұрышы қандай?

2.2.

АУЫСПАЛЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТЕРІНІҢ ИНДУСТИАЛЫҚ ЖӘНЕ СЫЙЫМДЫЛЫҚТЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІНЕ БЕЛСЕНДІ ҚАРСЫЛЫҒЫ

2.2.1. Белсенді кедергісі бар тізбек

Синусоидальды кернеулер $u = U_m \sin \omega t$. кедергісі бар Е-ке қолдануға рұқсат етіңіз (Сурет 2.5 а). Содан кейін $i = u/R = (U_m/R) \sin \omega t$ синтезіндегі ток ағымы $i = I_m \sin \omega t$, i.e. ол қолданбалы кернеумен фазаға сәйкес келеді (Сурет 2.5, б).

Векторлық диаграммадағы суретте көрсетілген формула бар. 2,5,б. Белсенді кедергісі бар тізбектегі бірден күш

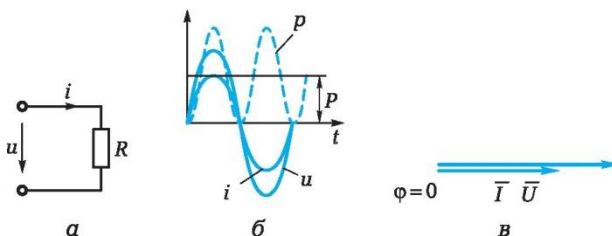
$$p = u \cdot i = U_m I_m \sin^2 \omega t = U_m I_m / 2 - (U_m I_m / 2) \cos 2\omega t = UI - UI \cos 2\omega t = P - P \cos 2\omega t.$$

Алынған өрнекте белсенді қарсыласу кезінде лездік қуат p тұрақты компонентті және қосарлы жиіліктің айнымалы мәнін қамтиды.



Қуат үнемі оң және 0 до $P_m = U_m I_m$. -ге дейін өзгереді. Бұл дегеніміз белсенді төзімділік тізбегінде, тұтастай энергия мерзімді жұмсалады және қайтарымыз түрде жылуға төзімділікке айналады.

Бұл қуат P символы арқылы белгіленген белсенді деп аталады және ваттмен (ватт) өлшенеді.



Сурет. 2.5. Белсенді кедергісі бар электр тізбегі:

а - ЕС схемасы; б - уақытша диаграммасы; в - векторлық диаграмма

2.2.2. Индуктивтілігі бар тізбек

Индуктивтілік катушкардың белсенді қарсылықтары ЕО-да кішкене болсын (2.6-сурет, а) және ескерілмеуі мүмкін (индуктивтіктің мінсіз катушқасы). Катушкардағы ток синусоидальдық заңға сәйкес өзгереді:

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

Бұрын көрсетілгендей, бұл жағдайда катушкардың кернеуі 90° - қа дейін ауытқиды (2.6-сурет, б). Үздік индукторы бар схеманың векторлық схемасы күріш көрсетілген. 2.6, в.

Индуктивтілік тізбегінде бірден күш

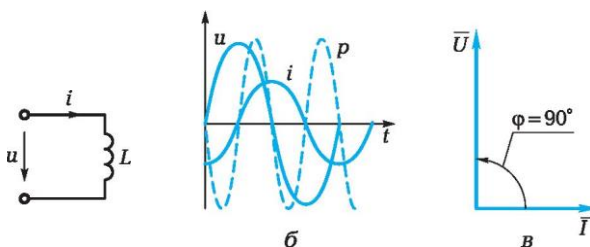
$$p = ui = U_m \cos \omega t \cdot I_m \sin \omega t = (U_m I_m / 2) \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t.$$

Жедел қуат қосарлы жиілікте өзгереді. Ағымның көтерілуі (оның бағытына қарамастан) магнит өрісінің энергиясы желіден жиналып, нөлден ең жоғары мәнге дейін жиналады. Осылайша, тізбек тұтынушы режимінде жұмыс істейді.

Ағымның азаюы кезінде катушаның магнит өрісінің энергиясы максималды мәннен нөлге дейін төмендейді. Жиналған энергия желіге оралады, тізбек генераторлық режимде жұмыс істейді.



Осылайша, индуктивтілік индикаторы бар схемада энергия тұтынылмайды, бірақ ол желі мен индуктивтік катушкар арасында мезгіл-мезгіл алмасады. Өр кезеңдегі орташа қуат нөлге тең, белсенді күш Р-ақ нөлге тең. Индуктивтілік тізбегінде қуаттың ең жоғарғы мәні әдетте реактивті қуат деп аталады және Q_L символы арқылы белгіленеді:



Сурет. 2.6. Мықты индуктор катушқасы бар электр тізбегі:

а - ЕС схемасы; б - уақытша диаграммасы; в - векторлық диаграмма

$$Q_L = U_L I = I^2 \omega L = U_L^2 / \omega L.$$

Реактивті қуатты өлшеу бірлігі Q - вольт-ампер реактивті (вар).

2.2.3. Индуктивтілік және белсенді кедергісі бар тізбек

Нақты индуктор әрқашан белсенді қарсылықты қамтиды, өйткені ол мыс немесе алюминий сымынан жасалған (2.7-сурет, а).

Сонда екінші Кирхгофа заңына сәйкес $u = u_R + u_L$, немесе $U = U_R + U_L$ векторлары бойынша. Бұл жағдайда векторлық диаграммада суретте көрсетілгендей форма бар. 2.7, б.

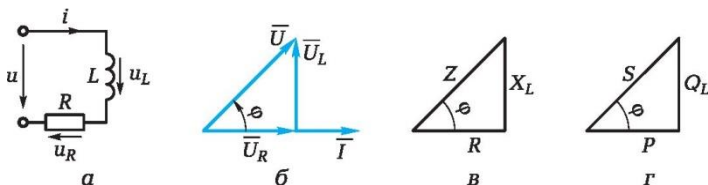
Стрестік векторлар оң жақ бұрышты үшбұрышты - стрестік үшбұрышты құрайды, солардан келуі керек

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

Осылайша, қарсылық үшбұрышының өрнегі форманы алады (2.7-сурет, в)

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

мұндағы Z - толық қарсылық; R - белсенді қарсылық; X_L - индуктивті қарсылық, Оммен өлшенген. Оның бұрышы φ тек R және X_L тізбектерінің параметрлеріне байланысты болатын қарсылық үшбұрышынан келеді. Бұрыштың мәні I бағдарынан құрастырылған.



Сурет. 2.7. Нақты индуктивті катушкасымен электр тізбегі:

а - ЕС схемасы; б - кернеу үшбұрышы; в - қарсылық үшбұрышы; г - қуат үшбұрышы

Ағымдық квадрат бойынша қарсылық үшбұрышының өрнегін көбейтіп, қуат үшбұрышының өрнегін аламыз (2.7-сурет, г)

$$S = yI P^2 + QL$$

мұнда S - вольт-ампермен өлшенген ($V \cdot A$) өлшенген толық (көрінетін) қуат; P - белсенді қуат, ваттмен өлшенеді (W); Q_L - вольт-ампер реактивті (вар) өлшенетін индуктивті сипаттағы реактивті қуат.

Қуат үшбұрышынан жаза аласыз

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



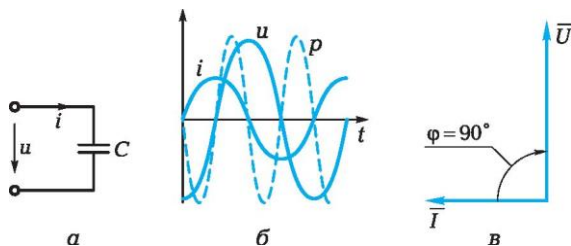
Белсенді қуаттың жалпы $P/S = \cos \varphi$ -ге қатынасы қуат коэффициенті деп аталады, ол жалпы қуаттың қандай бөлігін пайдалы жұмысты орындауға болатындығын көрсетеді.

2.2.4. Сыйымдылығы бар тізбек

Егер ЕО терминалдарында конденсатор көмегімен (2.8, а) кернеу синусоидалық заңға байланысты өзгерсе, яғни, $u = U_m \sin \omega t$ теңдігі, бұрын көрсетілгендей, конденсатордағы ток, синусоидалық заңға сәйкес өзгереді және кернеудің 90° -нан асып кетеді (2.8, б). Тізбектің векторлық схемасы сыйымдылықпен суретте көрсетілген форманы алады. 2.8, в.

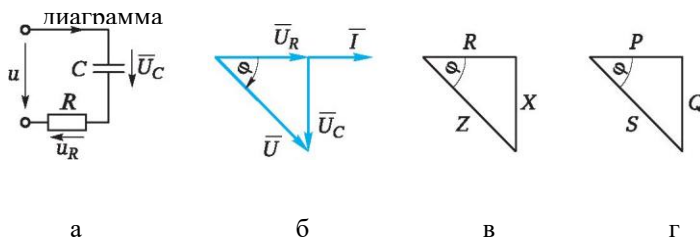
Сыйымдылығы бар схемада бірден күш

$$p = ui = U_m \sin \omega t \cdot I_m \cos \omega t = (U_m I_m / 2) \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t$$



Сурет. 2.8. Сыйымдылығы бар электр тізбегі:

а - ЕС схемасы; б - уақытша диаграммасы; в - векторлық



Сурет. 2.9. Сыйымдылығы және белсенді кедергісі бар электр тізбегі:
а - ЕС схемасы; б - кернеу үшбұрышы; в - қарсылық үшбұрышы;
г - қуат үшбұрышы

яғни, индуктивтілікке арналған ЭТ тәрізді бірден-бір қуат қосарлы жиілікте өзгереді. Әр кезеңдегі орташа қуат нөлге тең, белсенді күш Р-ақ нөлге тең.



Осылайша, индуктивтілік индексі бар схемада сияқты, сыйымдылығы бар схемада желінің энергиясы тұтынылмайды, бірақ мезгіл-мезгіл алмасу көзден және конденсатор арасында өтеді.

Сыйымдылығы бар тізбектегі қуаттың максималды мәні реактивті қуат $Q_c = U_C I = I^2 / (\omega C)$, деп аталады.

Реактивті қуатты өлшеу бірлігі - вольт-ампер (ВА) реактивті.

2.2.5. Сыйымдылығы мен белсенді кедергісі бар тізбек

Қуат сыйымдылығы және белсенді кедергісі бар тізбектегі үрдістер (2.9, а) сурет индуктивті және белсенді қарсылықты қамтитын схемаға ұқсас болуы мүмкін. Айта кетейік, электр тізбегінің кернеуі ағымды бұрышпен кешіреді (2.9-сурет, б). Импеданс $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ қарсылық үшбұрышынан (сурет 2.9, в) және қуат үшбұрышынан $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ жиынтық қуатынан табуға болады (2.9, г).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Белсенді кедергісі бар электр тізбегіне тән қандай?
2. Индуктивті кедергісі бар электр тізбегіне тән қандай?
3. Ыдысқа төзімді электр тізбегіне тән қандай?
4. Қарсылық, шиеленіс, билік үшбұрышы дегеніміз не?

5. Қандай бөлімшелерде реактивті кедергілер мен қуаттар өлшенеді?

2.3.

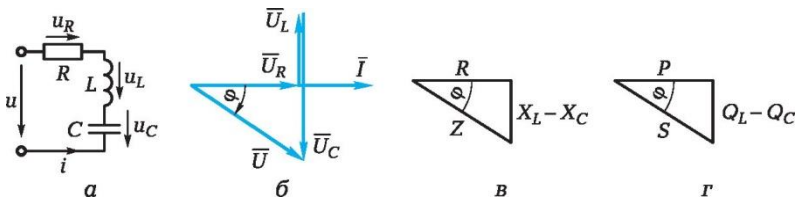
АУЫСПАЛЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТЕРІНІҢ КОНДЕНСАТОР ЖӘНЕ КАТУШКАНЫҢ ИНДУКТИВТІЛІГІ ЖӘНЕ ҚУАТЫНЫҢ ҚОСЫМША ҚОСЫЛУЫ. КЕРНЕУ РЕЗОНАНСЫ

2.3.1. Тербеліс контуры

Индуктивтілік катушкалар мен конденсаторларды біріктіруді қосу белгілі бір жағдайларда тербеліс процесі туындауы мүмкін ЕС алуға мүмкіндік береді. Ол конденсатордың электр энергиясын магнитке айналдыру арқылы индуктивтілік катушкаларға, содан кейін катуштың магнит өрісінің конденсаторды қайта зарядтау қабілетімен, электр энергиясын қайтару қабілетінен анықталады. Мұндай схема *тербеліс контуры* деп аталады. Онда табиғи жиіліктің гармоникалық тербелістері пайда болады. Егер бұл тербелістер қуат көзі жасаған мәжбүрлеп тербелістермен бірге ағып кетсе, онда олар сөндірілмеуі мүмкін. Осцилляторлық схеманы индуктивті катушкалар мен конденсаторлар қатарына қосу арқылы немесе параллельді түрде ұйымдастыруға болады.

2.3.2. Индуктивтілік катушкалар мен конденсатордың дәйекті қосылуы

R кедергісі бар, R индуктивтілік катушқасы және индуктивтілік L және сыйымдылығымен C конденсаторы бар тегіс емес ЕС үшін (2.10 а суретте көрсетілген):



Сурет. 2.10. Нақты индуктивті катушкалар мен конденсаторлармен жұмыс істейтін электр тізбегі:
а - ЕС схемасы; б - кернеу үшбұрышы; в - қарсылық үшбұрышы; г - қуат үшбұрышы

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

Жүктің табиғаты индуктивтік X_L және сыйымдылық X_C кедергісінің қатынасы бойынша анықталған бұрыштың шамасы мен белгісіне байланысты. Жалпы алғанда, j бұрышы j -2-ден өзгеруі мүмкін $+ \pi / 2$. Егер $X_L < X_C$ болса, онда ЕС бар сыйымдылықты және бұрышы $j < 0$. Егер $X_L > X_C$, онда ЕС индуктивті сипаты бар және бұрышы $j > 0$.

Кирхгофтің екінші заңына сәйкес, бірден кернеулердің мәндері үшін $u = u_R + u_C + u_L$, өрнегі сақталады, векторлар үшін $U = U_R + U_C + U_L$. Біз ағымдағы орталығының барлық элементтеріне таралған ағымдағы тоққа қатысты кернеулердің векторлық диаграммасын саламыз (2.10-сурет, б). Қарсылық үшбұрышы фигурада көрсетілген форманы алады. 2.10, в және қуат үшбұрышы сурет. 2.10, г.

2.3.3. Кернеу резонансы

Практикалық қызығушылық туындаған кезде $j = 0$ болады. Бұл $X_L = X_C$ жағдайда болуы мүмкін. Бұл жағдайда электр тізбегіндегі табиғи тербелістер қуат көзінен келетін дұрыс орнатылған тербелістерге сәйкес келеді. Бұл жағдайда $U = IR$, яғни, U мен I арасындағы фазалық ауысу жоқ. $I = U/R$ ток шамасы максималды, себебі қарсылық мәні ($Z = R$) минималды. Осыған байланысты индуктивтілік катушкалар мен конденсаторлар ($U_L = U_C$) кернеулері артады, егер $X_L = X_C \gg R$.



Техникада қуат көзінің кернеуіне қатысты ЭТ-ның жекелеген элементтеріне кернеуді арттыру феномені *кернеулердің резонансы* деп аталды. Индуктивтілік катушкасымен және радиотехникада LC-тізбегі деп аталатын конденсатор бар электр тізбегінің резонанстық жиілігі тізбеге қолданылатын кернеу жиілігіне тең. $X_L = X_C$, немесе $2pfL = 1/(2pfC)$ шартынан резонанстық жиілік үшін өрнек алынады,

$$f_{рез} = 1/(2 \pi \sqrt{LC}).$$

Өнеркәсіптік жиілік $f = 50$ Гц үшін сыйымдылық пен индуктивтілік мәндерін бір-біріне қатысты жуықтап білдіруге болады:

$$C_{рез} = 10/L, \text{ мкФ}.$$

Өйткені тізбектегі ток тек кернеулердің резонансындағы тізбектің қарсыласуының белсенді компоненті арқылы анықталады, схема мен көзден реактивті қуат жоқ. Реактивтік қуат индуктивтілік катушкалардан конденсатор мен артқа айналады. Бұл жағдайда конденсатордың электр өрісінің күші индуктордың магнит өрісінің энергиясына және керісінше.

Күш коэффициенті $\cos \varphi = P/S = 1$.

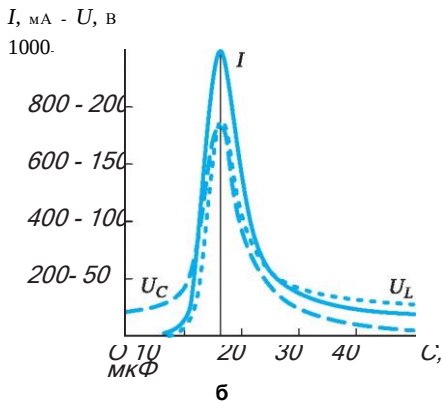
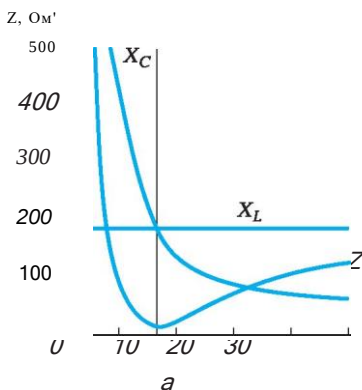


Осылайша, кернеулердің резонанстық жағдайы конденсатордың және индуктивтілік катушкалардың реактивтілігінің реакциясы болып табылады: $X_L = X_C$.

Сол резонанстың нәтижесі:

- ЕС ең аз кедергісі ($Z = R$),
- ЕС-дағы максималды ток мәні ($I = U / R$);
- таза белсенді ток үшін ЕС тұтынуы ($\varphi = 0$);
- $U_L = U_C$ реактивті элементтеріндегі кернеулер теңдігі және қуат көзінің кернеуінің елеулі асып кету мүмкіндігі.

Кернеулердің резонансы электр қуатының жиілігін өзгерту арқылы немесе тізбектің жиілігін өзгерту арқылы алынуы мүмкін, яғни. Индуктивтіліктің L немесе сыйымдылығы C . Іс жүзінде ауыспалы сыйымдылық жиі пайдаланылады, оның өзгеруі тізбекті резонансқа келтіруге мүмкіндік береді. Индуктивті қарсылық $X_L = 2pfL$ өзгеріссіз қалады, сыйымдылық $X_C = 1/(2pfC)$ гиперболалық заңға байланысты өзгереді. Нәтижесінде ЕО кедергісі (контур)



Сурет. 2.11. Қарсылық кестесі (а), ток және кернеу (б) ЕС элементтеріне өзгереді

$= U/Z$, ол тұтынатын және $U_L = IX_L$ және $U_C = IX_C$ элементтеріндегі кернеу (2.11-сурет, б).



Кернеулердің резонансы - қауіпті және зиянды құбылыс болып табылады, өйткені сымдар мен конденсаторларды оқшаулаудың бұзылуы мүмкін. Сонымен қатар радиотехникада бұл құбылыс қабылдау құрылғыларда қолдануды тапты.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Кернеу резонанс дегеніміз не?
2. Кернеу резонанстың жағдайлары мен салдары қандай?
3. Қуаттылық өзгергенде электр тізбегіндегі ағымдағы және кернеу өзгерістерінің графиктерін түсіндіріңіз.
4. Векторлық диаграммалардың көмегімен кернеулердің резонанстық сәті. 5. Резонанс жиілігін қандай параметрлер анықтайды?
6. Кернеулік резонанс неге қауіпті құбылыс болып табылады?
7. Кернеу резонансы құбылысы қайда қолданылады?

2.4.

АУЫСПАЛЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТЕРІНІҢ КОНДЕНСАТОР ЖӘНЕ КАТУШКАНЫҢ ИНДУКТИВТІЛІГІ ҚҰАТЫНЫҢ ПАРАЛЛЕЛЬДІ ҚОСЫЛУЫ. ТОК РЕЗОНАНСЫ

2.4.1. Ауыспалы ток өткізгіштері туралы түсінік

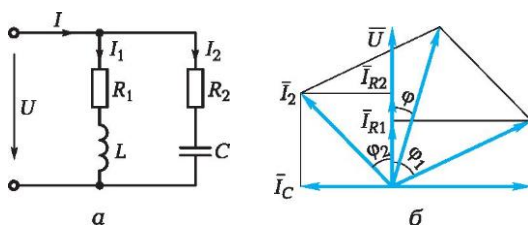
Элементтерді параллель байланыстыру үшін тікелей токпен ұқсастықпен, өткізгіштігінің концепциясын қолдана отырып, АТ талдау оңай. Айнымалы ток тізбектерінде үш өткізгіш бар: жалпы (y), белсенді (q) және реактивті (b). U , R_1 , R_2 , L және C ЕС-лерге белгілі болсын (2.12-сурет, а). Вектор диаграммаларын жасау және ағындарды анықтау үшін келесі формулаларды қолданамыз:

$$I_1 = U/Z_j; I_2 = U/Z_2; \cos j_1 = R_1/Z_j; \cos j_2 = R_2/Z_2; \sin j_1 = X_L/Z_j; \sin j_2 = X_C/Z_2.$$

Бұл жағдайда активные және реактивные токтар:

$$I_n = I_j \cos j_j = UR_j/Z_j^2 = Uq_j; I_{hn} = Uq_2, I_L = I_j \sin j_j = UX_L/Z_j^2 = Ub_L \\ I_C = Ub_C$$

онда $q_1 = R/Z_j^2$ және $q_2 = R_2/Z_2^2$ өткізгіштігінің белсенді компоненттері; $b_L = X_L/Z^2$ және $b_C = X_C/Z_2^2$ - өткізгіштігінің реактивті компоненттері.



Сурет. 2.12. (А) және векторлық диаграммамен (б) индуктивті катушкалар мен конденсаторларды параллель қосу арқылы ЕС тізбегі

$Z_2 = jR_2 + X^2$ параллель тармақтардың толық кедергісі.

Жалпы өткізгіштігі - жалпы қарсылықтың өзара қатынасы: $y = 1/Z$.

Векторлық схеманың құрылысы (сурет 2.12, б) стресстік векторы U -мен басталады, себебі екі параллель бұтақ үшін ортақ болып табылады.

Компонент токтарының векторлары тиісті бұрыштарда құрастырылған: $j = 0$ белсенді компоненттері үшін, реакциялық $j = 90^\circ$ (L үшін) және $j = -90^\circ$ (C үшін).

Белсенді және реактивті ток компоненттеріне сүйене отырып, біз ағымдық және кернеу j арасындағы схема мен фазалық бұрышпен тұтынылатын жалпы ток ағымын анықтаймыз.

2.4.2. Токтың резонансы



Көзі мен тербелісі болған кезде индуктор мен конденсатордан тұратын тізбек, резонансты токтардың феномені болуы мүмкін.

Жалпы алғанда, тізбектің жалпы ток және кернеу арасындағы бұрыш j $-1/2$ -ден $+1/2$ -ге дейін өзгеруі мүмкін және салалық токтардың индуктивтілік пен сыйымдылықтағы реактивті компоненттерінің қатынасы бойынша анықталады. Олардың теңдігі реактивті өткізгіштігі тең болғанда пайда болады ($b_L = b_C$). Бұл жағдайда $j = 0$ болса, жалпы ток I_{co} көзінің кернеуімен фазада болады. Менде тек белсенді компонент бар. ЕС тұтынатын ток тек белсенді өткізгіштігі $q = R/Z^2$ арқылы анықталады.

$R_j = R_2 = 0$ үшін мінсіз жағдайда, белсенді өткізгіштігі q нөлге тең және жалпы тұтынылған $I = Uq$ -ақ нөлге тең. Алайда индуктивтіліктің IL және сарасантance IC тармақтарындағы ағымдар нөлден ерекшеленеді, фазада бірдей және керісінше. $b_L = b_C \gg q$ жағдайындағы ағымдағы мән елеулі мәндерге жетеді. Сондықтан бұл құбылыс токтардың резонансы деп аталды.

Электр токтарының резонансындағы тізбектегі энергетикалық процестер кернеулердің резонансындағы процестерге ұқсас. Жалпы қуат белсенді қуатқа тең ($S = P$), көзден реактивті қуат тұтынылмайды ($Q = 0$), қуат коэффициенті - бір ($\cos j = 1$).

Резонанстық ағымдардың феномені техникада, мысалы, коммуникациялық технология мен автоматтандыруда кеңінен қолданылады. Кернеулердің резонанстарынан айырмашылығы күштік құрылғыларда токтардың резонансы қауіпсіз феномен болып табылады, өйткені тізбектің нақты жиілігімен жиіліктің жиілігі сәйкес келмейтін салдарға әкелмейді.

2.4.3. Қуат коэффициенті және оны ұлғайту жолдары

Өнеркәсіптік тұтынушылардың көпшілігі белсенді индуктивтік сипатқа ие және, демек, айтарлықтай реактивті қуатты пайдаланады. Олардың қатарына бірінші класты асинхронды қозғалтқыштар (машина кесетін машиналардың жетекті қозғалтқыштары), электр дәнекерлеу машиналары, жоғары жиілікті қатайтылу кіреді.

Реактивті қуатты тұтыну қуат коэффициентінің төмендеуіне әкеледі

$$\cos \varphi = P / S,$$

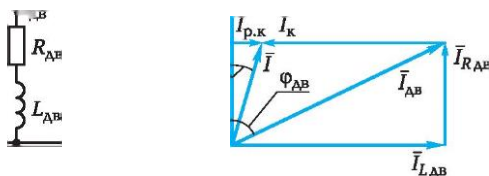
бұл электр генераторларын, электр беру желілерін және трансформаторларды толық пайдалануды тудырмайды. Олар индуктивті сипаттағы реактивті токпен пайдасыз. Сонымен қатар, төмен қуат коэффициенті сымдардың көлденең қимасының үлкен алаңын қажет етеді. Мысалы, егер кернеуде $U = 10$ кВ кернеудегі қуат $P = 100$ кВ жұмысты орындау үшін қажет болса, онда $\cos \varphi = 0,5$ ток үшін тұтынылған ток $I = P / (U \cos \varphi) = 100 / (10 \cdot 0,5) = 20$ А. $\cos \varphi = 0,9$ дейін ұлғайту ток тұтынуды $100 / (10 \cdot 0,9) = 11$ А дейін төмендетуге мүмкіндік береді, осылайша сымдардың көлденең қимасын шамамен жартысына азайтады.



Ағымдағы резонансты қолдану энергия көздерін босатуға және энергияны пайдасыз тербелістерден беруге мүмкіндік береді, оларды индуктивті катушкалар мен конденсатор арқылы құрастырылған контурға қосу арқылы жүзеге асырады (2.13-сурет).

Қозғалтқышқа параллель қосып, C_k конденсаторларының немесе компенсатор режимінде жұмыс істейтін айналымы ток синхронды машинасының реактивтік ток құрамын азайтуға және, демек, реактивтік қуатты $Q = Q_L - Q_C$ -ге азайтуға мүмкіндік береді және осылайша қуат коэффициентін ұлғайтады (2.13-сурет, б).

Мұнда $I_{L\text{ дв}}$ - өтемақыға дейін реактивті ток, I - өтемақыдан кейін реактивті ток, I_k - конденсатордың тармағында реактивті ток, φ - ток пен кернеу арасындағы өтемақы алдында фазалық бұрышы, f_c ток және кернеу арасындағы фаза бұрышы төлемнен кейін.



Сурет. 2.13. Қозғалтқыш орамасы және параллельді ЕС тізбегі (а) және векторлық диаграмма (б)

Кәсіпорындардың белгілі бір мәні бар (0,95-ден 0,98 дейін). $\cos \varphi$ - ның белгіленген мәнін орындамағандықтан, кәсіпорындарға айыппұл салынады, сондықтан негізгі энергетикалық компаниялар электр қуатының коэффициентін тіпті жүздеген. күшке арттыруға тырысады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Токтардағы резонанс дегеніміз не және қандай жағдайда пайда болады? 2. Резонанстық токтың ағымдарына не тән?
3. Резонанс кезіндегі схема бойынша тұтынылатын ағза дегеніміз не?
4. Қолданыстағы резонанс құбылысы қайда қолданылады?
5. Қуат факторы деген не және ол нені анықтайды?

2.5.

СИНУСОИДАЛДЫҚ ЕМЕС ТОКТАР. ЛИНЕЙЛІК ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІНІҢ ӨТПЕЛІ КЕЗЕҢ ЖҮЙЕСІ

2.5.1. Синусоидалдық емес токтар

ЭТ-ның кез-келген элементі белгілі сызықтық емес. Кейбір элементтерде ол ескерілмейді (мысалы, резисторда, бірақ жоғары жиіліктерде бет өзгерісіне байланысты R өзгерісін елемуге болмайды), ал басқаларында ол анық көрінеді (диод, стабилитрон, болат негізі бар катушка және т.б.)

ЭТ-да синусоидальды емес токтың пайда болуының алғашқы себебі - сызықты емес элементтің болуы. Мысалы, диодқа негізделген түзеткіштің шығуында синусоидалы кернеу пульсирленген кернеуге айналады.

Екінші себеп: синусоидальді емес ток болуы мүмкін Төменде қарастырылатын үшбұрышты, аралық, тікбұрышты және басқа да тербелістердің арнайы синусоидалы емес генераторлары.

Синусоидальды емес ток кезінде ЕС жұмысын есептеу үшін негіз

екі теорема болып табылады:

Теорема №1. Кез-келген мезгіл-мезгіл өзгеретін саны $u(t)$ U_0 тұрақты мәнінің сомасы және бірнеше жиіліктегі (Фурье теоремасы) синусоидальдық сандардың сериясы ретінде қарастырылуы мүмкін:

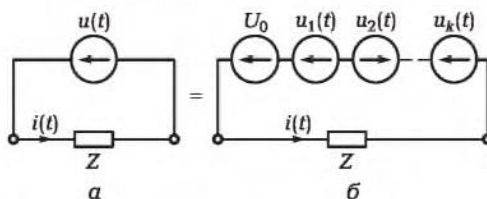
$$u(t) = U_0 + U_1 m \sin(\omega t + y_1) + U_2 m \sin(2\omega t + y_2) + \dots + U_k m \sin(k\omega t + y_k).$$

Бұл жағдайда баламалы схема суретте көрсетілген. 2.14.

Теорема №2. Бірнеше көрек көзі бар тізбектегі ток суперпозиция әдісі (суперпозициялар әдісі) арқылы анықталуы мүмкін:

$$i(t) = U_0/Z_0 + (U_{j1}/Z_1) \sin(\omega t + y_1 + j_1) + (U_{j2}/Z_2) \sin(2\omega t + y_2 + j_2) + \dots + (U_{jk}/Z_k) \sin(k\omega t + y_k + j_k).$$

Жалпы алғанда, синусоидальды емес ток үшін жүктеме кедергісі айнымалы мән болып табылады және гармониканың жиілігіне байланысты.



Сурет 2.14. Синусоидалы емес ЭДС электр схемасы:

а - ЭТ схемасы; б - Гармоникалық көздермен ЭТ балама тізбегі

Осылайша, индуктивті қарсылық жиілікте пропорционалды және үйлесімнің реттік санының өсуімен артады: $X_{Lk} = k\omega L$. Ыдыстық қарсылық жиілікте кері пропорционалды және гармониканың реттік санының көбеюімен төмендейді: $X_{Ck} = 1/(k\omega C)$.

Синусоидалы емес ток пен кернеудің нақты мәндері

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}; U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}.$$

Активті күш $P = U_0 I_0 + U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + \dots + U_n I_n \cos \varphi_n$.

Реактивті күш $Q = U_1 I_1 \sin \varphi_1 + U_2 I_2 \sin \varphi_2 + \dots + U_n I_n \sin \varphi_n$.



Синусоидальды емес ЭМӨ-мен жұмыс істейтін ЭТ есептеу үшін басты мәселе Фурье қатарындағы уақыт функциясының көрінісі болып табылады.

2.5.2. Синусоидалы емес кернеулердің ең типтік түрлері үшін Фурье қатарлары

Синусоидальды емес кернеулердің типтері мен олардың көбінесе тәжірибеде жиі кездесетіні және олардың Фурье кеңеюі кестеде келтірілген. 2.1.

Кесте 2.1	
Гармоникалық ауытқулар формасы	Фурье гармоникалық бірқатары
	$u = 4U_m/p(\sin \omega t + \sqrt{3} \sin 3\omega t + \dots + \sqrt{5} \sin 5\omega t + \dots)$
	$u = U_m/2 + 2U_m/p(\sin \omega t + \sqrt{3} \sin 3\omega t + \sqrt{5} \sin 5\omega t + \dots)$
	$u = 8 U_m/p^2 (\sin \omega t - \sqrt{9} \sin 3\omega t + \sqrt{25} \sin 5\omega t - \sqrt{49} \sin 7\omega t \dots)$

Гармоникалық ауытқулар формасы	Фурье гармоникалық бірқатары
	$u = U_m/n(1 + \pi/2 \sin at - 2/3 \cos 2at - 2/15 \cos 4at - 2/35 \cos 6at - \dots)$
	$u = 2U_m/n(1 - 2/3 \cos 2at - 2/15 \cos 4at - 2/35 \cos 6at - \dots)$
	$u = 3 \cdot 33U_m/2n(1 - 1/4 \sin 3at + 2/35 \cos 6at + 1/40 \sin 9at - 2/143 \cos 12at - \dots)$

2.5.3. Өтпелі кезең жүйесінің ұғымы

Әлі күнге дейін біз стационарлық режимде жұмыс істейтін электр тізбектерін қарастырдық, яғни. тұрақты немесе синусоидалы ток тізбектеріндегі қуат көздерінің ұзақ мерзімді әрекетінің нәтижесінде пайда болады.



Іс жүзінде, қажет болған жағдайларда жиі кездеседі қуат көздерін қосу (қосу немесе ажырату) немесе электр тізбегінің элементтерін өзгерту арқылы туындайтын өтпелі режимде тізбектің немесе жүйенің мінез-құлқын білу: резисторлар, конденсаторлар немесе индуктивтік катушкалар.

Тек белсенді кедергісі бар электр тізбектерінде өтпелі кезеңдер жоқ, токтар мен кернеулер бірден дерлік белгіленеді. Егер электр тізбектерінде энергияны жинақтап, энергиямен қамтамасыз ететін элементтер болса, токтар мен кернеулер дереу орнатылмайды, өтпелі процестер пайда болады. Мұндай элементтер индуктивтілік катализаторы L индуктивтілік катализаторы бар C индуктивтілік катализаторы болып табылады. Бұдан кейін екі коммутация туралы заң қабылданды.



Бірінші заң. Индуктивті катушкалардағы тармақтағы ағымды күрт өзгерте алмайды.

Екінші заң. Конденсатордағы кернеу секіріп кете алмайды.

2.5.4. RC тізбегіндегі өтпелі кезең

Екінші коммутациялық заңға сәйкес, К кілті І жағдайында орнатылса (сурет 2.15а) конденсатордың кернеуі біртіндеп өседі ол Е мәніне жеткенше (сурет 2.15, б). Конденсатордың көзінен резистор R арқылы зарядталады.



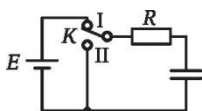
Бұл жағдайда кернеудің өзгеруі $u_c = E (1 - e^{-t/\tau})$, өрнегімен анықталады, мұнда $\tau = RC$ - уақытша тұрақты; t - ағымдағы уақыт. Уақыттың ұзақтығы қаншалықты ұзақ болса, өтпелі процесс неғұрлым ұзағырақ болады. Деп саналады, ол іс жүзінде аяқталады $t = 3 \tau$.

К ІІ позициясына ауысқанда, С конденсаторы сол жағдайда $R = RC$ тұрақты бірдей тұрақты резистор арқылы ағып кетеді. $u_c = E e^{-t/\tau}$. заңына сәйкес өзгертін кернеу нөлге ұмтылады (2.15-суретті қараңыз, б).

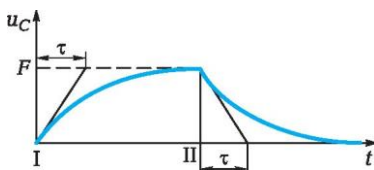
Конденсатор көмегімен контурдағы өтпелі процестер *релаксация* деп аталады. Олар арнайы генераторларда кеңінен қолданылады, мысалы, электронды-сәулелік осциллографтардағы шаңдыруды жасау үшін арамен немесе үшбұрышты кернеулерді өндіруге арналған.

2.5.5. RL тізбегіндегі өтпелі процесс

Бірінші коммутациялық заңға сәйкес, К І позициясына орнатылған кезде (сурет 2.16 а) ЭТ-ның ағымы біртіндеп көтеріліп, тұрақтылықты ұстап отырады $I_K = E/R_K$ мәні (сурет 2.16, б). Ағынның өзгеру жылдамдығы уақытша тұрақты $t = L_K/R_K$. бойынша анықталады.



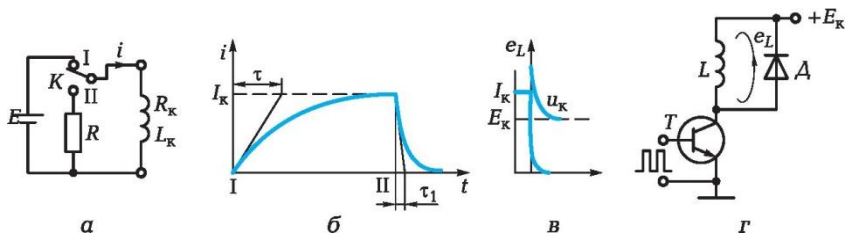
а



б

Сурет. 2.15. Конденсатор бар ЭТ өтпелі кезеңі:

а - сынау схемасы; б - уақытша диаграммасы



Сурет. 2.16. Индуктивті катушкасы бар ЭТ өтпелі кезеңі:

а - сынақ схемасы; б - уақыт диаграммасы; в - транзисторлар жабылған жағдайда, өздігінен жүретін ЭМӨ; г - транзистордың өзін-өзі индуктивтіліктің эмфден қорғау тізбегі



Индуктивтілік L_K бар катуштың R_K белсенді кедергісі қаншалықты ұзақ болса, өтпелі процесс ұзағырақ болады.

II күйге ауыстырылғанда, индуктивтілік катушка уақытша тұрақты $t_j = L_K / (R + R_K)$ бар белсенді белсенді қарсыласу $(R + R_K)$ с бар тізбекте шығарыла бастайды. Индуктивтік катушкалардағы ток $i_L = I_K e^{-t/\tau}$, заңына сәйкес өзгеріп отырады (2.16-сурет, б). Уақытты $t_j < t$ уақытынан бастап ағымдық өзгеру жылдамдығы $\Delta I / \Delta t$ жоғарылайды және өзін-өзі индукцияға арналған ЕМЛ-дің $e_L = -L(\Delta I / \Delta t)$ қайнатқыш терминалдарында жоғарылайды. К кілтінің қарапайым ашылуымен уақыттың тұрақтысы нөлге ұмтылады, ал өздігінен индукцияның ток және өзгеру жылдамдығы шексіздікке бейім.

Жартылайөткізгіш құрылғылармен (мысалы, транзисторлар) ұштастыра отырып, электромагниттік құрылғылар (мысалы, реле) жұмыс істегенде, бұл жұмыс режимі жартылай өткізгіш құрылғының жұмыс істемеуіне әкелуі мүмкін, өйткені $u_K = E_K + e_L$ коллекторындағы кернеу маңызды мәнге жетуі мүмкін (2.16, в -сурет). Бұны болдырмау үшін транзистор Т ораманың орамасының кедергісі арқылы жабық болғанда және өздігінен жүретін ЭМӨ-ні іс жүзінде нөлге дейін азайтқанда, релелік орамаға параллель орналасқан диод D (сурет 2.16, г) орнатылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Синусоидалы емес тоқтарға не себеп болады?
2. Синусоидалы емес тоқтармен схемаларды есептеу үшін қандай екі теорема пайдаланылады?
3. Электрлік тізбектердегі өтпелі кезеңге қандай элементтер

- себеп болады? 4. Екі коммутация туралы қандай заңдар бар?
5. RC тізбегіндегі өтпелі кезеңді сипаттаңыз.
 6. RL тізбегіндегі өтпелі кезеңді сипаттаңыз.
 7. RC- және RL-тізбектеріндегі уақытша тұрақты өрнектерді жазыңыз.

ҮШ ФАЗАЛЫҚ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

3.1. ҮШ ФАЗАЛЫҚ КЕРНЕУДІ АЛУ. ФАЗ КӨЗІН ҚОСУДЫҢ ӘДІСТЕРІ

3.1.1. Үш фазалы электр тізбектерінің негізгі ұғымдары



Ауыспалы синусоидалы ток бірфазалы тізбектерімен қатар, үш фазалы электр тізбектері заманауи электр энергетикасында келесі артықшылықтарға байланысты танымал болды:

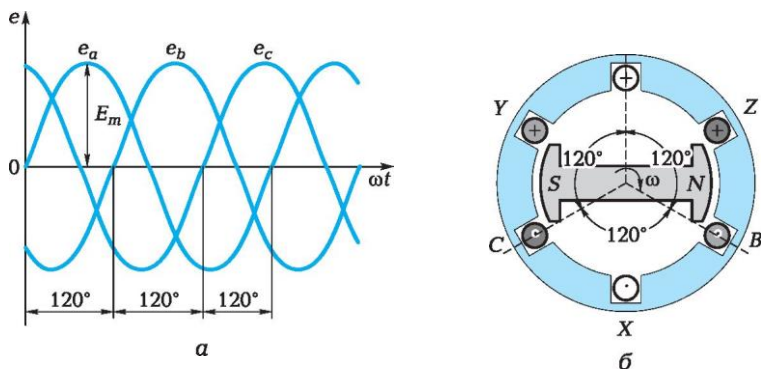
- электр энергиясын өндіру мен берудің жоғары тиімділігі мен экономикасы;
- екі жұмыс кернеуін алу мүмкіндігі - фаза және сызықтық;
- Үш фазалы асинхронды моторды жобалаудың қарапайымдылығы - өнеркәсіптік сектордағы басты қозғалтқыш.



Үш фазалы тізбектер - бұл өздерінің филиалдарында үш синусоидалды амфита және жиілік жұмыс істейтін тізбектер, 120° бұрышпен бір-біріне қатысты фазада ауысады.

Үшфазалы жүйеге кіретін бір фазалық тізбектердің көбі әдетте фаза деп аталады (бұл векторларды ауыстыру бұрышынан айырмашылығы үшфазалы жүйенің элементі). Бірфазалы схема сияқты, үш фазалы электр тізбегі генератордан (үш фазалы), электр жеткізу желісін (үш фазалы) және қабылдағыштан (үш фазалы және бір фазалы) тұрады.

Бірфазалы синусоидалы кернеу алу үшін, кадр магнит өрісінде айналды. Тұрақты магнитті бұрыштық жылдамдықпен ω айналдырсаңыз және оның айналасында жел, онда электромагниттік индукция заңына сәйкес синусоидалды.



Сурет. 3.1. Үш фазалы ЭМӨ жүйесінің уақытша диаграммасы (а) және генератордың конструктивті сызбасы(б)

Егер үш орам бір-біріне қатысты 120° бұрышқа қойылса, онда оларда 120° бұрышпен жылжытылады (Сурет 3.1а). Орамаларды статорлы ойықтарға орналастыру арқылы (3.1-сурет, б), біз қарапайым үш фазалық айнымалы ток станциясын (бұл жағдайда генератор) аламыз.



Бастапқы фазалардың басталуы А, В, С деп белгіленген, фазалық ұштары Х, Y, Z. Энергия қабылдағыштарында фазалардың басталуы а, b, c, соңы $\neg$ осылай белгіленеді ts - x, y, z.

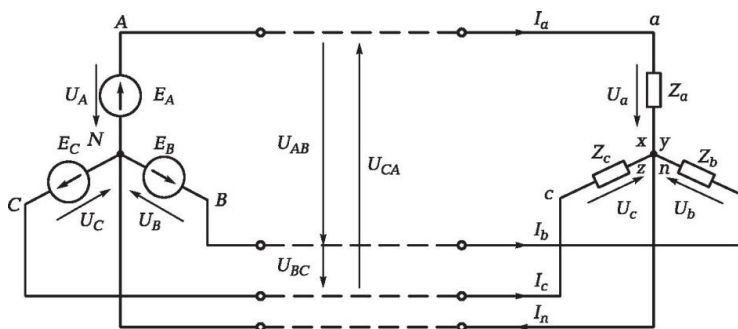
3.1.2. Көздің фазаларын қосу әдістері



Үш фазалы көзі, әдетте, жұлдыздық тізбеге қосылады. Бұл жағдайда Х, Y, Z фазаларының ұштары біріктіріліп, N нүктесінен бейтараптайтын, ал А, В, С фазаларының бастары жүктемеге түсетін сымдарға қосылады (3.2-сурет).

Бұл сымдар желілік деп аталады, ал схема үш сымды. Егер N көзінің бейтарап нүктесі n қабылдағыштың бейтарап нүктесіне қосылса, онда схема төрт сымды болады, ал төртінші сым бейтарап деп аталады.

Әр фазаның ЭМҮ бір-біріне 120° бұрышпен тең және жылжытылған жағдайда *жүйе симметриялық* деп аталады.



Сурет. 3.2. Үшфазалы көздің және қабылдағыштың жұлдыздық қосылу схемасы

А фазасының бастапқы фазасын нөлге теңестіргенде (3.1а-суретті қараңыз), эмфтің фазаларда бір сәтте мәндерін білдіруге болады:

$$e_A = E_m \sin \omega t;$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ);$$

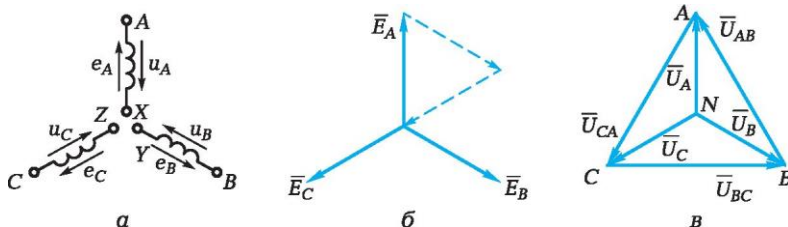
$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ).$$

ЭФФ фазасындағы бағыты басынан бастап (Х-дан А-ға дейін) және кернеу басынан аяғына дейін алынады (3.3 сур, а).

Үш фазалы ЭМӨ жүйесіндегі векторлық диаграммада фигура көрсетілген. 3.3, б.

Оның үстіне симметриялық үш фазалық жүйе үшін барлық фазалардың геометриялық сомасы ЭМӨ векторлары нөлге тең:

$$e_A + e_B + e_C = 0.$$



Сурет. 3.3. Генератордың үш фазасы (а); ЭМС (б) векторлық диаграммасы; фазалық және сызықтық кернеулердің векторлық диаграммасы (в)

Тиісінше, генератордың эмфiнiң лездiк мiндерiнiң алгебралық сомасы кез-келген уақытта нөлге тең болады:

$$^eA + ^eB + ^eC =$$

Жұлдыз қосылған кезде үш фазалы тізбекте: E_a, E_b, E_c - фазасындағы ЭДӨ көзi;

U_A, U_B, U_C - фазалық көзден кернеулер;

U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} - сызықты көздер кернеуi;

I_A, I_B, I_C - фазалық және көздің сызықтық ағымдары;

U_a, U_b, U_c - фазалық жүктеме кернеуi;

U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} - сызықтық жүктеме кернеуi;

I_a, I_b, I_c - фазалық және сызықтық жүктеме ағымдары;

I_n - бейтарап сымның ағымы;

U_N - бейтарапты бейтарап кернеу.

ЭТ сұлбасы үшін сурет. 3.2, екінші Кирхгоф заңына сәйкес, біз жаза аламыз:

$$U_{AB} = U_A \sim U_B;$$

$$U_{BC} = U_B \cdot U_C;$$

$$U_{CA} = U_C \sim U_A \blacksquare$$

Үшфазалы көздер әрқашан симметриялы жүйе болып табылады, ол жүктің шамасы мен сипатына қарамастан, оның ішкі қарсылығын шамалы. Күрделі кернеулердің векторлық схемасы күріш көрсетілген. 3.3,в. Диаграммада желілік және фазалық кернеулер тәуелділікте байланысты

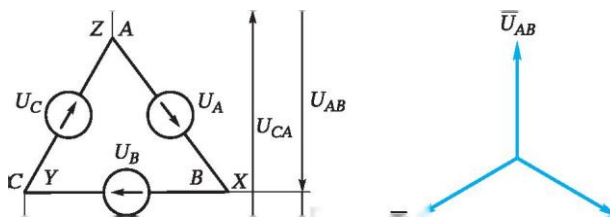
$$U_L = \sqrt{3} U_{\phi}.$$

Мемлекеттік стандарт желілік U_A (660, 380, 220 В) және фазалық (380, 220, 127 В) номиналды мiндерiн - ЖЗ: $660/380 = 380/220 = = 220/127 = \sqrt{3}$.



Генератордың фазаларын үшбұрышпен қосқанда, біреуінің басы фаза бір-бірінің соңына қосылады, нәтижесінде нәтижесінде көздердің фазаларын дәйекті жалғасады (3.4-сурет, а).

Бұл қысқа тұйықталу болмайды, өйткені кез келген уақытта лездік ЭДС мiндерiнiң сомасы нөлге тең.



Сурет. 3.4. Фаза көзі үшбұрыш қосылымдары:
а - схема; б - векторлық диаграмма

Үшбұрыш диаграммасында фазалық және сызықтық кернеулердің векторлары сәйкес келеді (3.4-сурет, б): $U_A = U_{AB}$; $U_B = U_{BC}$, $U = U_{CA}$.

А, В, С фазаларын тағайындаудағы дәйектілік кездейсоқ емес, өйткені ол фазасындағы ЭМӨ өзгерістерінің реттілігін анықтайды, демек төменде көрсетілгендей және үш фазалы қозғалтқыштардың айналу бағыты анықталады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Үш фазалы электр тізбегі дегеніміз не?
2. Көздің жеке фазаларын үшфазалы тізбектерде қалай қосуға болады?
3. Қандай ағымдар (кернеулер) сызықты және фазалық деп аталады?
4. Үшфазалы жүйенің фазалық эмфінің лездік мәндері үшін өрнектерді жазыңыз.
5. Жұлдызды және бұрғылау қосылыстарының сызықтық және фазалық кернеулер арасындағы қатынастарды жазыңыз.

3.2.

ҮШ ФАЗАЛЫ ЖҮКТЕМЕНІҢ ҚОСЫЛУ СХЕМАСЫ

3.2.1. Жүктеме түрлері

Үш фазалы тізбектерде жүктеме болуы мүмкін: симметриялы, егер фазалардың толық кедергісі ($Z_a = Z_b = Z_c$) тең болса және олардың сипаты бірдей болса ($j_a = j_b = j_c$). Мысал ретінде статор орамаларының белсенді

және индуктивті кедергілер сияқты бірдей мәндері бар үш фазалы асинхронды немесе синхронды қозғалтқыштар фазаларда жалпы тең болғанда, бірақ олардың сипаты басқаша ($j_a \neq j_b \neq j_c$), мысалы, бір фазада белсенді жүктеме болса, екіншісінде - индуктивті, үшінші сыйымдылықта, модуль бойынша бір-біріне тең;

біртекті фазаларда жүктеме бірдей болғанда ($j_a = j_b = j_c$), бірақ жалпы импеданс ($Z_a \neq Z_b \neq Z_c$) әртүрлі. Мұндай жүктемедің мысалы өнеркәсіптік және тұрмыстық ғимараттардың жарықтандыру желісі бола алады, барлық кезеңдерде жарық шамдары бар, бірақ олардың саны әртүрлі.

Жүктің соңғы екі түрі жалпы атауы симметриялық емес жүктеме бойынша біріктіріледі.

3.2.2. Үшбұрышқа енгізілген симметриялық жүктеме

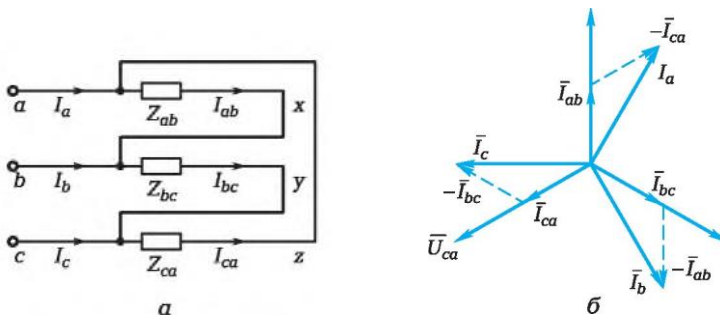
Қабылдағыштар сымдардың шағын қарсылықтарына байланысты үшбұрышпен қосылған кезде, қабылдағыштың кернеуі көздің кернеуіне тең болады және симметриялық кернеулер жүйесін құрайды. Бұл жағдайда фазалық кернеулер желілік болып табылады және ЭЦ-да токтардың екі түрі бар: фаза 1_ϕ (I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}) және сызықты I_A (I_a, I_b, I_c) (3.5-сурет, а). Кирхгофтің ЭТ-ның бірінші заңына сәйкес жазылған векторлық схеманы (3.5-сурет, б) пайдаланып, I_A -мен ара қатынасын анықтаймыз (3.5 суретін қараңыз а)

$$\begin{aligned} {}^1a & {}^1ab & {}^1ca ; \\ h & = hc^{-1}ab ; \\ {}^1c & = {}^1ca {}^1bc \bullet \end{aligned}$$

Диаграмма негізінде фазалық ток векторлары бір-біріне қатысты 120° ауысқан деп қорытынды жасауға болады. Сызықтық токтардың векторлары 120° бұрышпен жылжиды және 30° бұрышпен фазалық токтардың векторларына қатысты.

Сызықтық және фазалық токтар өзара байланысты

$I_\phi = \sqrt{3} I_A$



Сурет. 3.5. Жүктеме фазаларын үшбұрыш арқылы қосу: а - ЭТ тізбегі; б - векторлық диаграмма

$$P_{\phi} = 3 U_{\phi} I_{\phi} \cos \phi; \quad Q_{\phi} = 3 U_{\phi} I_{\phi} \sin \phi; \quad S_{\phi} = 3 U_{\phi} I_{\phi}.$$

Үш фазалық жүктеме бойынша тұтынылатын қуаттар: $P_{\Sigma} = 3 P_{\phi}$;
 $Q_{\Sigma} = 3 Q_{\phi}$; $S_{\Sigma} = 3 S_{\phi}$.

Сызықтық кернеулер мен токтар үшін

$$P_{\Sigma} = 3 U_{\phi} I_{\phi} \cos \phi; \quad Q_{\Sigma} = 3 U_{\phi} I_{\phi} \sin \phi; \quad S_{\Sigma} = 3 U_{\phi} I_{\phi}.$$

3.2.3. Үшбұрышқа енгізілген теңгерімсіз жүктеме

Фазалық кедергілер бір-біріне тең болмаса, онда жүктеме асимметриялық болып саналады. Бір фазалық қабылдағыштар тізбеге қосылған кезде пайда болады.

Бұл жағдайда фазалық токтар, фазалық күштер, фазалық бұрыш бұрыштары әртүрлі болады.



Фазалық немесе сызықтық кернеулердің және фазалық кедергілердің белгілі мәндеріндегі фазалық токтар, сызықты токтар мен қуаттардың мәндері векторлық диаграмма арқылы анықталуы мүмкін.

Векторлық схема осы тізбекте жасалады.

1. Фазалық кернеулердің жұлдызы mV (В / мм) масштабында орналасады.
2. Фазалық кернеулер мен токтар арасындағы фазалық жылжу бұрыштары анықталады: $\cos \phi = D_{\phi} / Z_{\phi}$ ($\cos \phi_{ab} = R_{ab} / Z_{ab}$ және т.б.).
3. Фазалық токтардың тиімді мәндері анықталады: $I_{\phi} = D_{\phi} / Z_{\phi}$.

4. Фазалық токтардың векторлары $\dot{I}_{ab}$, $\dot{I}_{bc}$, $\dot{I}_{ca}$ дұрыс бұрыштарда, I_{ab} , I_{bc} , I_{ca} фазалардың m_b (А/мм) масштабында U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} фазалық кернеулеріне орнатылады.

5. Фазалық ток векторларының ұштарын қосу желілік ағымдардың I_a , I_b , I_c тиімді мәндерін анықтайды.

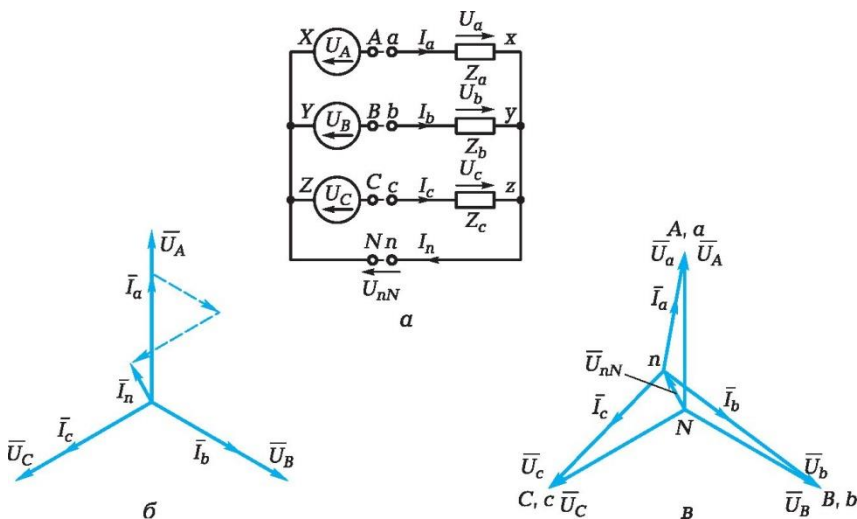
6. Әрбір фазаның белсенді, реактивті және жалпы күші айқындалады. $P_{ЭЦ} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca}$ 'реактивті $Q_{ЭЦ} = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca}$ үш фазалық ЭЦ белсенді қуаты; толық $S_{3\phi} = S_{ab} + S_{bc} + S_{ca}$ - Индуктивтік жүктеме бар тізбектің реактивті қуаты оң және теріс-теріс әсерімен есте сақталуы керек.

3.2.4. Жұлдызды симметриялы жүктеме



Төрт сымды үшфазалы жүйе үшін бейтарап сыммен жұлдызшамен фазаларын қосу кезінде (3.6-сурет, а)

$$I_{\phi} = I_A \sqrt{3} \text{ и } U_{\phi} = U_A \sqrt{3}.$$



Сурет. 3.6. Жұлдыз бойынша жүк фазаларын қосу:

а - ЭТ схемасы; б - төрт сымды ЭТ кернеуінің және токтарының векторлық диаграммасы; в - үш сымды ЭТ үшін кернеулер мен токтардың векторлық диаграммасы

Бірінші Кирхгоф заңына сәйкес бейтарап сымның ағымы векторлардың геометриялық сомасы ретінде анықталады:

$$I_R = I_a + I_b + I_c \blacksquare$$

Себебі симметриялық жүктеме үшін $I_a = I_b = I_c$, то $I_n = 0$, яғни. бейтарап сым қажет емес. Демек, бейтарап сымның үзілуі ЭТ-ның ешқандай өзгерісіне әкелмейді. Фазалық тоқтар фаза кернеулеріне қатысты бірдей бұрыштары $j_a = j_b = j_c$, бойынша ауысады, $\cos \phi = \Delta \phi / \phi$ өрнегімен анықталады.

Тізбектің қуаты:

$$P_{ЭЦ} = 3 I^2 \cos \phi = \frac{1}{3} U_A^2 \cos \phi;$$

$$O_{ЭЦ} = 3 \quad \phi = \sqrt{3} \quad ;$$

$$\Delta_{ЭЦ} = 3 U \phi I \phi = \sqrt{3} U_A I_A.$$

3.2.5. Жұлдызға енгізілген симметриялық жүктеме



Бейтарап сым болған жағдайда, қабылдағыштың фазалық кернеуі көздің фазалық кернеулеріне тең болады,

$$U_a = U_A; U_b = U_B; U_c = U_C,$$

бір-біріне тең және фазалардың жүктемесінің көлеміне байланысты емес. Бұл жағдайда U_{JV3} қатынасы жарамды болып қалады. Фазалық токтар фазада жүктеменің шамасымен анықталады және тең болады

$$I_a = U_a / Z_a; I_b = U_b / Z_b; I_c = U_c / Z_c.$$

Ағымдағы векторлар фазалық кернеу векторларына қатысты тиісті бұрыштарда j_a, j_b, j_c масштабтағы мб-ға салынған. Ағыны бейтарап сымда пайда болады, ол суретте көрсетілген векторлық схема бойынша анықталуы мүмкін. 3.6, б (белсенді жүктеме үшін, $\phi = 0$)



Бейтарап сымның сынуы бейтарап U_{nn} -нің ауыстыру кернеулерінің пайда болуына әкеліп соғады, бұл өз кезегінде фазалардың кернеулерінің теңдігін - фазалардың «қисаюын» бұзуға әкеледі (3.6-сурет, в).

Шынында да, ΔX_{nn} контуры үшін екінші Кирхгоф заңына

сәйкес (3.6-суретті қараңыз, а) $U_a = U_A - U_{nN}$; контур үшін $BYNnyb$ $U_b = U_B - U_{nN}$ Контур үшін $CZNnc$ $U_c = U_C - U_{nN}$. Асимметриялық жүктемемен тізбектің қуаты әр фазаның күші ретінде анықталады:

$$P_{\Sigma} = P_a + P_b + P_c;$$

$$Q_{\Sigma} = Q_a + Q_b + Q_c;$$

$$S_{\Sigma} = S_a + S_b + S_c.$$

Осылайша, қабылдағыштар жұлдызбен байланысқан кезде, бейтарап сымның асимметриялық фазалық кернеулерін пайдалану мүмкіндігін береді және оларды бір фазалық жүктемелер өзгерген кезде өзгертуге жол бермейді.

Сақтандырығыштарды бейтарап сым тізбегіне қосу рұқсат етілмейді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай жүктеме симметриялық, тегіс, біртекті деп аталады?-
2. Бейтараптың кернеуі қандай жағдайларда пайда болады?
3. Симметриялы және асимметриялық жүктемеге тең бейтарап сымның ағымы қандай?
4. Симметриялы және асимметриялық жүктемелердің мысалдарын келтіріңіз.
5. Бейтарап сымның мақсаты қандай?
6. Сызықтық және фазалық кернеулер (токтар) арасындағы байланыс жұлдыздық-дельта қосылымы үшін жазылады.
7. Жарықтандыру желісінде бейтарап сым қажет пе?

3.3.

ҮШ ФАЗАЛЫ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІНІҢ ЕСЕБІ. ОРНАЛАСУҒА АРНАЛҒАН ЗАУЫТ БЕЛГІЛЕРІ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ

3.3.1. Үш фазалы электр тізбектерін есептеу әдістері

Көп жағдайда үш фазалық жүктеме симметриялы және жүйе бір фаза үшін есептеледі.

$$\Delta \varphi = V_4 + (X_{\varphi} - X_{c\varphi})^2.$$

Егер жүктелген Z , $\wedge$ жұлдызшалары жұлдызға қосылса және U_A желісінің кернеуін қоссаңыз

$$U_{\Phi} = U_{\text{ЛЛ}}/3 ; I_A = I_{\Phi}; I_{\Phi} = U_{\Phi}/Z_{\Phi} = U/J(Z/3) ; \cos \Phi_{\Phi} = K_{\Phi} \text{ЛЛ}\Phi.$$

ЭТ тұтынатын қуат,

$$P_{\text{ЭТ}} = 3I_{\Phi}U_{\Phi} = 3U_{\Phi}^2/Z_{\Phi} = 3U_A^2/Z_{\Phi}.$$

Егер жүктеме үшбұрыш арқылы қосылса және бірдей кернеуге қосылған U_A , онда

$$S_{\text{ЭТ}} = 3I_{\Phi}U_{\Phi} = 3U_{\Phi}^2/Z_{\Phi} = 3U_A^2/Z_{\Phi}.$$

Бұл жағдайда жалпы қуат активті және реактивті күштер сәйкесінше:

$$P_{\text{ЭТ}} = P_{\text{ЭТ}} \cos \Phi_{\Phi},$$

$$Q_{\text{ЭТ}} = P_{\text{ЭТ}} \sin \Phi_{\Phi} \blacksquare$$

Бірдей желілік кернеумен, үшбұрышты қосылымы бар жүктеме (мысалы, электр қозғалтқышы) тұтынылатын қуат жұлдыз қосылған кезде қарағанда 3 есе көп.

Тиісінше, 3 есе артық дамыған қуат.

Егер жүктеме асимметриялы болса және қабылдағыштар *бейтарап сыммен* жұлдызға қосылған болса, жүйені есептеу әрбір фаза үшін келесі ретпен бөлек орындалады:

- фазалық токтар ($I_a = U_a/Z_a$ және т.б.) есептеңіз;
- векторлардың фазалық ауысу бұрыштарын есептеңіз ($\cos \Phi_a = R_a/Z_a$ және т.б.);
- фазалық кернеулер мен токтардың векторлық схемасын құрастыру;
- Бейтарап сымның I_n ағымы векторлық схемадан есептеледі;
- ЭТ фазалық қуаттардың жиынтығы ретінде тұтынылатын қуатты есептеңіз.

Симметриялы емес үшбұрышты есептеу әр фазаға ұқсас түрде

орындалады. Сызықтық ағымдар векторлық диаграммада графикалық түрде анықталады.

Жұлдызбен байланыстырылған *симметриялық емес жүктемені* (бейтарап сым үзілімі) үш сымды ЭТ-ны қолдану жол берілмейді. Мұның себебі жүктемедегі «қисық» кезең болып табылады, ол жабдықтың жұмыс режимдерін өзгертуге әкеліп соғады.

Сонымен қатар фазалардың кернеуіне аз кедергісі бар фазалардың кернеулері (декимилинді люстра) қалыптыдан төмен, ал үлкен кедергісі бар фазаларда (үстел шамы) - көп номиналды.

Бейтарап *сымсыз және симметриялық емес жүктеме жоқ* тізбекті есептеу өте күрделі (5-қосымшаны қараңыз).

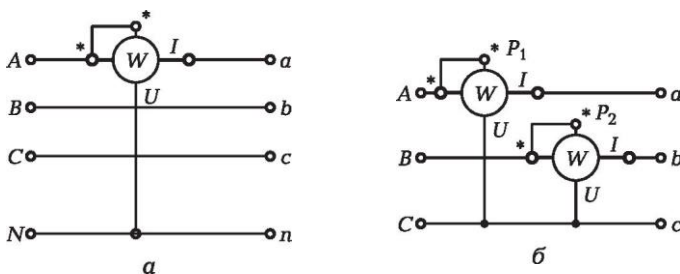
3.3.2. Үш фазалы электр тізбегінің күші және өлшеу әдістері

Төрт фазалық қабылдағыш арқылы тұтынылатын электр қуаты симметриялық төрт сымды жүйе үшін әр фазада тұтынылатын үш еселік қуатқа тең. Осылайша, қуатты өлшеу үшін бір фазаның қуатын анықтау жеткілікті (3.7-сурет, а), содан кейін вольтметрді үш есе көбейтіңіз. Қуат ватт метром арқылы өлшенеді, оның қозғалыстағы бөлігі $M_{\text{вр}} = KUI \cos \varphi$ жүйенің белсенді қуатына пропорционалды. Ватт өлшегіш фазалық ток ток тізбегі арқылы өтетін етіп қосылады және кернеу катушкасы фазалық жүктемен қатарлас қосылады.

Бұл жағдайда, * белгісімен белгіленген құрылғының релесі бірге қосылуы керек.

Төрт сымдық асимметриялық жүйе үшін қуатты өлшеу әр фазаға кіретін үш ваттметрдің көмегімен орындалады. Бұл жағдайда ЕС тұтынатын жалпы белсенді қуат барлық ваттметрлердің көрсеткіштеріне тең. (3.7 сур., б) өлшеу екі ваттметр әдісі көп жағдайда жүзеге асырылады. Симметриялық емес үш сымды жүйесі үшін.

(Біз алуға $p = U_a i_a + U_b i_b -$ жүйенің лездік қуаты $p = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c$, содан кейін $i_a + i_b + i_c = 0$, ағымдар $I_A + I_B +$ сомасы, Себебі $p = U_a i_a + U_b i_b - U_c(i_a + i_b) = (U_a - U_c)i_a + (U_b - U_c)i_b = U_a J_a + U_b J_b = P_1 + P_2$.



Сурет. 3.7. Үш фазалы ЭТ өлшеміндегі қуатты өлшеу:

а - төрт сымды; б - үш сымды

Осылайша, лездік қуат желілік кернеулердің желілік кернеулеріне тең екі күштің сомасы ретінде анықталуы мүмкін. Егер сәтте қуаттың белсенді біреуінен өтіп, әрекет ететін U және I арқылы лездік мәндерді білдірсе, онда $P_{\Sigma} = P_1 + P_2$.

Өнеркәсіп үш-төрт сымдық жүйеде электр қуатын өлшеуге арналған үшфазалы ваттометрлерді шығарады (екі немесе үш ватт метром әдісімен).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Фазаларда симметриялық және асимметриялық жүктемелері бар үшфазалы ЭК-н есептеу ерекшеліктері қандай?
2. Жүктемені үшбұрыш арқылы қосқан кезде қуат жұлдыз кернеуі бірдей кернеумен біріктірілген кездегіден 3 есе көп екенін көрсетіңіз.
3. Симметриялық және асимметриялық жүктемелері бар үшфазалы ЭК-ны қалай өлшеуге болады?

МАГНИТ ТІЗБЕКТЕРІ

4.1. ТҰРАҚТЫ ТОҚТАҒЫ МАГНИТТІК ТІЗБЕКТЕР

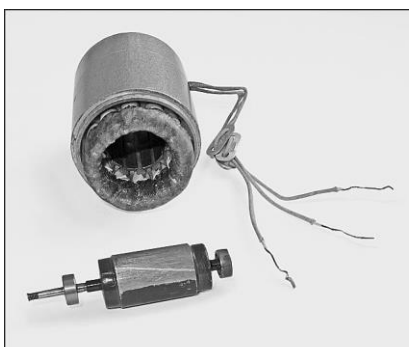
4.1.1. Магнит өрісінің индуктивтілік және күштік әрекеттері

Электромеханикалық түрлендіргіштердің көпшілігі - электр қозғалтқыштары (4.1.1 а), генераторлар, датчиктер, трансформаторлар, электр магниттер, реле (4.1 сур., б), электромеханикалық өлшеу құралдары және т.б. магнит өрісінің әсерін күшейту.



Индуктивтілік әрекеті сымда, магнит өрісінде қозғалады, ЭМӨ индукцияланады.

Электр генераторлары, деректер, трансформаторлар және т.б. осы қағидаға негізделген.

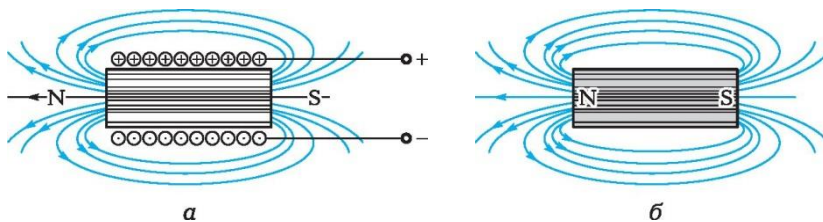


а



б

Сурет. 4.1. Электр қозғалтқышы (а) және электромагниттік реле (б)



Сурет. 4.2. Магнит өрісінің көздері:
а - электромагнит; б - тұрақты магнит



Күштік әрекеттер электр магниттік өткізгіштер магнит өрісіне орналастырылған ферромагниттік материалдың көлемін және бөлшектерін сипаттайтын өткізгіштерде әрекет ететініне негізделді.

Бұл принцип бойынша электр қозғалтқыштары, электр магниттері, реле және өлшеу құралдары орнатылған.

Барлық осы құрылғылар мен құрылғылар тұрақты жұмыс істей алады және айналымы ток. Тиісінше тұрақты және ауыспалы токтардың магниттік тізбектерін ажырату керек. Алдымен тұрақты магнит өрісі кадрдағы магниттік өрістерді (сурет 4.2а) немесе N-S тұрақты магниттерінің арқасында тікелей тоқтың арқасында құрылатын магнит тізбектерін қарастырамыз (сур. 4.2, б).

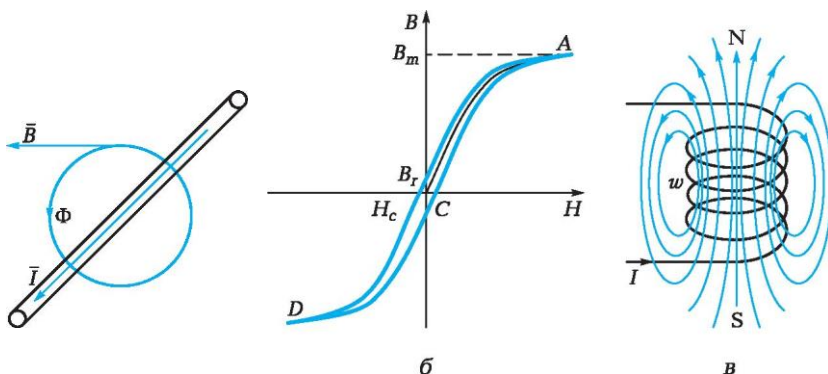
Магнит тізбегі (МТ) арқылы біз магнит ағыны жабылатын жолды көрсететін дене және медиа жиынтығын білдіреді.

Қажетті ЭМӨ немесе электромагнитті күшін алу үшін белгілі бір сипаттамалары бар магнит өрісін жасау керек.

4.1.2. Магнит өрісінің негізгі параметрлері



Электрөткізгіштің өткізгіштері арқылы өткізетін ток кезде магниттік күштер желісіне тәуелді *магниттік индукция векторының* қарқындылығы мен бағыты сипатталады (4.3а-сурет). Магниттік индукция В тесламен (Т) өлшенеді және тек ток I-ге ғана емес, сондай-ақ магнит өрісі жасалатын ортада да болады.



Сурет. 4.3. Магниттік индукция векторының бағыты (а), гистерезис (б), ағындарды байланыстырудың мәнін түсіндіретін диаграмма (в)

Сонымен қатар, ортаны магнит өрісін қалыптастыруға қатысу дәрежесі абсолютті магнитті өткізгіштігі $\mu_a = \mu_0 \mu$, мұнда $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - вакуумның магнитті тұрақты (магнит өткізгіштігі); μ - ортаны салыстырмалы магнит өткізгіштігі.

М мәніне байланысты екі үлкен материал топтары бөлінеді:

- ферромагнетиктер - $\mu \gg 1$ (Fe, Co, Ni және олардың қорытпалары);
- магниттік емес материалдар - $\mu \ll 1$ (Cu, Ag, Al, ағаш, ауа және т.б.).



Магниттік индукция B магнит өткізгіштігінің қатынасы магнит өрісінің маңызды сипаттамаларының бірін анықтайды - оның қарқындылығы $H = B/\mu_a$ (А/м).

Егер $\mu \ll 1$ магниттік емес материалдар үшін тұрақты болса, онда ферромагнетиктер үшін μ - айнымалы, ал B (Н) - тек сызықты емес, сонымен қатар екі жақты емес; ағымдық ток бағытына байланысты және, демек, H күші (сурет 4.3, б). Бұл ферромагниттік материалдардың арнайы құрылымымен байланысты.

4.1.3. Ферромагниттік материалдардың физикасы

N0-C0 магниттік моменті. Сыртқы магнит өрісінің жоқтығында, тұтастай алғанда материалдың магниттік моменті болмайды, өйткені

барлық домендер кездейсоқ бөлінген (4.4а-сурет). Магниттік индукция нөлге тең.

Ферромагнит N-S магниттік өрісіне енгізілгенде, үйлер өріс бағытына бұрылады. Өріс неғұрлым күшті болса, айналымның бұрышы және Индукцияның мәні неғұрлым көп болады. Ақыр соңында, өріс бойындағы өрістердің өзгеруі және одан әрі өсуі индукцияның ұлғаюына әкелмейді (4.4-сурет, б). Ферромагнета қаныққан ($B = B_m$). Сыртқы өріс күші азайған сайын, домендер бастапқы күйіне қайтып келеді, бірақ тіпті $H = 0$ кезінде индукция нөлге (Br) тең емес, ал материалда қалдық магнитизация бар.



Магнитизацияны жою үшін ($B = 0$), бекіту керек кері бағыттың сыртқы өрісі. *Алынған өріс күші* H_c мәжбүрлі күші деп аталады.

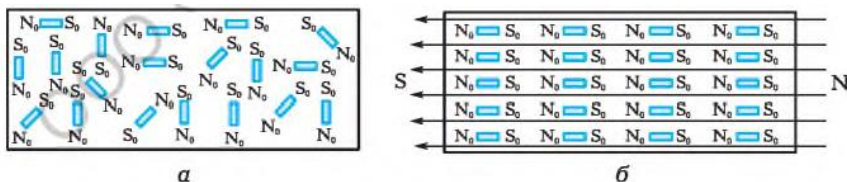


Магниттік индукция векторының (*магниттік ағын*) ағыны магнит өрісінің маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады. Ол құрылатын S аймағында магниттік индукцияның өнімді білдіреді:

$$\Phi = BS.$$

Магниттік ағынның өлшем бірлігі Φ - вбл вебер (Вб).

Соңғы сөйлемнен бастап, магниттік индукция B магнит ағынының тығыздығы ретінде анықталуы мүмкін, яғни, S ауданының көлденең қимасы арқылы өтетін күш магнит жолдарының саны Мен ток айналымдарынан бастап, бұрылыстар саны бойынша, магниттік күштердің саны, демек, индукция B , факторы бойынша w артады. Тиісінше, w көбеюде



Сурет. 4.4. Ферромагнет құрылысы:

а - магнит өрісінің болмауы; б - магнит өрісіне қолданған кезде

$$Y = wF.$$

Магнитқозғалыс күші (МДС)_м немесе магнитизация күші (н.с) - ток I айналымының нәтижесі:

$$FM = Iw.$$

Магнитқозғалушы күші амперде (А) өлшенеді.

4.1.4. Толық ток заңы

Магниттік тізбектерді есептеу үшін магнит өрісінің күшіне және магниттандырғыш І-дің күші арасындағы байланысты орнату керек. Бұл қатынас ток ағымының заңымен анықталады. Егер магнит өрісінің кернеуі ток І және бұрылыстар саны w, магниттік тізбектің l_1, l_2, l_3 учаскелері үшін H_1, H_2, H_3 , тең болса, онда жалпы токтың заңы форманы алады

$$Iw = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3, \text{ или } \wedge Iw = \oint \vec{H} d\vec{l}.$$

Жалпы жағдайда жалпы ток заңы келесідей тұжырымдалуы мүмкін: магниттік тізбектің тұйық циклінде магниттік күштердің алгебралық сомасы магниттік кернеулердің тамшыларының жиынтығына тең.

Суретте. 4.9, а тікелей электр тогының электр қозғалтқышының магниттік тізбегін көрсетеді. Статордың тіректерінде w бұрылыстарының саны бар катушкалар бар. Магнит ағыны F. жұмыс магнит ағыны ең аз қарсыласу жолымен жабылады: *статор (3), полюс (1), полюстік ұшы (2), магнит ағыны (F) ауа ағыны (5), ротор (4), екінші ауаның аралық (5), полюсте (2) және полюсте (1).*

ЭТ-тан айырмашылығы, ток тек қана өткізгіштерде болғанда, магнит ағыны ауа арқылы 8р аралығындағы ауа арқылы жабық болуы мүмкін.

Себебі магнит өткізгіштігінің магнит өткізгіштік қатынасына ауаның қатынасы салыстырмалы түрде аз болса, магнит схемасы сондай-ақ шашыратқыш ағындардың (фотоселлалар) және Φ_{o1}, Φ_{o2} суреттерінің пайда болуына ықпал етеді (4.9а суретін қараңыз). Шындығында, егер $\mu_{ауа}/\mu_{сн} = 10^{20}$ болса, онда / электр тогының ауаның кедергісі магниттік ағынның ауаға төзімділігіне қарағанда 1015 артық.

Шашырау ағындары жұмыс диапазонындағы магниттік ағынды азайтады және ақыр соңында құрылғының тиімділігін төмендетеді, себебі энергия тек жұмыс ауасының аралықта сақталатын механикалық энергияға айналады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрмагниттік құрылғылардың жұмысының негізі қандай принциптер болып табылады?
2. Магниттік тізбек дегеніміз не?
3. Магнит өрісінің негізгі параметрлерін тізіңіз.
4. Ферромагнетиктердің қасиеттері мен құрылымы туралы айтып беріңіз. 5. Толық ток заңын құрастырыңыз.
6. Магнит ағыны ауада болуы мүмкін бе?

4.2.

ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ. МАГНИТТІК ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІНІҢ ТАЛДАУЫ

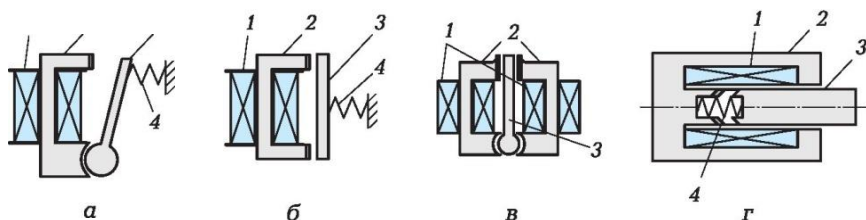
4.2.1. Электрлік магниттер



Электрлік магнит - электрлік энергияны сызықты немесе бұрыштық қозғалысқа айналдыратын электромеханикалық құрылғылар.

Бұл құрылғылар коммутациялық құрылғыларды (реле, контакторлар, стартерлер) қосу және ажырату үшін, клапандарды, амортизаторларды, клапандарды және т.б. қосу және өшіру үшін қолданылады. Олар пневматикалық және гидравликалық жетектер үшін газ немесе сұйықтық ағыны, электромагниттік муфталарда, қорғаныс құрылғыларында (жылу немесе ток релелерінде, автоматты сақтандырғыштарда) басқарылатын құрылғыларда қолданылады. Суретте. 4.5 пневматикалық және гидравликалық дисктердің дистрибуторларын басқару үшін пайдаланылатын электр магниттердің негізгі тізбектерін көрсетеді; 4.6 - электр магниттерінің пайда болуы.

Бұл кезде көктем 4. қарсы іс-қимыл күші еңсереді өзегі 2. бағытында (сур. 4.5, а, в) немесе көшірілсе (сур. 4.5, б, г) айналады, оның әсерінен 1 катушкалар электромагниттік күш кезде ток көктемде әсерінен өзінің бастапқы күйіне арматура ағымдағы қайтарады алып тастау.

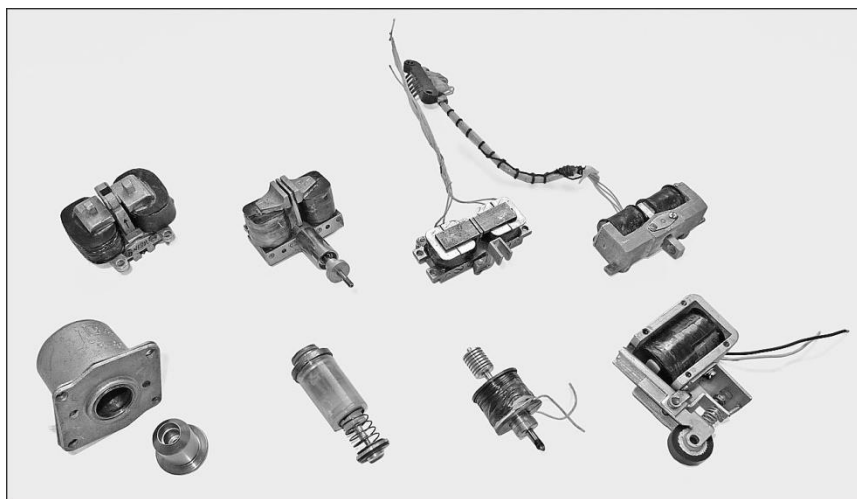


Сурет. 4.5. Электр магниттерінің сұлбасы:

а - айналмалы; б - сызықтық ауыстыру; в - дифференциалды әлеуметтік; г - соленоид; 1 - катушкалар; 2 - жүрекше;

4.5 ағымдағы оң немесе сол катушкалар, қолдану кезінде арматура тіліне қарсы сағат тілімен бұрыңыз немесе болады қамтамасыз айналмалы электр жылы дифференциалдық тізбек, көрсетеді. Суретте. 4.5, г - ауаның ауытқуының конустық нысаны бар соленоидтық электромагнит диаграммасы.

Электр магниттері машиналарда *бөлшектерді бекітуге* арналған (мысалы, тегістеу машиналары), көтеру механизмдерінде (темір чиптерді немесе металды сынған кезде), есіктерді жабу үшін (ішкі бөліктердің бөлігі ретінде).



Сурет. 4.6. Электр магниттерінің пайда болуы

4.2.2. Электрлік магниттік реле



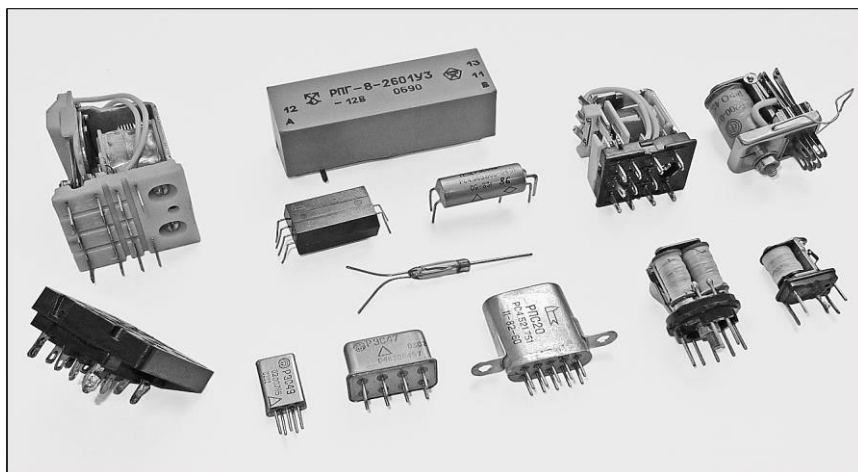
Электромагниттік релелердің негізгі мақсаты - ток өткізгіштің ағып кету кезіндегі байланыс көздерінің қозғалысы және контактілердің жабылуы.

Релелік орамаға жеткізілетін кішігірім қуат жүктемені айтарлықтай күшейтуге мүмкіндік береді. Эстафетаның дизайны әртүрлі. Олар DC және AC болуы мүмкін, тек екі байланыстар немесе ондаған. Релдің магниттік тізбегі электромагнит магнит тізбегіне ұқсас. Жалғыз айырмашылығы - реле жылжымалы бөлігінде - арматура - контактілер бар, олар жабық болуы немесе бекітілген бөлікте - ядроға контактілермен ашылуы мүмкін. Суретте. 4.7 кейбір релелік тізбектердің көрінісін көрсетеді.

4.2.3. Электр машиналары



Электромобильдер электрлік магниттік болып табылады механикалық энергияны электр энергиясына (генераторларға) және электр энергиясына механикалық (қозғалтқыштарға) түрлендіретін айналмалы типтегі құрылғылар.



Сурет. 4.7. Электрлік магниттік релелердің пайда болуы



Сурет. 4.8. Электр қозғалтқыштарының сыртқы түрі

Генераторлар - Ресейде жылына 900 млрд. кВт/сағ электр энергиясын өндіретін негізгі электр энергия көздері болып табылады.

Электр қозғалтқыштары - механикалық энергияның негізгі түрі болып табылады, ол машиналарды, көлік құралдарын, көтеру механизмдерін, тұрмыстық техниканы және т.б.

Электр машиналары тұрақты және уақытша токпен жұмыс істей алады. Тарихи тұрғыда алғашқы тұрақты ток машиналары пайда болды. 1830-шы жылдары. Ресейлік ғалым Б.С. Якоби белсенді электр қозғалтқышын салған, оның негізгі элементтері бүгінгі күнге дейін сақталды. Ол кең ауқымды тегіс жылдамдықты басқаруды қажет ететін көлік құрылғыларының негізгі қозғалтқышы болды. Тоғызыншы ғасырдың соңында. Доливо-Добровольский М.О. металл кесетін станоктар мен көтеру механизмдері үшін жетекші қозғалтқышқа айналған үшбұрышты асинхронды айнымалы электр қозғалтқышын құруды ұсынды. Осындай схема бойынша салынған бірфазалы қозғалтқыш тұрмыстық техника құрылғыларының негізгі электр қозғалтқышы болды.

Электр машиналарының сызбалары мен конструкциялары әртүрлі болуы мүмкін. Бірақ олардың барлығы екі негізгі бөлікке ие: электр

қозғалтқышы үшін бұл стационарлық станатор, ол құрылады магнит өрісі және айналдыру роторы жүктемеге жібереді.

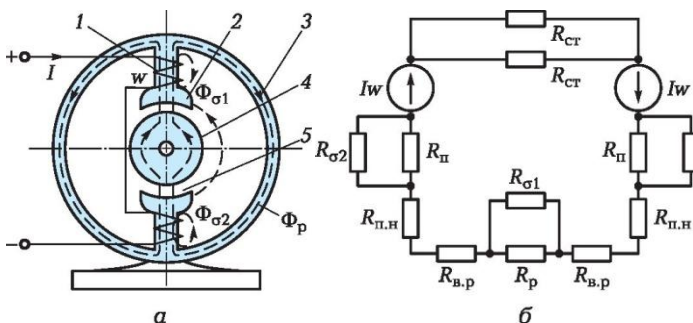
Суретте. 4.8 электр машиналарының кейбір түрлерінің пайда болуын көрсетеді.

4.2.4. Магниттік және электр тізбектерінің ұқсастығы

Магнит тізбектеріндегі жалпы ток заңы ЕК үшін екінші Kirchhoff заңына ұқсас. Басқа ұқсастығы ЭТ және МТ (4.1-кесте) арасында теңдестіруге болады, бұл бізге балама ауыстыру сұлбалары түрінде магниттік тізбектерді бейнелеуге және оларды есептеу тәртібін оңайлатуға мүмкіндік береді.

Жоғарыда келтірілген мысалдардың негізінде магниттік тізбектерді есептеу кезінде эквивалентті ауыстыру схемалары жиі қолданылады. Осылайша, күріш. 4.9, а, суреттегі эквиваленттік схема түрінде ұсынылуы мүмкін. 4.9, б, мұнда I_w - статор катушкаларының магниттандырғыш күші; $R_{\sigma 1}$, R_p , R_n , $R_{n,n}$ - магниттік тізбектің болат бөліктерінің сызықты емес магниттік төзімділігі: статор, ротор, полюс, полюсте бөлігі; $R_{B,p}$, R_{s1} , R_{s22} - магнитопродукцияның ауа қабаттарының желілік магниттік кедергісі: жұмыс диапазоны, шашырау кедергісі.

Полюстерде орналасқан катушкалар магниттік ағындарды жасайтын I_w магниттау күші жасайды.



Сурет. 4.9. Электр қозғалтқышының (а) және ауыстыру эквиваленттік схемасының құрылыстық диаграммасы (б): 1 - полюс; 2 - полюстық ұшы; 3 - статор; 4 - ротор; 5 - ауа ағыны; Φ_p - магниттік жұмыс ағымы, Φ_{a1} және Φ_{a2} - шашыраудың магниттік ағыны

Кесте 4.1

Электр тізбегі			Магнит тізбегі		
Атауы	Мағынасы	Өлшем бірлігі	Атауы	Мағынасы	Өлшем бірлігі
ЭДС	E	В	МДС	$F_M = Iw$	А
Кернеудің құлауы	u	В	Магниттік кернеудің құлауы	$U_K = Hl$	А
Кирхгофтің екінші заңы	$\sum E = \sum U = \sum Y, RI$		Толық токтың заңы		
Ток	I	А	Магниттік ағым	Φ	Вб
Кирхгофтің бірінші заңы	$\sum I = 0$		Кирхгофтің бірінші заңы	$\sum \Phi = 0$	
Электрлік қарсылық	$R = \rho l/S$	Ом	Магниттік қарсылық	$R_M = l/\mu S$	1/Гн
Ом заңы	$I = U/R$		Ом заңы	$\Phi = Iw/R_M$	
Ток тығыздығы	$j = I/S$	А/м ²	Магниттік ағымның тығыздығы (индукция)	$B = \Phi/S$	Тл = Вб/м ²

Жұмыс ағыны F_r магнит кедергісі R_{CT} арқылы 3 стелде, R_n кедергісі бар полюстері 1, $R_{п.н}$ кедергісі бар полюстік тәрізді 2, R_p кедергісі бар 5 ауаның жұмысшы бос орындары және R_r кедергісі бар 4 роторы бар статор 3-де жабылады. Жұмыс флюсінен басқа Φ_{o1} және Φ_{o2} , шашырау ағындары пайда болады, олар магниттік кедергілер R_{s1} , R_{s2} арқылы қалыптасады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрлік магниттік құрылғылардың негізгі түрлері қандай?
2. Электрлік магниттік реле электр магниттен қалай ерекшеленеді?
3. Электрлік және магниттік шамалардың арасындағы ұқсастығын салыңыз.
4. Магниттік кедергі үшін өрнек пен магниттік тізбектің Ом заңын жазыңыз.

4.3.

ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ МАГНИТТІК ТІЗБЕГІН ЕСЕПТЕУ. ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ МАГНИТТІК ТІЗБЕГІ

4.3.1. Есептеу тапсырмалары

Магниттік тізбектерді есептеу төмендейді:

- магнит ағынының шамасын құру үшін қажетті магниттау күші (н.с) анықтау үшін, Φ - тікелей мәселе;
- Магниттелетін күштің белгілі бір мәніне арналған тізбектің жекелеген бөліктеріндегі флюидтерді анықтау ерітушілік болып табылады.

Бұл жағдайда магниттік тізбектің барлық учаскелерінің геометриялық өлшемдері белгілі (көлденең қимасы S және ұзындығы l) және материалдың сыныбы, яғни. магниттелген қисықтар.

4.3.2. Есептеу алгоритмі

Ерітіндідегі тікелей проблема арнайы қиындықтарды тудырмайды және магнитизация қисықтарын пайдалану арқылы қарапайым аналитикалық әдістерге азаяды. Есептеу алгоритмі келесі болып табылады.

1. Барлық магниттік схема S секциясының бірдей учаскелері бар біртекті

бөлімдер қатарына бөлінеді және осы секциялардың ұзындығы анықталады.
2. Әрбір бөлшекте B_i индукциясын анықтаймыз:

$$B_i = \Phi_0 / S,$$

3. В (Н) магниттелген қисыққа сәйкес графикалық түрде немесе анықтамалық кітаптардағы кестелер түрінде B_i мәндері бар ферромагниттік аймақтар үшін әрбір бөлім үшін қарқынды қарқындылық анықталады. Әуе бөліктері үшін H_v беріктігі формуламен анықталады.

$$H_v = B_v / \mu_0 = 8 \cdot 10^5 B_v.$$

4. Алынған магнит өрісінің күшіне H_i , берілген жалпы ұзындыққа l_i , толық токтың заңына сәйкес катушканы анықтайды

$$IW = \xi_{\text{ш}}.$$

Кері мәселе - I_w -ті магнитизациялау күші арқылы Φ ағынының анықталуы дәйекті жақындау әдісімен шешіледі (Итерация). Төменгі жол - олар F_j ағынының кейбір мәнімен беріледі және тікелей проблеманы шешеді. Егер $I_w j$ есептелген мәні I_w белгіленген мәннен үлкен болса, онда F_j азаяды және тікелей мәселені шешеді. Және де NS -ның есептелген мәні болғанша, бұл берілгенге тең болмайды.

4.3.3. Есептеу мүмкіндіктері

Электромагниттік құрылғылардың 10 ... 20% шегінде есептеудің дұрыстығы қанағаттанарлық деп саналады. Бұл, ең алдымен, электр тоғынан айырмашылығы, магниттік ағын ауа ағындары арқылы таратуға қабілетті, шашырау ағындарын қалыптастырады (негізгі ағынның 10,15%). Сонымен қатар, B (Н) тәуелділігі айқын емес, және тірек қисық негізгі магниттелген қисықты қамтиды. Мұның бәрі магниттік тізбектерді есептеу дәлдігін төмендетеді, себебі ол белгілі бір болжамдарды қабылдауды талап етеді.

Электр тоғының магнит өрісін қоздыратын және энергияны сақтауға арналған катушкалардың магнит өрісінің мүмкіндіктері машина жасауда, әсіресе өлшем құралдарында, электр магниттерінде, электр қозғалтқыштарда және т.б.

Электромагниттік құрылғылардың жылжымалы элементтерін жылжыту кезінде орындалған механикалық жұмыстар әуе кемесіндегі сақталатын магниттік энергиямен анықталады.

Электромагнетиктердің конструкциялық тізбектері әртүрлі болуы мүмкін, бірақ негізгі элементтері үш: ядро, катушка және арматура (жылжымалы элемент).

Электромагниттік өріс энергиясының әсерінен ядро якорь тартатын күш $F_{зм}$ электромагниттік күші деп аталады.

Бұл күш Ньютонада өлшенеді (Н). Ол $B_{вр}$ немесе F магниттік ағыны немесе әуе кеңістігіндегі жұмыс диапазонында $1w_{в.р}$ магнитизация күші және $S_{в.р}$ магниттік ядросының құрылымдық өлшемдері және $\delta_{вр}$:

$$F_{эм} = 5B_{в.р}5w_{в.р}/(2\mu_0) = \Phi^2/(2\mu_05w_{в.р}) = 0,5 (\wedge_{в.р}/3w_{в.р}\wedge_{щДв.р}.$$

12-қосымша роторлы электромагнит магниттік сұлбасын есептеуге мысал келтіреді.

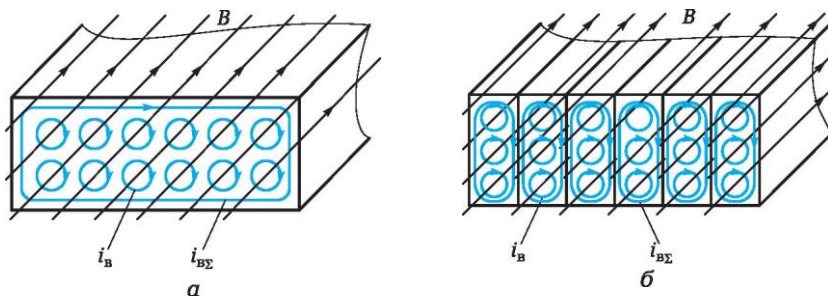
4.3.4. Ауыспалы токпен магниттік тізбектер. Магниттік шығындар

Магнит өрісі *айнымалы токпен* қуатталған, трансформатор, асинхронды козғалтқыш, магниттік стартер - айнымалы ток магнит тізбектері деп аталады.

Айнымалы ток ядродағы магнит өрісін жасайды, оның өзгерісі ядролық материалды циклдық магнитизациялаумен бірге жүреді. Ферромагниттік ядросы бар катушкалар үшін кернеу мен ток арасындағы сызықтық байланыс магниттік емес ортаға орналастырылған катушка қарағанда бұзылады. Бұл B (Н) сызықтық емес тәуелділікпен түсіндіріледі.

Бұл құбылыс магниттік гистерезис деп аталады және гистерезис циклы магнитизациялаудың бір циклына сәйкес келеді (гармоникалық сигналдың бір кезеңінде жұмыс нүктесі А-дан B_g және H_c -ге дейінгі нүктеден D нүктесіне және C нүктесіне дейін A нүктесіне дейін қайтадан қозғалады (суретті қараңыз. 4.3, б)).

Магниттелудің магнитті материалды қалпына келтіру жұмыстың өзіндік құнын, демек, жылу шығындарымен (гистерезиспен шығындармен) байланысты. Бұл шығындар циклдің аумағына пропорционалды. Гистерезис циклінің түрі мен параметрлері материалдың түріне байланысты. Тар гистерезис циклы магнитті жұмсақ материалдарға (электротехникалық болат, темір, темір-никель немесе кобальт-темір қорытпасына) тән және гистерезге байланысты шағын шығындарға әкеледі. Магнитті қатты материалдарды қайта қалпына келтіру әлдеқайда қиын, оның ені бірнеше рет (1000-ға дейін) электрлік болаттан жасалған циклдің енінен асып кетеді. Олар үшін гистерезис жоғалуы маңызды



Сурет. 4.10. Магниттік тізбектегі ағын ағымы:
а - қатты; б - теру

Ауыспалы токпен жұмыс істегенде, электромагниттік құрылғылар да ағынды токтардағы шығындармен сипатталады.

Суретте. 4.10, а қатты темірден жасалған магниттік тізбектің көлденең қимасын көрсетеді. Индукция B магнит өрісі магнит тізгінін ендіреді және магнит өрісінің айналасында электрлік магниттік индукция заңына сәйкес электрлік магниттік индукция заңына сәйкес қозғалады, бұл ток қуатын тудырады. Бұл ағымдық ток деп аталды. Өйткені барлық ағындар бірдей бағытқа ие (Борердің ережесі), жалпы ток $p \wedge$ барлық магниттік тізбектің бойымен жабылады. Бұл жағдайда магниттік тізбектің $R = p l / S$ электр кедергісі салыстырмалы түрде аз, өйткені көлденең қимасы S үлкен.

Демек, ағымдық токтар маңызды. Магнит сымдары арқылы өтетін олар оның айтарлықтай жылытуына әкеледі. Егер магниттік жолсерігі бір-бірінен электрлік оқшауланған бөлек темір пленкалардан жасалса (сурет 4.10, б), онда электр тогына электрлік кедергі айтарлықтай ұлғайтылуы мүмкін, қиманың ауданын едәуір азайтады. Сонымен қатар, индукцияланған эmf . Ағымдары әлдеқайда аз болады. Тиісінше, магниттік тізбекті қызу аз болады, яғни. құйынды ағымдарға байланысты шығындар.

Сол сияқты, жұмыс істейтін электр машинасында құйынды токтардың әсерін талдай алады. мыс жақтау ферромагниттік цилиндрдің (электр машинаның ротор) бойынша орналасқан, және магнит өрісі орналастырылған болса, vraschat-sya жасауға, содан кейін электромагниттік in-duksii Hover ЭҚК және ток ағындарының (генератор) заңға сәйкес көмкерілген. Ротордың материалында елеулі ЭМӨ индукцияланатын болады, ал ток ағымы - құйынды ағымдар. Ротордың көлденең қимасы үлкен және оның электр кедергісі аз болғандықтан, токтар маңызды мәнге жетіп, ротордың материалды қыздыруына әкеледі.

Кедергі ағынын азайту үшін, ротор парағының бір-бірінен электрлік түрде лакпен оқшауланған қалыңдығы 0,35 немесе 0,5 мм болатын табақтардың жиынтығынан жасалады. Бұл ферромагниттік материалдың қышқылдықты және көлденең қимасын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді, осылайша оның кедергісін арттырады. Бұдан басқа, темірге 2 ... 4% кремний қосылады, бұл материалдың электр кедергісін 6-10 есе арттырады.

Сол сияқты, трансформаторлық темірдің жеке тақталарынан трансформатордың магниттік схемасы орындалады, онда ағынды токтар айнымалы магнит ағынымен қосылады. Бұл құйынды токтардың жоғалуын азайтуға және трансформатордың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, көптеген электрлік магниттік құрылғыларда құйынды токтар пайдасыз ғана емес, сонымен бірге олар зиянды, өйткені олар КДП тиімділігін төмендетеді.



Сонымен қатар, магистральды токтардың қасиеті металды қыздырады - индукциялық қыздыру - металл және қатты бөлшектерді балқыту үшін индустрияда кеңінен қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Магниттік тізбектерді есептеудің алгоритмін беріңіз.
2. Электр магнитті құрылғыларды есептеудің төмен дәлдігіне не себеп болып табылады?
3. Электр магниттік құрылғыларды пайдалану кезіндегі магниттік ысыраптардың түрлерін айнымалы тоқты қолданыңыз.
4. Магниттік азайтудың төмендеуінің негізгі жолдары қандай?

БӨЛІМ 5

ЭЛЕКТРЛІК ӨЛШЕУ

5.1. ЭЛЕКТР МЕХАНИКАЛЫҚ ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

5.1.1. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар

Электрлік шамалар - кернеу, ток, кедергі, қуат - адамның сезім мүшелерімен тікелей танылмайды. Белгілі бір электр қондырғысының өнімділігін, белгілі бір жүйенің мінез-құлқын қалай алдын-ала қарастыруға және рұқсат етілген шектерден тыс параметрлерді шығаруды қалай анықтауға болады? Бұл үшін арнайы өлшеу құралдары - электрлік өлшеу құралдарын (ЭИП) пайдаланамыз. Іс жүзінде кез-келген физикалық мөлшер (ауыстыру, жылдамдық, қысым, температура және т.б.) тиісті түрлендіргіштердің көмегі арқылы электрлікке оңай айналдырылуы мүмкін, сондықтан ЭИП физикалық мөлшердің өзін-өзі көрсетеді.

1.4-бөлімінде кернеу, ток, қуат пен қарсылықты өлшеу әдістері ұсынылған, электрлік өлшеу құралдарының негізгі көрсеткіштері, олардың жүйелерінің тұжырымдамалары анықталған. Осы тарауда әртүрлі жүйелердің ЭИП жобалау сұлбалары мен жұмыс принципін қарастырамыз, біз негізгі электрондық құрылғылардың құрылымдық сұлбаларымен, электрлік емес мөлшерді өлшеу әдістерімен танысамыз.

Өлшеу - арнайы техникалық құралдардың көмегімен, эксперименттік құралдармен физикалық шамалардың мәндерін анықтау.

Барлық техникалық құралдарды, өлшеу құралдары мен өлшемдерге бөлуге болады.

Өлшемдер белгілі бір мөлшердің мәнін (сілтеме қарсылығы, сыйымдылық, индуктивтілік) анықтауға қызмет етеді.

Өлшеу құралы — тікелей қабылдау үшін қолайлы нысанда ақпаратты қалыптастыруға арналған өлшеуіш құрылғы болып табылады. Бұл жебенің ауытқуы, осциллоскоптың пучкасы немесе тиісті реттеуіш құрылғысына белгісі болуы мүмкін.



Электр шамаларын өлшеу үшін қолданылатын аспаптар (ток, кернеу, қуат, энергия, қарсылық) *электрлік өлшеу құралдары* деп аталады.

Өлшеу құралдары (ӨҚ) аналогты және сандық болып бөлінеді.

Аналогтық ӨҚ - өлшенген мәnnің үздіксіз функциясы (көрсеткілер, түтік вольтметрлері, электронды сәуле және электромеханикалық осциллографтар) болып табылатын құрылғылар.

Цифрлық ӨҚ - бұл өлшеу ақпаратының дискретті сигналдарын шығаратын құрылғылар, олардың көрсеткіштері цифрлық түрде ұсынылады.

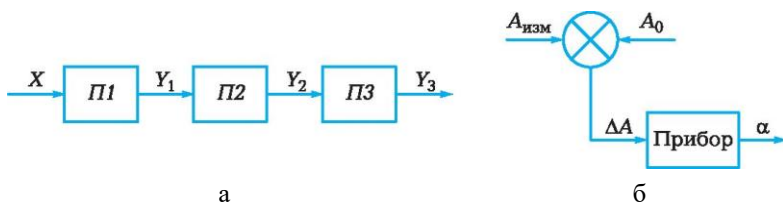
Алынған ақпаратты өлшеу түрлеріне сәйкес, құрылғылар төмендегілерге бөлінеді:

- көрсеткіш (көрсеткіштердің есебі рұқсат етіледі);
- тіркеу (көрсеткіштерді тіркеп жазу);
- Жазу (диаграммалар бойынша жазу);
- басып шығару (теру арқылы жазу);
- интегралдаушы (энергия есептегіштері).

Өлшеу құралдарымен мөлшер құралдарымен салыстыру әдісімен тікелей әрекет ету құрылғыларына және салыстыру құрылғыларына бөлінеді.

Тікелей әрекет ету құралы (сур. 5.1, а) бір бағытта өлшеу жүргізуде жаңашылдыққа бағытталған. Мысалы, кернеуді өлшегенде (Х) ПІ электр тогына (онда Y) ауысады. Бұл ағымдағы өлшеу құрылғысы V, белгілі бір бұрышын (Y3) жылжытылады, ол жылжымалы элементтің әсерінен, тікелей бұрма кернеу X пропорционал өлшеу токтарын қамтиды. Тікелей әрекет етк құрылғыларына жатады: көрсеткі амперметр, вольтметр, ваттметр, омметр.

Салыстырмалы құрылғы $A_{\text{өлш}}$ өлшенген мәнін бұрынғы A_0 -мен салыстырады (5.1, б). A_0 мәні $AA = L_{\text{өлш}} - A_0$ болғанша және тиісінше а көрсеткішінің ауытқу бұрышы нөлге тең болғанда ғана өзгереді. Бұл жағдайда $A = A_0$. Бұл қарсыласу базасының принципі жұмыс жасайды (5.2-сурет).



Сур. 5.1. Тікелей әрекет ет $y(a)$ және салыстыру құрылғылары (б);
 П1, П2, П3 — түрлендіру



Барлық жүйелердің электромеханикалық өлшеу механизмдері үшін $M_{вр}$ айналу сәті ток орамдары арқылы немесе кернеу астында болғанда пайда болады.

Осы сәтте қозғалысқа келтірілетін бөлік тоқтауға ұмтылады. Егер, мысалы, серіппелер мен созылу белгілері $M_{пр}$ -дың қарама-қарсы сәтін жасаса, онда $M_{вр} = M_{пр}$ кезде а жылжымалы бөлігі болады. Өлшенетін мән (соғұрлым үлкен), $M_{вр}$ сәттілігі соғұрлым үлкен және қозғалатын бөліктің бұрылу бұрышы үлкенірек. Бұл жағдайда $M_{пр} = k_a a$, онда k_a - бұнда серіппенің қаттылығы.



Сур. 5.2. Кедергілер қорабы РЗЗ

$M_{пр}$ механикалық серіппелермен емес, электрлік қарама-қарсы шаралармен құрылатын құрылғылар логометрлер деп аталады.

Логометр - бұл екі құрылғының комбинациясы, олардың біреуі аналмалы, екіншісі - қарсы. Осылайша, логометрдің белгілеуінде екі жылжымалы элемент бейнесі бар (мысалы, х - магнитті-электрлік логометр).

5.1.2. Құрылымдық элементтер

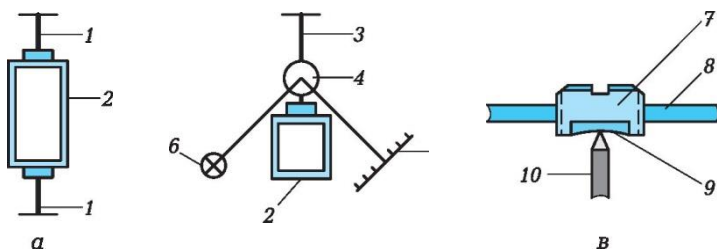
Барлық электромеханикалық құрылғылар құрылымдық айырмашылықтарға қарамастан, жалпы бірліктер мен бөлшектерді қамтиды: жылжымалы бөліктер, оқу құрылғылары, түзеткіштер, теңдестіру салмақтары, корпустар.

Жылжымалы бөлік (рамка, магнит немесе болат негізі) созылатын белгілерге (5.3-сурет, а), ілмешекке (5.3-сурет, б) немесе өзектерге (5.3-сурет, с) орнатылуы мүмкін.

Есептегіш құрылғы көрсеткіші мен бөлшектері бар шәкілден - жеңіл алюминий көрсеткіштен тұрады. Айнадай гальванометрлерде индикатордың ролі жарық сәулемен орындалады.

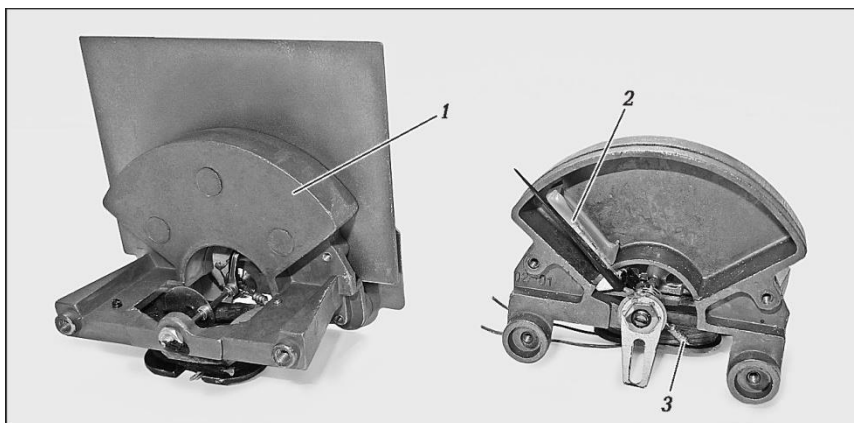
Реттеуші өлшеу жүргізбей тұрып көрсеткішті нөлге орнату үшін пайдаланылады және құралдың алдыңғы панелінде көрсетілген бұранда болып табылады. Ол әдетте созылғының екінші соңына орнатылады.

Тыныштандырушы қозғалатын бөліктің тербелістерін өшіруге қызмет етеді. Ол ауа, сұйық және магнитоиндуктивті болуы мүмкін. Әуе салқындату жүйесінде, әдетте, жабық ауа камерасында 1 жылжымалы жүйемен бірге (5.4 сурет), жеңіл алюминий қанаты 2 жылжиды, бұл күңгірт күшін тудырады.



Сур. 5.3. Қозғалыс бөлшектерінің тіреуіш түрлері:

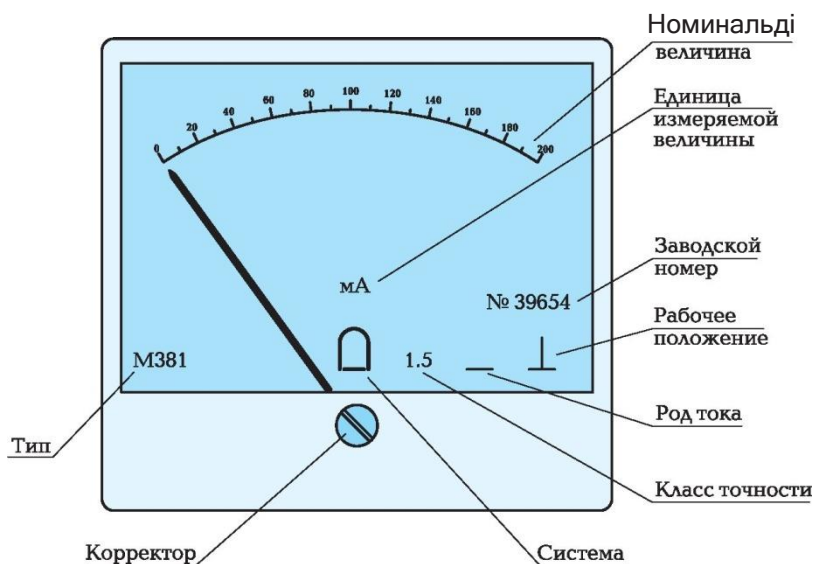
а — кергі; б — асқыш; в — керн; 1 — кергілер; 2 — токпен жиектеме; 3 — асқыш; 4 — айна; 5 — шәкіл; 6 — шам; 7 — керн; 8 — корпус; 9 — өкшелік; 10 — өс



Сур. 5.4. Ауа тыныштандыртқыш құрылғы:

1 — ауа камерасы; 2 — алюминді қанат ; 3 — теңгеруші жүк

Жылжымалы және қозғалмайтын алюминий пластиналары арасындағы сұйық табанында олардың арасындағы қашықтық 0,1 мм-ден аспайды, тұтқыр сұйықтың тамшысы орналастырылып, күшті тыныштандыратын әсер жасайды.



Сур. 5.5. Электромеханикалық құрылғының алдыңғы тақтасы

Магнитоиндуктивтік тыныштандыру магнит өрісінің тұрақты магнитті қозғалысы кезінде қозғалмалы бөліктің элементтерінде туындаған толқынды токтармен өзара әрекеттесуге негізделген.

Теңдестіру салмағы кіші қозғалыстағы бөлікті теңдестіруге, яғни, гравитация орталығын айналдыру осімен біріктіруге арналған. Салмақ бұрандалы цилиндрлер 3 түрде жасалады (5.4 суретті қараңыз).

Құрылғының корпусы механикалық әсерден өлшеу механизмін қорғауға қызмет етеді.

Құрылғының алдыңғы панелінде бірқатар белгілер орналастырылған (5.5-сурет).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Өлшеу дегеніміз не?
2. Электрлік құрылғылардың қандай параметрлері өлшенеді?
3. Тікелей әрекет ететін құрылғы мен салыстырмалы құрылғының сызбасын сызыңыз.
4. Электромеханикалық өлшеу құралдарының негізгі құрылымдық элементтерін сипаттаңыз.
5. Құрылғының алдыңғы панелі нені білдіреді?

5.2.

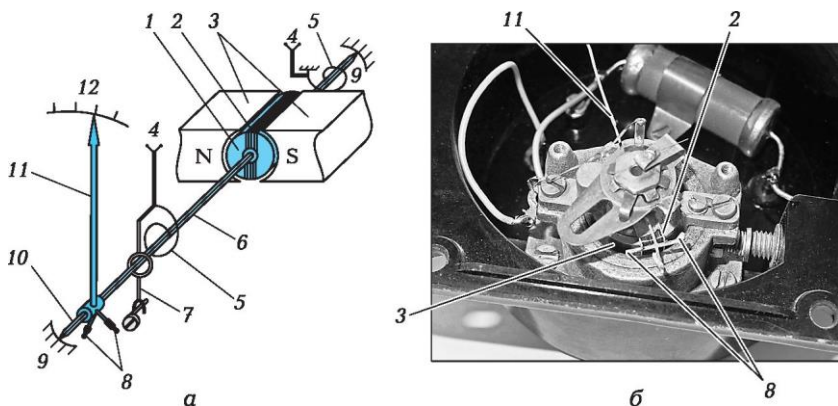
МАГНИТТІ-ЭЛЕКТРЛІК ЖӘНЕ ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ЭЛЕКТР ӨЛШЕУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ӘРЕКЕТ ЕТУ ПРИНЦИПІ МЕН ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СЫЗБАСЫ

5.2.1. Магнитті - электрлік құрылғы



Магнитоэлектрлік құрылғыларда айналмалы момент тұрақты магнит өрісінің және токпен өткізілетін (кадр) өзара әрекеттесу нәтижесінде пайда болады.

Магнитоэлектрлік өлшеу механизмі қозғалыстағы катушкалармен (5.6, а) алюминий жақтауда 1 немесе рамасыз, шығыс қысқыштары 4, спиральлы серіппелер 5, шиналар 6, эквалайзер 7, теңдестірудің салмағы 8, тұрақты 2 магниттен тұрады. , тірек 9, ось 10, көрсеткілер 11, таразы 12. Өлшенген шамасы (ток) 4 қысқыштарына және спиралды серіппелерге 5 беріледі, осьте 10 жақтауға 2 келеді.



Сур. 5.6. Магнитті – электрлік жүйенің электрөлшеу құрылғысы:

а — құрылымдық сызба; *б* — өлшеу механизмінің бөлшегі: 1 — алюминді каркас; 2 — токпен жиектеме; 3 — тұрақты магнит; 4 — қысқыш; 5 — серіппе; 6 — ток жүргізуші шина; 7 — түзеткіш; 8 — теңгеруші жүк; 9 — тіреуіш; 10 — ось; 11 — көрсеткіш; 12 — шәкіл

5.6 Суретте, б магнитоэлектрлік вольтметрдің өлшеу механизмінің фрагменті көрсетілген.

Ампер формуласына сәйкес, токтың 1-ші айналымымен бірге рельстік сәтте қолданылады, ол индукция В-мен тұрақты магнит өрісі әсер етеді

$$M_{\text{вр}} = c_{\text{м}} B I,$$

мұнда $c_{\text{м}}$ — құрылымдық коэффициент.

$M_{\text{пр}}$ моментіне қарсы қаттылық коэффициенті бар механикалық серіппе құрылды. Шкаланың теңдеуі $M_{\text{пр}} = M_{\text{вр}}$ сәттерінің теңдігі негізінде алынады. Бұл жағдайда $c_{\text{м}} B I = k_a a$, бұнда $a = (c_{\text{м}} B / k_a) I$. $k_j = c_{\text{м}} B / k_a$

$$a = k_1 I.$$



Шәкілдің теңдеуі екі тұжырым жасауға мүмкіндік береді

1. Магнитэлектрлік құрылғы токтың полярлығына сезімтал, яғни, ағымдағы өзгерістердің бағыты өзгерсе, қозғалу жүйенің ауытқу бағыты өзгереді.

Сондықтан құрылғы қозғалатын бөліктің инерциясына байланысты айнымалы ток желісіне қосылған кезде, оқу құрылғысы нөлдік күйінде қалады, яғни, құрылғы айнымалы токты өлшеуге арналған. Құрылғы шәкілі біртекті.

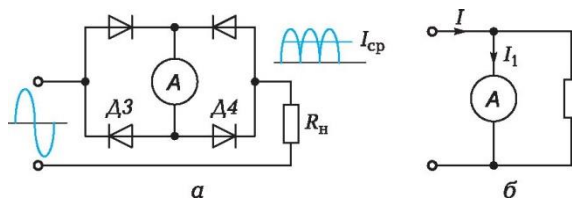
Магниттік электрлік құрылғылардың артықшылықтары: жоғары дәлдік (0,1-ге дейінгі дәлдік класы), өзіндік энергияны төмен тұтыну, сыртқы өрістердің әлсіз әсері (тұрақты магниттен күшті ішкі өріс).

Кемшіліктер: құрылыстың күрделілігі және төмен жүктеме қабілеттілігі, яғни, токтарға төзімділік (кернеу) номиналдан көп (ағымдық тасымалдағыштар мен ток өткізгіш шиналар жанып кетеді).

Магнитэлектрлік құрылғылар, негізінен, ампермерлер, вольтметрлер, оммермерлер ретінде dc тізбектерінде пайдаланылады.

Бұл құрылғылар жартылай өткізгіштермен біріктірілген кезде, олар ауыспалы ток өлшеуге арналады(5.7-сурет, а). Бұл жағдайда көрсеткі ауытқуы пульсирленген токтың орташа мәніне пропорционалдыболады. Шкала өлшенген мәннің нақты мәндерінде өзгеруі мүмкін.

Магнитоэлектрлік жүйенің құрылғыларындағы көрсеткіні тұрақтандыру магниттік индукция болып табылады. Тұрақты магниттің магнит өрісінде қозғалатын жүйені жылжытқан кезде, алюминий корпусындағы магнит өрісінің өзара әрекеттесуі, Ленц ережесіне сәйкес жүйенің қозғалысына кедергі келтіретін қарама-қарсы күштің нәтижесінде пайда болады.



Сур. 5.7. Өлшеу кезіндегі магнитэлектрлік жүйенің ЭИП өлшеу тізбегінің сызбалары

a - ауыспалы ток; b - жоғары токтар; жоғары кернеулер

Төмен токтарды (20 ... 30 мА) өлшеу үшін магниттік электр құрылғысының өлшеу механизмі тікелей сызбаны қамтиды. Егер токтар 30 мА-дан асса, онда үлкен ток I-ге кіші I-ге түрлендіретін өлшеу тізбесі қолданылады (5.7-сурет, б). Бұл өлшеу қондырғысына параллель арнайы шунттау резисторын қосу арқылы қол жеткізіледі. Бұл жағдайда ағымның көп бөлігі шунттан ажыратылады, өйткені $R_0 \ll D_{им}$.

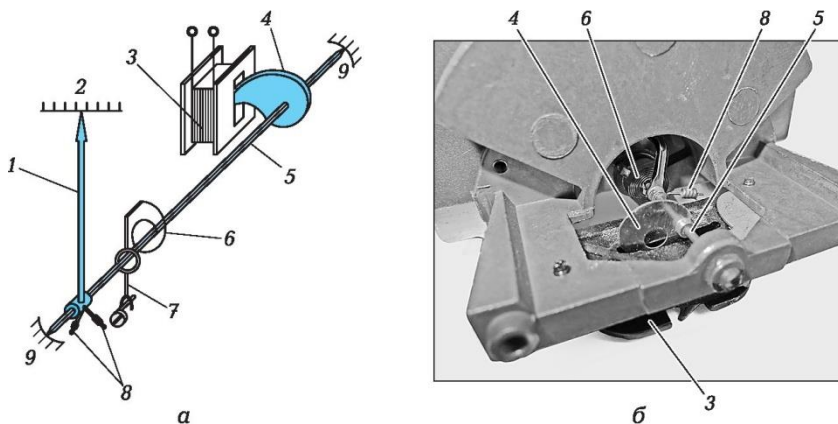
Осылайша, өлшеу механизмімен қатар ампер өлшеуіш өлшеу диапазонын кеңейту үшін кішкентай кедергісі бар шина қосылады.

Вольтметрлерде РА резисторы (5.7, с) өлшеу механизміне ауысады, өлшенген мәнді U құрылғысы жауап беретін аралық I-ге айналдырады.

Вольтметрдің өлшеу диапазонын кеңейту үшін, оның айтарлықтай қарсылыққа ие резисторы, оны өлшеу механизміне қосады.

5.2.2. Электромагниттік құрылғылар

Электромагниттік жүйенің өлшеу құрылғысының құрылымдық сызбасы 5.8, а Суретінде көрсетілген. 5.8, б Суретінде электромагниттік вольтметрдің өлшеу механизмінің фрагменті ұсынылған.



Сур. 5.8. Электромагниттік жүйенің электрлік өлшеу құрылғысы:

а — құрылымдық сызба; б — өлшеу механизмінің бөлшегі; 1 — көрсеткіш; 2 — шәкіл; 3 — катушка; 4 — жүрекше; 5 — ось; 6 — серіппе; 7 — реттегіш; 8 — теңгеруші жүк



Егер ток 3 катушка арқылы өтетін болса, магниттелетін күш I_w магниттеліп, электромагниттік сәт $M_{эм}$ 4 жүрекшенің әсерінен катушканың ішіне тартылады:

$$M_{эм} = C_M(I_w)^2,$$

бұнда c_M — құрылымдық коэффициент.

Электромагниттік сәт қарама қарсы серіппемен 6 тұрақталады: $M_{эм} = M_{пр} = k_a a$. Бұдан $C_M(I_w)^2 = k_a a$ және шәкілді теңестіру $a = (c_M w^2 / k_a) 1^{21}$ түрге ие болады. $k_2 = c_M w^2 / k_a$ белгілеуден, келесі формуланы аламыз.

$$a = k_2 1^2.$$



Шәкіл теңдеуінен екі тұжырым бар.

1. Көрсеткі ауытқу бағыты ток бағытына байланысты емес, өйткені бұрылу бұрышы ток квадратына пропорционалды. Демек, жетектің айнмалы токтың тұрақты және белсенді мәнін өлшеуге болады.

2. Құралдың ауқымы біркелкі емес. Біртектілікті арттыру үшін арнайы жүрекше пішіні (профилі) пайдаланылады.

Құрылғының артықшылықтары: қарапайымдылығы, жоғары жүктеме қабілеті (ток өткізгіш серіппелері жоқ).

Кемшіліктер: төмен дәлдік, айтарлықтай өз энергиясын тұтыну (жеткілікті магнит өрісін жасау қажет), сыртқы магнит өрістеріне тәуелділік (өз өрісі әлсіз).

Жалпы алғанда, электромагниттік жүйенің құрылғылары амперметрлер мен вольтметрлер ретінде ауыспалы ток тізбектерінде қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Магнитэлектрик құрылғысының жұмыс істеуіне қандай негіз бар?
2. Магнитоэлектрлік жүйенің шкаласының теңдеуінен не пайда болады?
3. Магнит-электр жүйесімен ауыспалы ток өлшеуге болады ма?
4. Электромагниттік жүйенің жұмысының негізі қандай?
5. Электромагниттік жүйе аспабының теңдеуінен не пайда болады?

5.3.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ИНДУКЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЭЛЕКТӨЛШЕУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ӘРЕКЕТ ЕТУ ПРИНЦИПТЕРІ МЕН ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СЫЗБАСЫ. ӨЗДІГІНЕН ЖАЗАТЫН ЖӘНЕ ТІРКЕУШІ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

5.3.1. Электродинамикалық құрылғылар

Электродинамикалық құрылғы 5.9. сызбасына сәйкес жүзеге асырылады. Оның қозғалмайтын катушка 1 мен қозғалатын 2 катушкалары бар, олар Φ магнит өрісінде орналасады. Ток I_2 қозғалыстағы катушкалардың орамынан өтетін кезде, бекітілген катушкалардың ішінде дамытушы күш серіппе күшімен теңдестірілгенге дейін айналады.

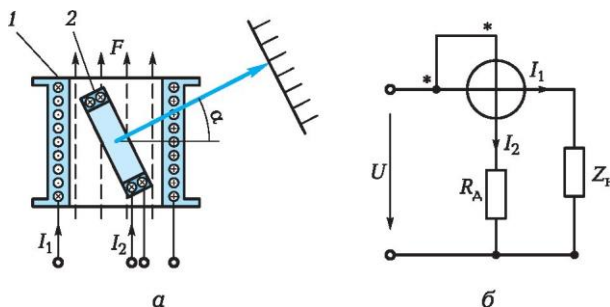
Шын мәнінде, магнитоэлектрлік жүйенің тұрақты магниті 1-катушкасы бар электромагнитпен алмастырылған құрылғы болып табылады.

Тіркелген катушкалардың магнит өрісі ағымдағы I_2 арқылы құрылады және ток I_2 жылжымалы катушкаларында ағып кетеді,

$$M_{эм} = C_M I_1 I_2.$$

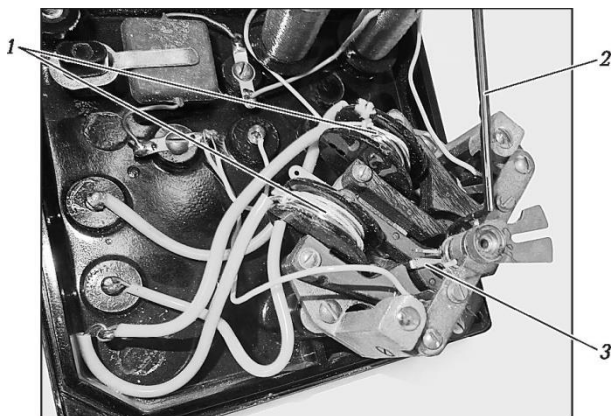
Осыдан шәкіл теңдеуі келесі түрге ие болады:

$$a = (C_M/k_a) I_1 I_2.$$



Сур. 5.9. Электродинамикалық жүйенің электөлшеуіш құрылғысы:

а — әрекет принципін көрсететін сызба; б — катушканың қосылыуын көрсететін сызба; 1 — әрекетсіз катушка; 2 — қозғалыстағы катушка



Сур. 5.10. Электродинамикалық жүйені өлшеу механизмінің фрагменті:
1 — әрекетсіз катушка; 2 — көрсеткіш; 3 — қозғалыстағы катушка

Егер жүктеуге қолданылатын кернеу бекітілген катушкаларға қолданылса, жүктемелік ток жылжымалы катушкалар арқылы келесі формуланы аламыз

$$a = k_3 UI = k_3 P,$$

бұнда k_3 — құрылымдық коэффициент, $k_3 = c_m/k_a$.

Осылайша көрсеткінің ауытқуы жүктеме пайдаланатын қуатқа пропорционалды.

Шкала тендеуінен екі тұжырым бар.

1. Бір мезгілде I_j және I_2 токтарының бағыты өзгерген кезде көрсеткі бұрылысының бағыты өзгермейді. Құрылғы тұрақты және тұрақсыз тоқты өлшеуге жарайды.

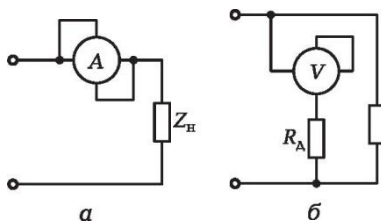
2. Құралдың ауқымы әдетте біркелкі емес, бірақ қолданылатын кернеудің тұрақты мәнімен сызықты болуы мүмкін.

5.10 Суретте құрылғының өлшеу механизмінің үзіндісін көрсетеді.

Құрылғының артықшылығы - жоғары дәлділігі (жиілікті емес темір бар).

Кемшіліктері: өзіндік тұтыну, сыртқы магниттік өрістерге жоғары сезімталдық, өндіріс күрделілігіне байланысты жоғары құны.

Негізінде бұл құралдар қуатты өлшеу үшін ауыспалы ток үшін қолданылады. Дегенмен, сала дәл өлшеу үшін пайдаланылатын электронды-генераторлық ампертер мен вольтметрлерді шығарады (дәлдік класы 0,1-ге дейін). ЭЦ-те құрылғыны қосу схемасы 5.11. Суретте көрсетілген.



Сур. 5.11. Өлшеу үшін ЭИП электр динамикалық жүйесінің өлшеу тізбегінің сызбалары: а — ток; б — қуат

Амперметрде екі катушкалар бір-біріне параллель қосылады, содан кейін - Z_H жүктемесі бойынша және вольтметрде - бір-бірімен қосымша резистор D_d , одан кейін - Z_H жүктемесімен параллель.

Амперметр мен вольтметрде тек қана екі қысқыш бар, өйткені катушкалардың қосылымы құрылғының ішінде жасалады.

5.3.2. Индукциялық құрылғы

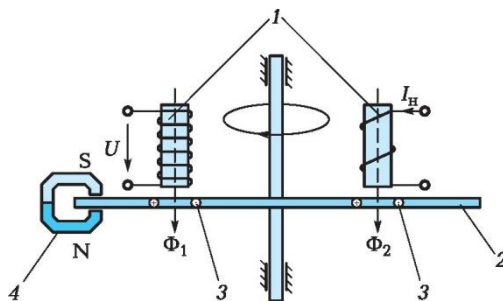


Индукциялық құрылғы жұмыс принципі негізделген (5.12-сурет) Φ_1 және Φ_2 айнымалы магнит өрісінің өзара әрекеттесуі туралы, осы өрістердің алюминді дискінің 2-шегінде магниттік ағындық токтармен байланыс жасайды. Демек, индукциялық аппараттар ауыспалы токқа ғана қолданылады және негізінен электр есептегіштерде қолданылады.

Электр магниттерінің біреуі желіге параллель қосылған, ал екіншісі жүктемені қатарластырады, яғни $\Phi_1 = k_1 U$, және $\Phi_2 = k_2 I_H$. Бұл жағдайда айналмалы сәт $M_{br} = k U I_H \cos j = k P$, яғни, жүктеме бойынша тұтынылатын пропорционалдық белсенді қуаты P .

МП қарама қарсы сәті тұрақты магнитпен 4 жасалады және дискінің айналу жылдамдығына пропорционалды: $M_{пр} = k_a n$.

Жылжымалы дискінің тұрақты айналу жылдамдығында $M_{ер} = M_{пр}$, демек, қуат шығыны дискінің айналу жылдамдығына пропорционалды.



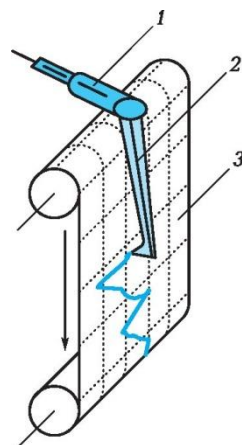
Сур. 5.12. Индукциялық жүйенің шартты құрылысының сызбасы:
1 — электромагниттер; 2 — алюминдң диск; 3 — құйынды токтар;
4 — тұрақты магнит

5.3.3. Өздігінен жазатын және түркеуші аспап

Бұрын қаралған барлық құрылғылар көрсеткішке жатады. Іс жүзінде өзін-ұзақ мерзімді көрсеткіштерді жазу үшін уақыт пен жазба, фотоға түсіру арналған жылдам үдерістер.

Жазу құрылғылары негізінде құрылады бұрынғы айырмашылығы бар жүйелер - бұл құралдың көрсеткіші (оськөрсеткілер 1 - сурет. 5.13) 2-ші қаламмен байланысты, ол арқылы сияда жазбаларды оқутұрақты жылдамдықпен қозғалады (3 диаграмма).

Жазу құрылғылары ретінде (5.14-сурет) электромеханикалық осциллографтар (жарық сәулесі)қолданылады. Негізгі осциллографтың элементі -гальванометр - магнитоэлектрлік жүйенің кішкентай айнасы. *¹



Сур. 5.13. Өздігінен жазатын аспап:

- 1 — көрсеткіш осі;
- 2 — сиямен қаламұш; 3 — қағаз диаграмма

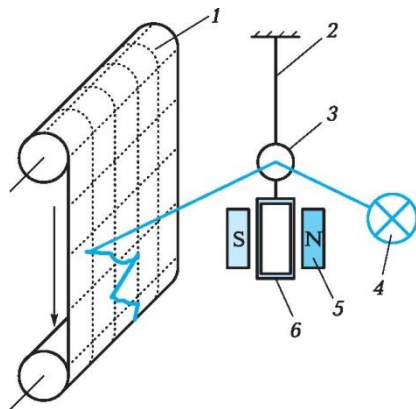


Рис. 5.14. Түркеуші аспап:

1 — фотоқағаз; 2 — ілгіш; 3 — айна; 4 — шам; 5 — тұрақты магнит;
6 — токпен рамка

Әдетте жарық сәулесінің осциллографтарында бірнеше басқарылатын параметрлерді бір уақытта тіркеуге мүмкіндік беретін бірнеше гальванометр бар.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Құрылғының электродинамикалық жүйенің жұмыс істеу принципін түсіндіріп, оның артықшылықтары мен кемшіліктерін, қолданылу аймағын көрсетіңіз.
2. Құрылғының индукциялық жүйесінің принципін түсіндіріп, оның артықшылықтары мен кемшіліктерін, қолдану саласын көрсетіңіз.
3. Өзін-өзі жазу мен жазу құралдарының жұмыс істеу принципін және айырмашылықтарын түсіндіріңіз.

5.4. ЭЛЕКТРОНДЫ ӨЛШЕУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

5.4.1. Электронды өлшеу құрылғыларының ерекшеліктері

Электромеханикалық ИП-ге қоса, электронды құрылғылар технологияда кеңінен қолданылады. Бұл олардың келесі артықшылықтарына байланысты:

- жоғары сезімталдық, яғни шағын сигналдарды өлшеу мүмкіндігі;
- зерттелетін тізбектен төмен энергия тұтыну, яғни, құрылғының жұмыс режимдеріне әсер етпейді;
- Сыналатын сигналдың өлшенген жиіліктерінің ауқымы.

Барлық осы артықшылықтар бірқатар электронды құрылғылардың: күшейткіштер, генераторлар, импульстік құрылғылар, түзеткіштер, тұрақтандырғыштар және т.б. Аталған құрылғыларды, соның ішінде жоғары күшейткішті және кіріс кедергісін күшейтуді қолдану, сезімталдығын едәуір арттыруға және тізбекті тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді, сондықтан құрылғылардың тергеу барысында тізбектің жұмыс режиміне әсерін болдырмайды. Сезімталдығы өзгермейтін жиілік диапазоны электромеханикалық құрылғылар үшін 45 ... 1500 Гц орнына 20 МГц-ге дейін кеңейтілуі мүмкін.

Электрондық құрылғыларды пайдалану құрылғының схемасын қиындатып, оның жалпы өлшемдерін және салмағын арттырып, сенімділікті төмендетеді. Дегенмен, электрондық құрылғылар басқа құрылғылар шеше алмайтын проблемаларды шешуге мүмкіндік береді.

Технологияда кеңінен қолданылған жалпы мақсаттағы электронды аспаптар: электрондық осциллографтар, электронды вольтметрлер, генераторларды өлшеу.

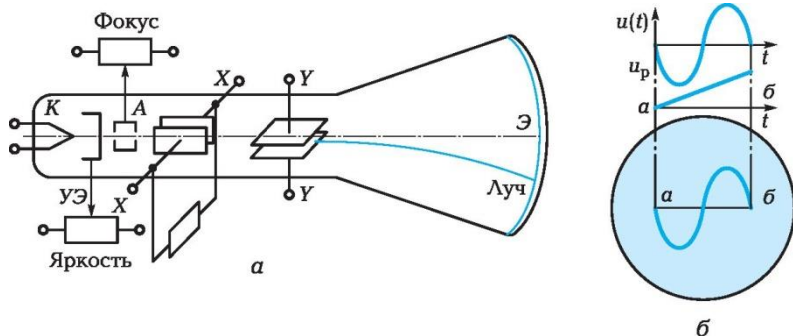
5.4.2. Электронды-сәулелі осциллограф



Электрондық-сәулелік осциллографтар уақытша өзгеретін электрлік шамалардың: кернеудің, жиіліктің, токтың, фазаның визуалды бақылануы мен жазылуы үшін арналған.

Құрылғының негізгі бөлігі - сәуленің сәулеленуі бар катод-сәулелі түтік (5.15, а). Ол УЭ электродтың жарықтығын, электронды сәулені шоғырландыруға арналған анодтық тобын, көлденең және тігінен берілетін сигналдарға сәйкес электронды пучканы бұрап жіберетін екі жұп тақтайшаны (Х-Х, Y-Y) .

Y-Y плиталары тік сызықтағы сәулені бұруға арналған, Х-Х - көлденең жазықтықта. Пласталарға берілетін сигналдар тиісті күшейткіштер арқылы өтеді (тік және көлденең арналар). Егер Y-Y және Х-Х арнадағы сигнал жоқ болса, электрондық сәуле экранның ортасында көрсетіледі. Жарықты тігінен немесе көлденең жылжыту үшін құрылғының алдыңғы панелінде тиісті тұтқалар (^ 4 #) көрсетіледі.



Сур. 5.15. Осциллографтың электронды-сәулелі түтікшесі:

а — құрылымдық сызба; б — осциллограф экранында бейнені қалыптастыру сызбасы

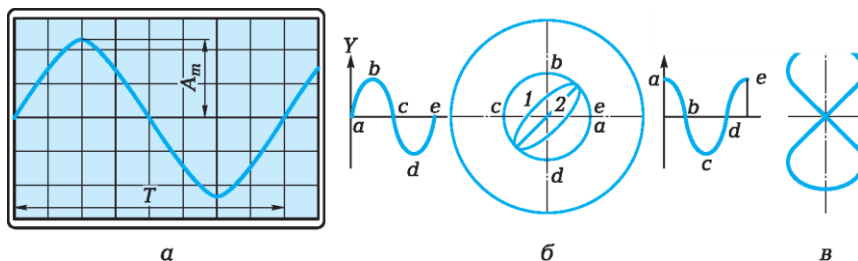


Мерзімді үдерісті байқау үшін $U(t)$ сигналы талданатын Y-Y тік пластиналарына беріліп, X-X көлденең пластиналарына дейінгі аралықта тергеу барысында кернеу кезеңіне тең немесе одан асатын арна кернеуі қолданылады.

Егер $u(t) = 0$, онда экранда көлденең сызық пайда болады. Егер $u(t)$ П 0 болса, экранда тік кернеу пайда болады, ол сканерлеу кернеуі жоғары болған кезде (а-дан б дейін) өзгереді (5.15, б). В нүктесінде бірден нөлге дейін төмендеп, сәуле бірден нүктеден б нүктесіне дейін жылжиды және процесс қайтадан қайталанады. Нәтижесінде зерттелетін сигналдың суреті осциллографты экранда пайда болады. Экранда жеңіл инерция бар, бұл үрдістерді үздіксіз көруге мүмкіндік береді. Горизонтальды скважиналар арақатынасы кернеуінің генераторы есебінен кең жиілік диапазонымен қалыптасады, бұл он герцтен ондаған меганерцке дейін сигналдарды зерттеуге мүмкіндік береді.



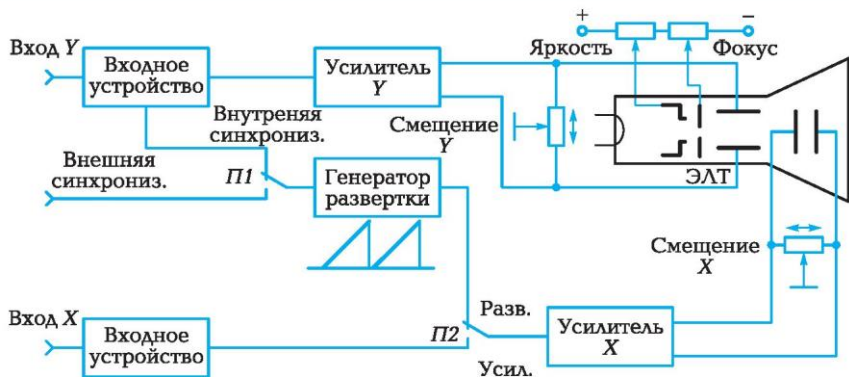
Мерзімді процесті бақылаудан басқа, электрондық осциллографтар зерттелетін сигналдың әртүрлі параметрлерін өлшеуге қызмет етеді: оның амплитудасы, жиілігі және фазасы. Бұған қосымша құрылғыларды пайдалану арқылы қол жеткізіледі: калибрленген кернеу, тұрақты этикеткалар генераторлары, уақыт бірліктерінде бітірді және т.б. Егер синусоидалы сигнал анық көрсетілмесе (5.16, а), осциллограф экрандағы торды пайдаланып, зерттеуге болатын сигнал амплитудасы (2,2 бөлік) мен T кезеңін (8 бөлік) өлшеуге болады.



Сур. 5.16. Калибрленген жапсырмаларды (а) және жиіліктерді пайдалана отырып сигналдың амплитудалық және жиілігін өлшеу, Лиссаж фигураларының көмегімен (b, c)

Зерттелетін сигналдың жиілігі Лиссаж фигураларының көмегімен өлшенуі мүмкін (5.16-сурет, б). Егер бір жиіліктегі синусоидалы сигнал сигналдарын осциллографтың тік және көлденең енгізулеріне жіберсек, бірақ фазада 90° ауысатын болсақ, онда экранда шеңбер пайда болады.

Фазалық ауысу бұрышы 90° -дан өзгеше болса, онда шеңбер дөңгелек эллипске (1) трансформацияланып, фазалық бұрыш нөлге тең болса - түзу сызыққа (2) ауысады.



Сур. 5.17. Осциллографтың құрылымдық сызбасы



Сур. 5.18. Осциллографтың сыртқы түрі ОСУ-10А

Егер бір кіріс сигналынан екі жақты жиілік сигналы алынса, онда фигура, 5.16 суреттегі түрге ие болады ($f / 2$).

5.17. Суретте - осциллографтың құрылымдық сызбасы және 5.18. Суретте - оның пайда болуы көрсетілген. Зерттелетін сигнал Y кірісіне беріледі (5.17 суретін қараңыз), ал кіріс құрылғысы мен күшейткіштің көмегімен электронды түтіктің тігінен ауытқу табақшаларына өтеді. Горизонтальді деформацияланған пластиналарда П2 ток аударғыш пен X күшейткіші арқылы генераторға белгі беріледі. Электронды-сәулелі түтіктің экранында зерттелетін сигналдың уақыт диаграммасы көрсетіледі. Тұрақты бейнені қамтамасыз ету үшін, сығу генераторы сыртқы көзден (сыртқы синхрондау) немесе кіріс сигналынан (ішкі синхрондау) сигнал арқылы синхрондалады. Лиссаж фигураларын зерттеу үшін сілтеме осцилляторынан сигнал кіріс құрылғысына, одан кейін кіріс құрылғысы арқылы Р2 қосқышы «Күшейту» жағдайында және көлденең бұзылатын пластинкалардағы Х күшейткішімен беріледі.

5.4.3. Электронды вольтметр



Жоғары жиіліктегі кернеуді өлшеу үшін, сондай-ақ шығыс кедергісі жоғары тізбектердегі тұрақты және ауыспалы кернеулер электронды вольтметрлер қолданылады. Ақпараттар ұсынылғанына қарай, олар санауыш көрсеткішіне, санау сандық тақтада жүргізілетін цифрлық санмен орындалатын жебелерге бөлінеді.



Вольтметрдің негізгі түйіндері (5.19 сур.) Кіру жабдықтары (кернеу бөлгіш), күшейткіш (тікелей ток - UPT немесе кең жолақты байланыс), детектор (филтрлі түзеткіш), көрсеткіш индикаторы (магнитоэлектрлік құрылғы) немесе сандық оқу құрылғысы (DCS). Аналогты-цифрлық түрлендіргішпен (ADC) біріктірілген вольтметрлерде тұрақты немесе ауыспалы кернеуді өлшеу кезінде сәйкес қалыпта орнатылған жұмыс түрінің қосқышы болады.

Әмбебап вольтметрдің сыртқы түрі 5.20 суретте көрсетілген.



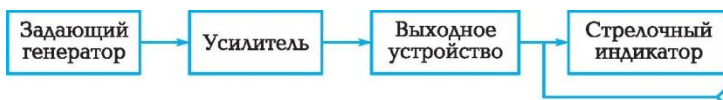
5.4.4. Электронды генератор



Бірнеше электронды құрылғыларды (мысалы, күшейткіштер) зерттеу үшін генераторларды өлшеу кеңінен қолданылады. 5.21. Суретте - төмен жиілікті синусоидальды тербелістер генераторының блок-схемасы, ал 5.22. Суретте - құрылғының сыртқы түрі көрсетілген.

Негізгі генератор - реттелетін жиілікті (дискреттік және тегіс) RC осцилляторы болып табылады. Жиілікті басқару тетіктері құрылғының алдыңғы панелінде орналасқан. Жиілікті басқару масштабта немесе сандық таблода орындалады.

Күшейткіш кернеу мен қуатпен генератордың төмен қуатты сигналдарын күшейтеді.



Сур. 5.21. Генератордың құрылымдық сызбасы



Сур. 5.22. ГЗ-131 генераторының сыртқы түрі

Шығатын құрылғы генератордың шығыс кедергісінің жүктеме қарсылығымен сәйкестігін қамтамасыз етеді. Ол сигнал көрсеткішінің көмегімен бақыланатын шығыс сигналының деңгейін (құрылғының алдыңғы панелінде) орнату үшін кернеу бөлгіштерді қамтиды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрондық құрылғылардың негізгі артықшылықтары қандай?
2. Осциллографтың мақсаты қандай?
3. Осциллографтар экранында тергеу барысында сигналдың бейнесін қалыптастыру принципін түсіндіріңіз.
4. Осциллографтың блоктық схемасын түсіндіріңіз.
5. Электрондық вольтметрдің блок-схемасын түсіндіріңіз.
6. Генератордың блок-схемасын түсіндіріңіз.

5.5. ИНДУКТИВТІЛІК ПЕН СЫЙЫМДЫЛЫҚТЫ ӨЛШЕУ. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЕМЕС ӨЛШЕМДЕРДІ ЭЛЕКТРОНДЫ ЗЕРТТЕУ

5.5.1. Мультиметрлер

Соңғы кезде, көп функциялы құрылғылар, мультиметрлер кеңінен қолданылады (5.23-сурет). Олар микропроцессорлық технология негізінде құрастырылған және дисплейге сандық шығу, сондай-ақ компьютермен байланыс интерфейсі (RS-232 порты) бар. Мультиметрлер батареяның зарядсыздануының және шамадан тыс жүктелуінің индикаторымен жабдықталған, өшіру уақыты 10 минуттан кейін өшіріледі. Өлшеу қателігі 0,5-ден 3% аралығында. Мультиметрлер жиіліктің, температураның, диодтың және транзистордың параметрлерін, дыбысталуын өлшеуді қоса алғанда, 18 өлшеу функцияларын орындай алады.

Мультиметр конденсатордың сыйымдылығын және өте кең шектерде (1-ден 20 МкФ-қа дейін) тікелей өлшеуге мүмкіндік береді. Ірі мәндерді өлшеу басқа құралдарды немесе өлшеудің басқа әдістерін талап етеді.

Сур. 5.23. МУ-63 мультиметрінің сыртқы түрі



Өлшеу кезінде жұмыс режимінің қосқышы өлшенген мәннің түрі мен өлшеу ауқымымен анықталған тиісті орынға орнатылғандығына көз жеткізу керек.

Кәсіби мультиметрдің орташа техникалық сипаттамалары:

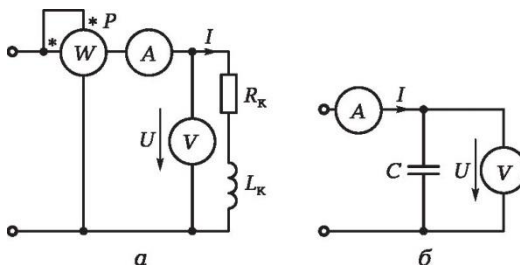
Тұрақты ток кернеуі, В	0,1... 1 000
Ауыспалы токтың кернеуі, В	0,1.750
Ток, А	1 ■ 10^{-4} .20
Қарсыласу, Ом	0,1.2 ■ 10^8
Сыйымдылығы, пф	1.2 - 10^7
Температура, °С	-40.1 200
Кіріспе қарсыласу, МОм	10
Транзистордың күшейткіш коэффициенті.....	До 1 000

5.5.2. Индуктивтілік пен сыйымдылықты өлшеу

Белсенді қарсылықты өлшеу тікелей вольтметр мен амметрдің көмегімен мүмкін болатын және жанама әдіспен болатын болса да, омметрмен тікелей орындалады. Индуктивтер мен сыйымдылықтарды жанама өлшеу оңай.

Мыс немесе алюминий сымынан жасалған индуктивтік катушка резисторы сериялы индуктив ретінде ұсынылуы мүмкін (5.24 а, сур.).

R_K резисторының белсенді кедергісі омметрмен ($R_K = U / I$) немесе тұрақты токта жанама әдіспен өлшенуі мүмкін. Сонымен қатар, ауыспалы токта ($R_K = P / I^2$) ваттметрмен өлшеуге болады.



Сур. 5.24. Жанама өлшеу әдісі: *a* — индуктивті; *б* — сыйымдылығы

Қарсылық индуктивтілігін келесі формула бойынша есептеуге болады

$$X_L = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}, \text{ где } Z_k = U/I \text{ — ауыспалы токтағы толық қарсылық. } X_L = \omega L_k, \text{ то катушка индуктивтілігі}$$

$$L_k = X_L / \omega.$$

Конденсатордың сыйымдылығын өлшеу үшін, 5.24, б сызбасын пайдалануға болады. Өлшеу ауыспалы ток бойынша орындалады $X_C = U/I = 1/(\omega C)$, болғандықтан

$$C = 1/\omega X_C.$$

5.5.3. Электрлік емес өлшемдерді өлшеу

Технологиялық процесті сипаттайтын және осы немесе физикалық мөлшерді бейнелейтін барлық технологиялық параметрлер электрлік емес мәндер болып табылады (ауыстыру, жылдамдық, қысым, температура, деңгей, ағын, деформация, жарықтандыру, түтін және т.б.). Оларды қалай өлшеуге болады? Технологиялық үдерістің автоматтандырылған басқару жүйесіне олардың құндылығы туралы ақпаратты қалай беру керек? Толық автоматты өнімдердің жұмысын қалай қамтамасыз етуге болады?

Бұл электрлік емес мөлшерді тиісті электрлік параметрге белгілі бір шара бойынша: ЭДС, электр тогы, белсенді қарсылық, индуктивтілік немесе сыйымдылық.



Кез келген физикалық мөлшерді электрлік сигналды түрлендіретін құрылғы, алғашқы түрлендіруші немесе датчик деп аталады.

Алдымен ала қалыптасқан электрлік емес электрлік мөлшерге байланысты, әдеттегідей:

- белсенді немесе генератор, түрлендіргіштер - оларда электр емес мөлшер EMF немесе электр тогына айналады;
- пассивті немесе параметрлік емес - оларда электрлік емес мөлшердің өзгеруі R , L немесе C параметрінің бірінің өзгеруімен бірге жүреді.

Белсенді түрлендіргіштер төрт топқа бөлінеді: индукция әдетте жылдамдық сенсорлары болып табылады, өйткені олардың шығуындағы EMF магнит өрісінде қозғалатын жылдамдыққа пропорционалды;

- оптикалық - бұл фотоэлектрлік әсер негізделген жарықтандыру, жылжытудың сенсорлары - фототеруне сәулелі энергияны түрлендіру;
- пьезоэлектрлік - механикалық күштерді, кейбір кристалдарда немесе керамикада әсер ететін қысымды пьезоэлектрлік қуатқа айналдыру;
- термоэлектрлік - температураны термоэмфаға айналдырады.

Пассивті түрлендіргіштер кең топты құрайды және әрекет қағидасына сәйкес бөлінеді:

- резистивтік - қозғалу, қысым, деформация, материалдың қалыңдығы, температураның, электр кедергісін өзгертудегі деңгейдің өзгеруі;
- индуктивтілік - индуктивтіліктің өзгеруіне қозғалысты, қысымды, күшін, сәтті өзгерту;
- сыйымдылықты айырбастау күші, қысым, қозғалыс, ылғалдың мөлшері, заттардың мөлшерінің өзгеруіне байланысты.

Белсенді кедергі, индуктивтілік пен сыйымдылықтың өзгеруі электр тізбегіндегі ток өзгерісімен бірге жүретіндіктен, электрлік емес шамаларды өлшеу үшін біз қарастырған өлшеу құралдарын пайдалануға болады. Сонымен қатар датчиктің электр сигналдары өлшенетін электрлік емес мөлшерге пропорционалды, сондықтан олар технологиялық процестің автоматтандырылған басқару жүйесімен қашықта болады, оларды өңдеу ЭВМ көмегімен жүзеге асады.

БАҚЫЛАУ ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Мультиметр сипаттамаларын келтіріңіз.
2. Қатерлі индуктивтілікті және сыйымдылықты жанама әдіспен қалай өлшеуге болады?
3. Электрлік емес мөлшерді өлшеу үшін не қажет?
4. Электрлік емес мөлшердің белсенді түрлендіргіштерінің негізгі түрлері қандай?
5. Пассивті түрлендіргіштердің үш түрін сипаттаңыз және сипаттаңыз.

ӨНЕРКӘСІПТІ ЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ

6.1.

ӨНДІРІСТІ ЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ СЫЗЫҚТЫ ЖӘНЕ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС БӨЛШЕКТЕРІ

6.1.1. Негізгі түсініктер



Өнеркәсіптік электроника әртүрлі электронды, иондық, жартылай өткізгіш құрылғылардың өнеркәсібінде қолданылатын ғылым мен техника саласы болып табылады: электронды түтіктер, диодтар, транзисторлар, микросхемалар, индикаторлар және басқа да көптеген құрылғылар, сондай-ақ, оларға негізделген құрылғылар: генераторлар, күшейткіштер, генераторлар, тұрақтандырығыштар және т.б.

Электрониканың ең прогрессивті облысы электронды және иондық құрылғылармен табысты бәсекелесетін жартылай өткізгіштік техника болып табылады және олардың тиімділігін, айтарлықтай аз жалпы өлшемдері, қызмет ету мерзімі ұзағырақ, электр қуатын тұтынуды төмендетеді. Сондықтан біз жартылай өткізгіш құрылғыларға салынған негізгі электрондық құрылғылардың жұмысын қарастырамыз.

6.1.2. Өндірісті электрониканың сызықты бөлшегі

Белсенді сызықты емес жартылай өткізгіш құрылғылардан басқа, заманауи құрылғыларда пассивті сызықты элементтердің - резисторлардың, конденсаторлар мен индуктивтік катушкалардың саны бар.



Бұл элементтер электрондық құрылғылардың жұмыс режимдерін және жеке түйіндердің өзара байланысын қамтамасыз етуге арналған.

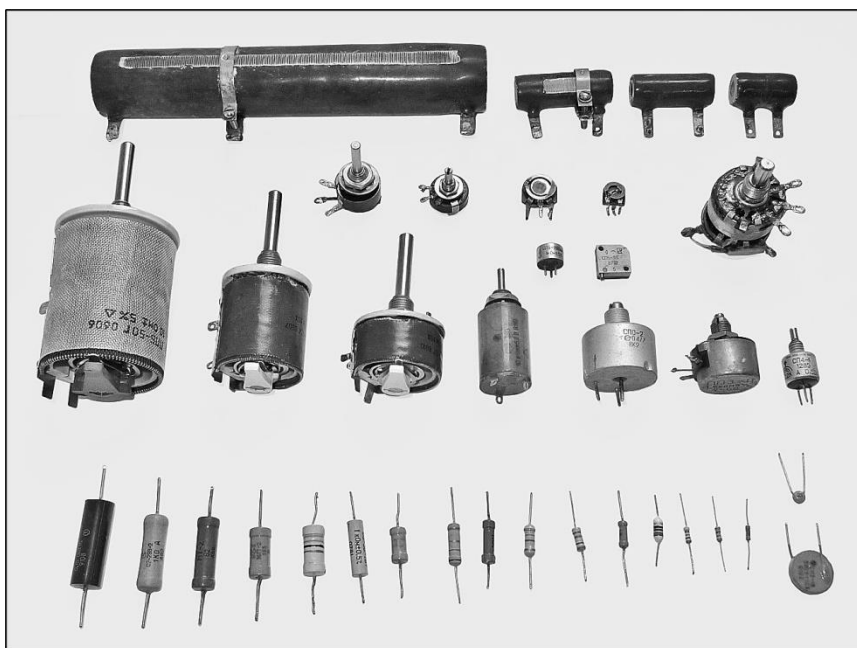
Резисторлар - электр энергиясының термиялық энергияға айналмайтын түрлендіргіштері. Резисторлар тұрақты және айнымалы болып бөлінеді (6.1-сурет). Кез келген резистордың кедергісін есептеу үшін $R = \rho l / S$ өрнегін пайдаланыңыз, мұнда ρ - материалдың электр кедергісі; l - резистордың ұзындығы; S - өткізгіштің көлденең қимасы.

Резистордың қарсыласу бірлігі ом болып табылады.

Тұрақты сымдық резисторлар үлкен тұрақтылық пен үлкен қуатты тарату қабілеттілігімен ерекшеленеді. Олар 0,9 Ом-тан 50 кОм-ға дейін және қуаттылықты 2,5-тен 150 Вт дейін таратады.

Өзгермелі сымдық резисторлар 10 кОм-ке дейін және 100 Вт-қа дейін қуат қарсылғына ие.

Тұрақты пленка резисторы технологияда кең таралған. Оларды өндірудің негізі керамикалық түтікке 0.001-ден 0.2 мкм қалыңдықтағы көміртекті қабатқа орналастырудың технологиялық процесі болып табылады. Резисторлы сақиналар консервіленген жездегі қысқыштардан жасалған. Көміртекті қабат беті түрлі лакпен жабылған. Резисторлар 1 омнан 10 –ға дейін және 0,05-тен 10 Вт-ға дейінгі қарсылықпен шығарылады.



Сур. 6.1. Резисторлардың кең таралған түрлерінің сыртқы түрі



Сур. 6.2. Конденсатордың ең көп таралған түрлерінің сыртқы бейнесі

Айнымалы пленка резисторы негізінен оған қолданылатын өткізгіш қабаты бар гетеро-гексагональды доғаға ие. Айналу бұрышы 250° , қарсылық $4,7 \text{ M}\Omega$ дейін, қуаттың қарсылығы - 2 Вт .

Резистор корпусында номиналды қарсылық, күш және дәлдік класы көрсетіледі.

Сызбаларға арналған техникалық сипаттамаларда: құрылғының түрі, оның қуаты, қарсылық рейтингі, дәлдік класы (мысалы, MLT-2-11 кОмм-1) көрсетілуі керек.

Сызбалардағы резисторлардың шартты белгілері:

II тұрақты; Φ ауыспалы.

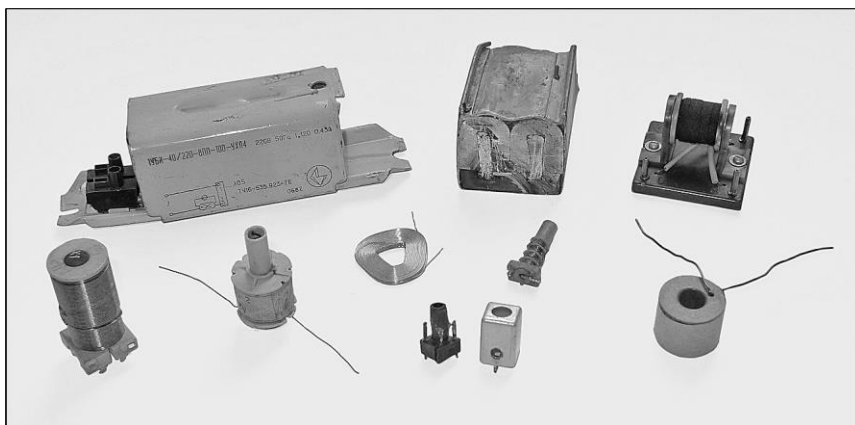
Конденсаторлар - электр энергиясын жинақтаушы болып табылады. Оларды үш топқа бөлуге болады: тұрақты - -1 | -, кескіндеме және айнымалылар.

Сыйымдылықты есептеу үшін пайдаланылады $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$, где $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — тұрақты диэлектрлік, ϵ — диэлектрик материалының салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі; S — конденсатор қоршауының ауданы; d — қарашау арасындағы қашықтық.

Конденсатор сыйымдылығының бірлігі Фарад болып табылады: $1 \text{ Ф} = 1 \cdot 10^6 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^9 \text{ нФ} = 1 \cdot 10^{12} \text{ пФ}$. Өндірістік электроникада 1 пФ 4000 мкФ дейінгі конденсаторлар қолданылады.

Тұрақты қуаттың конденсаторлары үшін ең көп қолданылатын (6.2-сурет). Пластиналар арасында конденсатор қағазы, слюда, керамика, флюоропластика, стиролфлекс және т.б. арасындағы диэлектрлік жолақ пайдаланылады. Осыған сәйкес, конденсаторлар қағазға, слюдаға, керамикаға, электролитке бөлінеді. Электролиттік конденсаторларда диэлектриктің рөлі электролиттік құралдармен алынған алюминий оксидінің қабаты арқылы жүзеге асырылады. Оның қалыңдығы $0,01 \dots 1,5 \text{ мкм}$. Кішкентай жалпы өлшемдерде мұндай конденсаторлар сыйымдылығы 4000 мкФ жетеді.

Көрсетілетін және айнымалы сыйымдылық конденсаторлары айналу осі бар қозғалмайтын және жылжымалы табақшалар жүйесін құрайды. Диэлектрик ретінде керамика немесе ауаны пайдаланады. Олардың сыйымдылығы өте аз: баптау үшін $0,30 \text{ пФ}$ және ауыспалы үшін $0,1000 \text{ пФ}$.



Сур. 6.3. Индуктивті катушканың сыртқы түрі

Индуктивтік катушкалар - магниттік энергия көздері болып табылады. Олардың басты параметрі - индуктивтілік коэффициенті L (индуктивтілік), ол ағын ағыны мен ағымдағы i арасындағы пропорционалдық коэффициент.

Индуктивтіліктің мәні жалпы өлшемдері, катушкалардың пішіні, бұрылыстар саны, негізгі материал және кең ауқымда орналасуы мүмкін. Мысалы, радиотехникалық схемаларда индуктивті катушкалар бірнеше микрогенераторлардың индуктивтілігіне, ал газ шамдар $1,3$ Гн индуктивтілікке ие. Индуктивті катушкалардың ядросы жоқ шартты графикалық бейнесі gm , ферромагниттік ядросы $\text{m}^{\wedge} \text{r}^{\wedge}$.

6.3 Суретінде кейбір индуктивті катушкалардың сыртқы түрі көрсетілген.

6.1.3. Өндірісті электрониканың сызықты емес бөлшектері. Жартылайөткізгіштердің өткізгіштік физикасы

Жартылай өткізгіштер құрамына бөлме температурасында металлдардың арасындағы қарсылық ($1 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-4}$ Ом - см) және диэлектриктердің қарсылығы ($1 \cdot 10^{18}$ Ом • см) жатады, $10^{-3} \dots 10^{10}$ Ом • см. құрайды. Металдардың арнайы кедергісі ($1 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-4}$ Ом-см) және Диэлектриктердің кедергісі (кемінде $1 \cdot 10^{18}$ Ом • см) және $10^{-3} \dots 10^{10}$ Ом • см.

Жартылай өткізгіш техникадағы ең үлкен қолданыс германий (Ge) және кремний (Si). Бұл төрт өлшемді элементтер Сіз сыртқы қабықшада төрт электрон бар.

Валентті электрондар мен ядроның арасындағы байланыс тұрақсыз және электрондардың астында орналасқан сыртқы энергияның әсері (температура, электр өрісі, жарықтандыру) өз атомдарын қалдырып, еркін бола алады. Тесік деп аталатын бос орын толтырылуы мүмкін, электронды көршілес атомнан және оның ішінде пайда болған тесік өз кезегінде, көрші электронмен толтырады және т.б.

 Осылайша, жартылай өткізгіш материалдар мүмкін сыртқы әсерінен электронды және тесік өткізгіштігі оның өрісі болып табылады.

Жартылай өткізгіш материалдардың негізгі ерекшелігі олардың қарсыласуының қоспалардан қатты тәуелді.

Егер таза германийдің немесе кремнийдің кристалды торына бесваленттісұрьманы енгіссе, онда германий мен кремний кристалында бос электрондар пайда болады.

Фоторезисторлар жартылай өткізгіш құрылғылар болып табылады, оның қарсылығы жарық шығарылымына

Мұндай жартылай өткізгіште электр өткізгіштікке ие болады, сондықтан ол n-типті жартылай өткізгіш (теріс) деп аталады.

Егер тривалентті индий немесе вольфрам қоспасы таза германий немесе кремний кристалдық торына енгізілсе, онда бір коваленттік байланыс еркін қалады және көрші атомнан электронмен толтырылуы мүмкін. Электрондық жапырақтардан кейін пайдаболған тесік басқа электронмен және т.б.

6.1.4. n- мен p-түріндегі жартылай өткізгіш негізіндегі құрылғылар

P- немесе c-өткізгіштігі бар жартылай өткізгіш материалдар негізінде температура, электр өрісі, жарық және т.б. әсерінен қарсылықты өзгертетін сызықты емес құрылғылар құрылуы мүмкін. Терморезисторлар температураға байланысты олардың қарсылығын өзгертетін құрылғылар болып табылады.



Терморезисторлардың екі түрі бар (сур. 6.4, а):

- *термисторлар* — үлкен теріс температуралық коэффициенті бар резисторлар;
- *позисторлар* — үлкен оң температуралық коэффициенті бар резисторлар.

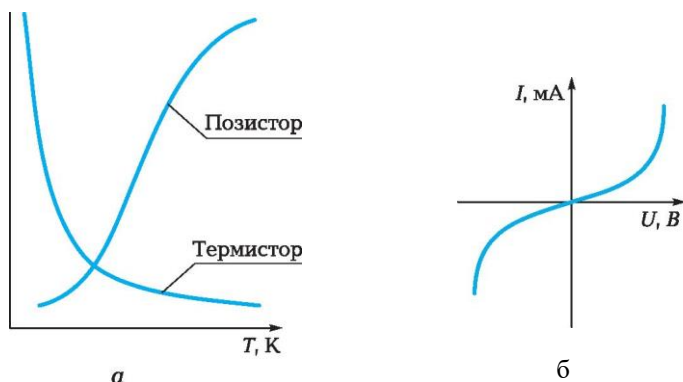
Термисторларды қыздыру резистордан ағатын ток арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Терморезисторлар температураны өлшеу және бақылау үшін, сондай-ақ температураның өзгеруімен параметрлік кернеуді тұрақтандыру үшін қолданылады.



Варисторлар - кедергі сыртқы электр өрісінің күшіне байланысты резисторы.

Варисторлардың ток-кернеу сипаттамасы симметриялы және кернеу ток ағасынан дерлік тәуелсіз болатын бөлікке ие (6.4-сурет, б)

Варисторлардың негізгі қолданылуы автоматты реттеу және реттеу тізбектеріндегі кернеуді тұрақтандыру болып табылады.

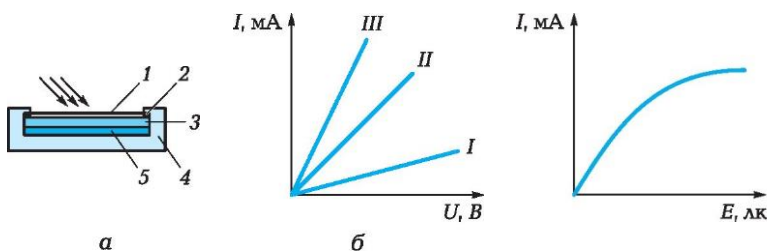


Сур. 6.4. Терморезистордың температураға тәуелділігі (а); ВАХ варистора (б)

Құрылымдық жағынан фоторезисторлар (6.5-сурет, а) төмендегідей. Диэлектрлік субстрат 5 диапазонға қолданылады. Алынған резистор 4-шыны терезе арқылы орналастырылады. Электро-2 босану алынып тасталды.

🔊 *Фоторезистордың* ағымдағы кернеу сипаттамасы 6.5, б Суретінде көрсетілген. $\Phi = 0$ болғанда қараңғы ағымға сәйкес келетін сипаттамаға ие болады. Сипаттамалары:

II және III қисықтары $\Phi_1 > 0$ және $\Phi_2 > \Phi_1$ жарық ағындарына сәйкес келеді. Электртұрақтандырғыш ток ағымына байланысты фоторезистикалық ток тәуелділігі (I_c), сипаты сызықты емес (6.5-сурет, с). U_s - Фоторезистордың графикалық белгіленуі.



Сур. 6.5. Фоторезисторлар:

а — құрылым; б — ВАХ; в — токтың сәулеге тәуелділігі; 1 — әйнек терезе; 2 — электродтар; 3 — жартылайөткізгіш қабаты; 4 — корпус; 5 — диэлектрлік төсемше

6.1.5. Электронты-ойыстың өту қасиеті



Екі N және P жартылай өткізгіштер қосылған кезде, олардың ені сыртқы электр өрісінің шамасына және бағытына байланысты n-р қосылыстары пайда болады.

Шекарада сыртқы өріс болмаған жағдайда, n-n электрондардың n-р бөлігі n-ге дейін, ал p-дан n-ға дейін саңылаулар. Бұл жағдайда n жартылай өткізгіш жағында теріс заряд пайда болады, ал p жағында теріс заряд пайда болады (6.6a сурет).

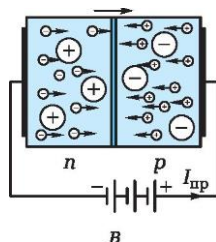
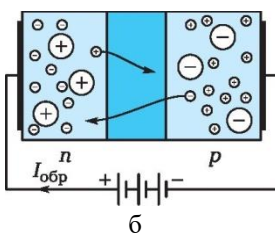
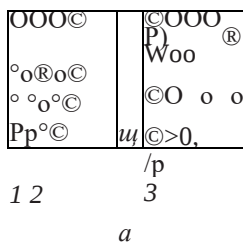
Жартылай өткізгіштің оң заряды n саңылаулардың p-дан n-ға өтуіне жол бермейді, ал жартылай өткізгіштің теріс заряды p электрондардың n-дан p-ге өтуіне жол бермейді. Өтпелі шекарасында ішкі электр өрісі $\mathcal{E}_{ВН}$ құрылады, ал өтпелі кедергі айтарлықтай үлкен.

Егер сыртқы өріс ішкі жолдың бағытымен сәйкес келетін етіп, n-р қиылысына қолданылса, кедергі қабаты оның енін арттырады, әлеуетті тосқауыл және негізгі тасушы (электрондар мен тесіктер) өтпейді. Одан басқа шикізаттық емес тасымалдаушылар өтеді, олардың болуы қоспалардың болуымен байланысты. Олар шағын кері ток өткізеді (6.6, б).

Егер сыртқы өріс ішкі өріске бағытталса және магнитуда үлкенірек болса, онда n-р түйінінің ені төмендейді және оған тікелей магнитудасы айтарлықтай магнитуда өтеді (6.6c-сурет).



N-р түйінінің ағымдағы кернеу сипаттамасы 6.8, а. Суретте көрсетілген. Бұдан шығатыны, яғни, ток тік бағытта өтеді және кері бағытта жүргізіледі.



Сурет 6.6. n-р-өтімінің сызбасы:

1 — бос электрондар; 2 — оң және теріс иондар; 3 — бос ойыстар

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Резисторлар мен конденсаторлар не үшін қажет?
2. Спецификацияда көрсетілген резистордың негізгі параметрлері қандай?
3. Спецификацияда көрсетілген конденсатордың негізгі параметрлері қандай?
4. Жартылай өткізгіш техникада қолданылатын екі негізгі материалды атаңыз және оларды сипаттаңыз.
5. Жартылай өткізгіштер өткізгіштігі қандай?
6. Жартылай өткізгіштерге негізделген негізгі құралдар тізімі.
7. пр торабының негізгі қасиеті қандай?

6.2. БІРТҮТАС ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

6.2.1. Диодтар

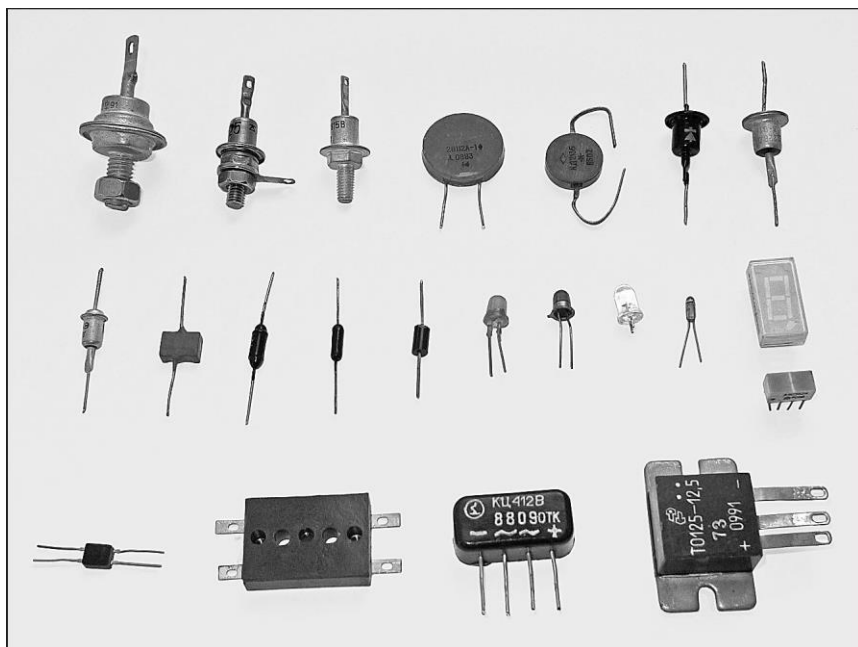
Бір n-p-түйінінің негізінде әртүрлі диодтар (жоғары жиілік, си-вольт, сілтеме, фотодиздер, жарықдиодтар - сурет 6.7) өндіріс пен мақсатқа сәйкес құрылады.



Жоғары жиілікті диодтарда германий немесе кремнийдің кристалы бекітілген кристалды ұстағыш бар. Кристаллдың көмегімен вольфрамның сымдары байланыста, шекарада n-p өтуі (вольфрамның триваленты). Олар нүктелік диодтар болып табылады, олардың шамалы өтпелі аймағы бар, сондықтан шағын қуаты бар, сондықтан олар 100 МГц жиілікте қолданылады. Өнеркәсіп 10-дан 100 мА дейінгі түзетілген токпен жоғары диапазондағы диодтарды және 10-нан 100 В-ға дейінгі (кернеудің диодтың бұзылуы) кері кернеуді өндіреді.



Қуат диодтары (түзеткіштер) n-p-түйісуінің айтарлықтай ауданына ие жүзбелі планарлы құрылым түрінде дайындалады.



Сур. 6.7. Диодтар түрлерінің сыртқы түрі

Германий немесе кремний плитасы индий тақтайшасына орналастырылады, содан кейін екеуі де вакуумда қызады. Индий германийге қосылып, n-р өтуін қалыптастырады. Алынған кристал екі электродты корпусқа орналастырады.

Қуат диодтары негізінен дыбыс жиіліктерінде жұмыс істейді, себебі олар n-р түйінінің айтарлықтай қуатына ие. Олар айнымалы тоқты түзету үшін қолданылады. Осы диодтардың ағымдағы кернеу сипаттамасы 6.8, а. Суретте көрсетілген. Өнеркәсіп өнімі диодтың кең диапазонымен, мысалы:

- дифференцирленген ток D226 және 0,4 В дейін кері кернеу 400 В дейін;
- D302-305 диодтары, 1-ден 10 А-ге дейінгі түзетілген токпен және 20-дан 50 В дейінгі кері кернеуге;
- D1004-1008 диодтары, 100 мА-ның түзетілген ток және 10 000 В дейінгі кернеуі бар;
- VKV-1000 диодтары - 1 000 А дейінгі токтарда жұмыс істейтін ауаны салқындататын қуатты ток.

Қуат диодтары рұқсат етілген кері кернеудің болуымен сипатталады, оның асып кетуі n-р түйінінің жылынуына және оның бұзылуына (жылуды бұзу) әкеледі.

Диодтардың графикалық шартты белгіленуі — $\text{—}| \text{—}$.

 Түзу сызықтары бар анықтамалық диодтар үшін (зенер диодтары) кернеудің ВАХ бар қуат диодтары ВАХ ағымдағы кернеу сипаттамасына ұқсас, көшкінді қоспалары кәдімгі диодқа қарағанда 15-20 есе артық. Бұл атомдардың иондалуы мен n-р өтуі арқылы өтуге қабілетті электрондардың босатылу үрдісі. Бұл жағдайда кері ағыс көшкінді көбейтеді, ал кернеудің шамалы өзгеруі ток ағымының айтарлықтай өзгеруіне әкеледі (6.8b-сурет).

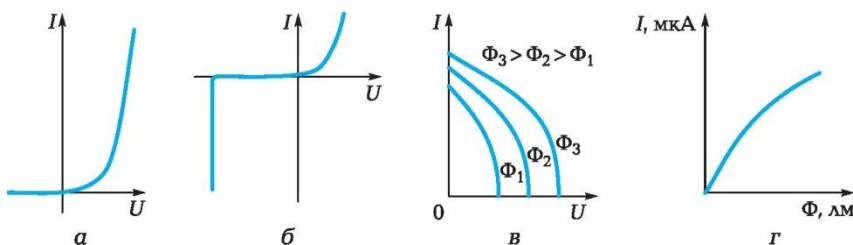
Көшкін тәріздес үдеріс - бұл кері құбылыс, ал сыртқы өрісті шығарғаннан кейін диодтың сипаттамалары қалпына келтіріледі.

Өнеркәсіптік тұрақтандыру кернеуі 2 В (КС 133, КС 156) 200 В дейін (КС650, КС680) тұрақтандырушы токпен 20 мА-дан 1,5 А дейін және 50 Вт-қа дейінгі қуаты бар тұрақты ток өндіріледі.

Электрондық жабдықтарға арналған кернеу тұрақтандырғыштарының тізбектерінде кремнийдің анықтамалық диодтары кеңінен қолданылды.

Стабилитронның графикалық шартты белгіленуі — $\text{—}| \text{—}$.

 *Фотодиодтар* — бұл құрылғылар, n-р өтуі оның жарықтылығына байланысты.



Сур. 6.8. Сипаттамалары:

а — ВАХ күшті диодтың; б — ВАХ стабилитронның; в — ВАХ фотодиодтың; г — фотодиод жұмысының генератор тәртіптемесі

Түрлі фотодиздердің вольт-ампер сипаттамалары люмендерде өлшенген жарық ағындары (lm) 6.8, с. Суретінде берілген. Сыртқы көздің жоқтығы жарық әсерімен, фотодиодтар бағытқа сәйкес келетін фототоктарды шығаруға қабілетті диодтың кері ағымы және белгілі бір аймақта пропорционалды болып табылады.

Жарық ағыны Φ (сурет 6.8, d). Бұл жұмыс режимі генератор деп аталатын фотодиод болып табылады, кеңінен қолданылады

Күн энергиясын жарық энергиясына айналдыру үшін қолданылады.



Фотодиодтың графикалық шартты белгіленуі —



Электр сигналының әрекет етуімен тән толқын ұзындығының жарық қызылын (қызыл, жасыл, көк) шығаруға қабілетті n-p-түйісуіне негізделген LED-құрылғы. Жарық диодты шамдар мен басқа да жарық көздерінен айырмашылығы инерциялық болып табылады. Негізгі қолданба көрсеткіш схемаларында (қасиетті әріптер, сандар) табылды.

Светодиодтың графикалық шартты белгіленуі —



6.2.2. Далалық транзисторлар



Өріс (біркелкі емес) транзисторлары - бір n-p-түйіндісін және электр сигналдарын күшейтетін құрылғылар.

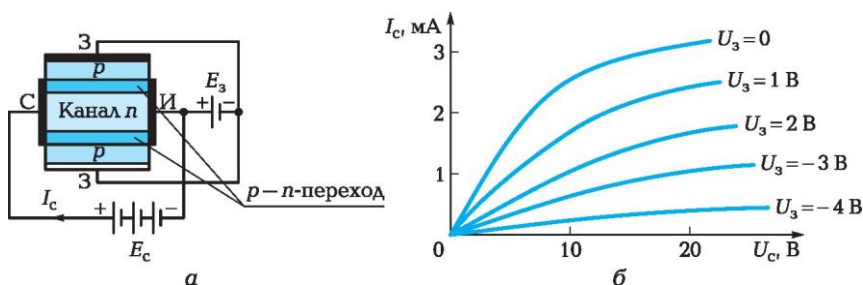
Олар ең алдымен, ағымдағы (биполярлық сияқты) емес, өріс арқылы басқарылады, екіншіден, олар электрондар мен тесіктердің негізгі түрлерінің бір түрін ғана пайдаланады.

Құрылымдық түрде, далалық транзисторы p- немесе n-өткізгіштігі бар жартылай өткізгіш арқылы барлық жағынан қоршалған n- немесе p-өткізгіштігі бар кристалл болып табылады (6.9-сурет).

Кристаллдың ұштарына бастау (I) және өріс (C) деп аталатын электродтар қосылады. Р-аймағынан қақпақ (3) деп аталатын электрод шығады.



Егер ЕЗ батарея қақпасы мен көзі арасында қосылса, онда оның ЕДС шамасы мен полярлығын өзгертіп, n-p қосылысының енін басқаруға болады, яғни каналдың көлденең қимасы және қарсылығы.



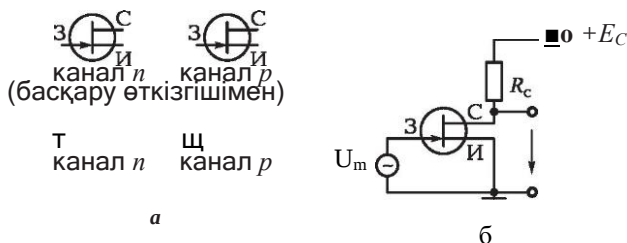
Сур. 6.9. Өріс транзисторы:
а — құрылымдық сызба; б — вольт-амперлік сипаттама

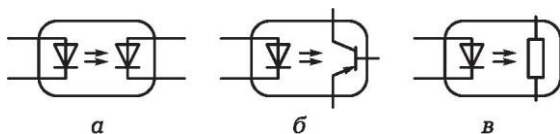
Өткізілмейтін бағытқа қолданылатын өріс неғұрлым кең болса, n-р торабының кеңістігі соғұрлым кең, ал каналдың S-көлденең қимасы аз және оның кедергісі ($R = \rho l / S$) тең.

Егер аккумуляторлық батарея Еренгі көзі бар электродтар арасында қосылған болса, батарея кернеуінің екеуі де, сондай-ақ каналдың қарсыласуына байланысты анықталған ағымдағы I_c , ағымдық тізбектегі E_3 батареясының кернеуіне байланысты болады. N-р-түйісуі кері бағытта жылжытылғандықтан және қапқак тогы аз болғандықтан, далалық-әсерлі транзистордың кіріс кедергісі $1 \cdot 10^6$ Ом-қа жетеді. Жұмыс жиілігі 150 МГц жетеді.

Дала-әсерлі транзистордың ағымдағы кернеулі сипаттамалары 6.9, б. Суретінде көрсетілген. Олар күшейткіш тізбектеріндегі далалық әсер транзисторларын пайдалануға мүмкіндік беретін, күшейту қасиеттерімен басқарылатын I-V сипаттамалары.

Оқшауланған қапқакшасы бар МОП (металл-оксид-жартылай өткізгіш) транзисторларының дамуы - кіріс кедергісін $1 \cdot 10^{15}$ Ом дейін және жұмыс жиілігін 1000 МГц-ге дейін арттыруға мүмкіндік береді.





Сур. 6.11. Оптрон сызбасы :

а — фотодиодтармен; б — фототранзистормен; в — фоторезистормен

Өткізгіш көзі қарсыласуындағы өзгеріс, жартылай өткізгіштің нақты электр кедергісі r өзгеруіне байланысты, осындай транзисторларда жүзеге асырылады. Кернеу коэффициенті 100-ге жетуі мүмкін.

Далалық-тиімді транзисторлардың шартты графикалық белгілері 6.10, а Суретінде, ал өріс транзисторындағы күшейткіші 6.10, б. суретінде көрсетілген.



Дала әсерінің транзисторларының негізгі артықшылықтары:

- жоғары кіріс кедергісі;
- жоғары жиілікті қасиеттер (1000 МГц-ге дейінгі жиіліктерде жұмыс істейді).



Оптрондар - сәуле көзі (LED) бар және жекелеген корпуста сәулеленуді (фотодиод, фототрансформация, фоторезистор) алатын жартылай өткізгіш құрылғылар (6.11 сурет).

Құрылымдық жағынан, бұл элементтер жарық жолдары мен ең жоғары гальваникалық оқшаулау арасында жақсы байланыс орнатуға арналған. Оптоэлектрлі құрылғыларда 1-ден 101 Ом-қа дейінгі уақытша кедергісі бар, сондықтан басты жекелеген элементтерді электрлік ажырату қажет болған тізбектерде кездеседі. Бұл құрылғылар желілік және дискретті (релелік) тізбектерде де пайдалануға болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай құрылғылар бір п-р түйісу негізінде салынған?
2. Жартылай өткізгіш диодтардың негізгі түрлерін сипаттаңыз.
3. Қуат пен анықтамалық диодтың ағымдағы кернеу сипаттамасын беріңіз.
4. ВАХ қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
5. ВАХ өріс транзисторын келтіріңіз.

6.3.1. Биполярлы транзисторлар

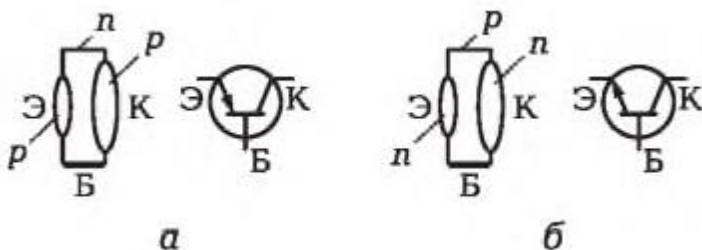


Әлдеқайда күшейтетін құрылғылар ретінде екі-п-түйіндерге негізделген *биполярлық транзисторлар*, яғни, *n-p-n*- немесе *p-n-p*-типті транзисторлар қолданылады (6.12-сурет). Олар екі жағынан *p*-өткізгіштігі бар (немесе *n* өткізгіштігі бар сурьма) индий шыны ыдыстарының *n*-өткізгіштігі (немесе *p*-өткізгіштікпен кремний) бар германий кристаллына байланысты.

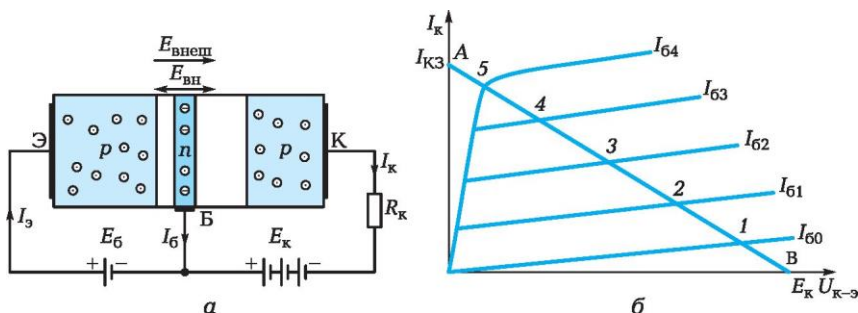
Биполярлық транзисторда үш электрод бар: эмитент, коллектор, база.

Оның есімі бір мезгілде екі типтегі тасымалдаушыларға (электрондар мен тесіктер) және екі *n-p* қосылыстарының негізіне байланысты.

N-P-өткелдердің (*B - K*) бірінде өтпе қарсы бағытта (*EVN Evnesh* және сол бағыт) ауысатын болды, кернеу *E_k* батареясын қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда жүктеме *1K0* тасымалдау (осы базасында тесіктер) арқылы ағымдағы бірнеше микроамперге тең коллектор тізбегінде жүреді. Егер өтпе базасына және одан әрі екінші *N-p*-өтпелі сыртқы өрісін сәуле ығыстырып, батареяны *E_b* қосу үшін қажет.



Сур. 6.12. Биполярлы транзистордың шартты
графикалық белгілері мен құрылымдық сызбасы:
а — *p—n—p*-тип; б — *n—p—n*-тип



Сур. 6.13. Биполярлы транзистор:

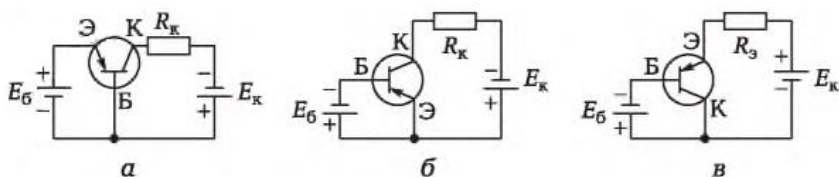
а — сызба, жұмыс принципін анықтайды; б — вольт-амперлік сипаттама

Электрлік бейтараптылық заңына сәйкес эмиттер коллекторға өтетін тесіктердің зарядтары коллекторға сыртқы тізбектен (ЭК-дан) кіретін және ІК коллекторды құрайтын еркін электрондармен өтеледі.

ЭБ-ның базасында негізгі аймақтағы негізгі тасымалдаушылар болып табылатын электрондар 1б.

Транзисторды қосудың үш ықтимал тізбегі бар (6.14-сурет): жалпы базасы (а), ортақ эмитент (б) және ортақ коллектор (с). Оларда кіріс және шығыс сигналдары бір электродқа қатысты беріледі: негіз, эмиттер немесе коллектор.

Кернеу күшейткіштерінің схемаларында жиі қолданылатын жалпы эмиттер тізбегі болып табылады. Жалпы эмиттердегі транзистордың ағымдағы кернеу сипаттамасы коллекторлық-эмит кернеуіне тұрақты негіздегі токқа байланысты коллекторлық тоғысуға тәуелді (6.13, б). Әр түрлі базалық токтар үшін транзистордың шығу сипаттамалары деп аталатын сызықтық емес бақылау сипаттамаларын аламыз.



Сур. 6.14. Транзистордың қосылу сызбасы:

а — ортақ негізбен; б — ортақ эмиттермен; в — ортақ коллектормен



Кіріс сигналының өлшеміне байланысты, келесі режимдер пайдаланылады.

1. Жұмыс режимі болғанда, кеңейтілген жұмыс режимі (белсенді)

ка жүктеме қисығы 1 мен 5 аралығындағы нүктелер арасында жылжиды,

2. Күшейткіштің желілік жұмыс режимі. Бұл жағдайда синусоидальды күшейткіштің кірісіндегі кернеу синусоидальға сәйкес келеді.

3. $1b < 0$ (1-тармақтың төмен) сәйкес келетін кесу режимі.

Транзистор жабылып, коллекторлық ток азаяды $I_{k0} \sim 0$. Транзистор RK_3 кедергісі үлкен. ЕК және транзисторлық $PK = UK$ I_{k0} -дегі қуат нөлге ұмтылады.

4. Максималды токқа сәйкес келетін қанықтыру режимі базалық I_{bmax} (5-тармақтан жоғары). Бұл жағдайда IK IK_{max} -ге тең және өзгермейді, егер базалық ток одан әрі артатын болса. Шығыс желілік транзистор RK_3 шағын (нөлге ұмтылады) және кернеу $UK = IKRK_3$ нөлге ұмтылады. $PK = UK$ IK қуат, таратылған коллекторлық-эмитенттің өтуі нөлге тең.



Кесу режимінен қанықтылық режиміне транзисторлық көшуге және артқа дерлік дереу беріліске, ұқсас режимде (перне) қуатты тізбектерді қосуға мүмкіндік береді.

Кесу және қанықтыру режимдері автоматиканың логикалық құрылғыларда және негізгі режимде жұмыс істейтін қуат күшейткіштерін қолдануға ие болды.

Кернеуге сәйкес ол бірлікке және жүктеме кернеуіне жақын транзистордың базасында кернеуге тең. Егер демалыс сигналының бұл фазасы кіріс сигналының фазасына тең болса.

Эмитент ізбасарының шығу импедансасы кішкентай және кіріс



кедергісі жеткілікті үлкен, бұл осындай схеманы төмен импеданс жүктемені күшейткіштің шығуына сәйкестендіруге мүмкіндік береді.

Кесте 6.1			
Қуаттылық	Жиілігі		
Кіші	101 — 199	201 — 299	301 — 399
Орта	401—499	501—599	601 — 699
Үлкен	701—799	801—899	901 — 999

Транзистор паспортының деректері рұқсат етілген ең жоғары параметрлерін көрсетеді:

- максималды коллекторлық ток I_{Kmax} ;
- U_{K_3} ең жоғары коллекторлық-эмитент кернеуі;
- коллектор, ПҚ таратқан максималды қуат;
- күшейту f_{max} шектеу (шекаралық) жиілігі.

Өнеркәсіпте транзисторлардың екі түрі бар: герман және кремний.

Жартылай өткізгіш құрылғыларға арналған әдеттегі таңбалар бірқатар әріптер мен сандардан тұрады.

Бірінші әріп немесе нөмір жартылай өткізгіш материалды білдіреді: G немесе 1 - германий; K немесе 2 - кремний.

Екінші әріп - құрылғының түрі: D - диод; C - зерердің диоды; F - фотодетектор; Y - басқарылатын клапан; T - биполярлы транзистор; P - өріс әсерінің транзисторы.

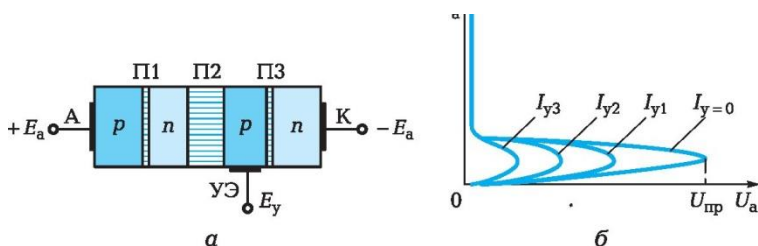
Үшінші элемент (үш таңбалы сан) құрылғының қуатын және жиілігін сипаттайды (6.1-кесте).

Төртінші элемент (әліпбилік) - модификация. Мысалы, GT108A - модификациялаудың төменгі қуатты германиялық төмен жиілікті транзисторы.

6.3.2. Тиристорлар

Үш n-p-қосылыстарының негізінде, тиристорлар қақпақ сипатына ие I-V сипаттамасымен басқарылатын элементтер болып табылады.

Шығу электродтары арасындағы квадраттың E_a кернеуі (анод A және катодты K) экстремалды ауысу (P_1 , P_3) алға қарай (ашық) жылжиды және кері өту (жабық) кезінде P_2 орташа мәніне тең болады. (сурет 6.15a). Егер $E = 0$ болса, онда белгілі бір мәнге (U_{np}) E_a кернеуін жоғарылату ток шамалы өсуіне әсер етеді.



Сур. 6.15. Тиристор:

а — жұмыс ретін анықтайтын сызба; б — вольт-амперлік сипаттама

$E_a = U_{пр}$ кезде, көшу P2 көшкінінің бұзылуы басталады (Zener диодтың секілді) және P2 өтпесі ашылады. Ағымдағы күрт өсті ал тиристордың кернеуі 0,5 ... 1 В дейін төмендейді. Бұл үзіліс көшудің жойылуына әкелмейді және ол қайтымды. Басқару электродынан E кернеуін қолдану арқылы (UE) P2 көшуіне, 1y магнитудасының ағымымен басқаруға болады. Тиристор бейнесінің графикалық шарттары:

катод бойынша басқару —

анод бойынша басқару —

Өндіріс агрегаттары үшін 2000 А дейін жұмыс істейтін тиристорларды және 4000 В дейінгі жұмыс кернеуін өндіреді.



Тиристорлар күшті басқарылатын клапандар болып табылады, олар қуатты қозғалтқыштар үшін басқару тізбектерінде қолдануға ие.

6.3.3. Интегралды микросызба

Құрылғылардың күрделілігін жоғарылату, пассивті және белсенді элементтер саны жалпы өлшемдердің өсуіне, құрылғының өзіндік құнына, энергияны тұтынуға әкеледі. Бұл элементтік интеграция негізінде құрылған функционалды күрделі элементтердің пайда болуына әкеледі.



Қарапайым интеграция - бір кешенде біріктіру белгілі бір технологиямен жасалған және жұқа сымдармен көптеген қарапайым элементтердің (резисторы, конденсаторлар, диодтар, транзисторлар) миниатюралық элементі байланысқан.

Осылайша алынған элемент интегралдық микросхема (ИС) деп аталады. Бұл белгілі бір функцияларды орындауға қабілетті толық электрондық тізбек. Микросызба күшейткіштер, қосқыштар, есептегіштер, жад құрылғылар, аналогты-цифрлық және сандық-аналогтық түрлендіргіштер, микропроцессорлар сияқты күрделі электрондық құрылғылар жасау үшін қолданылады.

Микросхемалардағы кішігірім жалпы өлшемдері және олардағы далалық әсерлі транзисторларды пайдалану, олардың тұтынатын қуатын айтарлықтай азайтады және ақпараттың өңдеу жылдамдығын арттырады. Стандартты технология, микросызба өнуін біріктіру және автоматтандыру олардың жоғары сенімділігі мен төмен құнын қамтамасыз етеді.

Өндіріс технологиясы бойынша интегралды схемалар гибридтік және жартылай өткізгіш сызбаларға бөлінеді.

Гибридті микросхемалар диэлектрлік материалдың субстратына қойылған қабықшалар түрінде және транзисторлармен, диодтармен бекітілген ашық рамалық элементтермен орындалады.

Резисторлар ретінде, нихромның жұқа қабыршықшалары қолданылады және конденсаторлардағы диэлектрик ретінде, барий титанит керамикасының пленкалары қолданылады. Элементтерді біріктіруге және шығыс ұштарына жалғауға арналған өткізгіштер алтын, мыс немесе алюминий жұқа пленка түрінде жасалады.

Топсалы элементтер - диодтар, транзисторлар - пленкамен немесе дәнекерлеу арқылы фишкаларға бекітіледі.

Құрастырылған гибридтік микросхема металл немесе пластикалық корпусқа орналастырылған.

Жартылай өткізгіш интегралдық схемаларда кристалдың бөлек аймақтар пайдаланылады. Осы учаскелердің әрқайсысы транзистордың, диодтың, резистордың немесе конденсатордың функциясын орындайды.

Жартылай өткізгіш кристалдардың барлық элементтері жартылай өткізгіш кристалдағы бірыңғай технологиялық процесс барысында алынады. Мұндай технологиялық процесс бастапқы поликристалды кремнийді қорғау қорғаныс маскаларын қолдану арқылы және әртүрлі өткізгіштігі бар тиісті жартылай өткізгіш материалдарды кейіннен тотығу және бүркуге негізделген.

Микросхемалар екі түрі де өте жоғары сенімділікке ие. Тіпті жүктелмеген режимдерде де жұмыссыз жұмыс уақытының орташа ұзақтығы 1 106 сағатқа дейін (үздіксіз жұмыс істеуге 200 жыл) жетеді.

1. Биполярлық транзистордың принципін түсіндіріңіз.
2. Транзистордың негізгі жұмыс режимдері қандай?
3. Транзистордың негізгі жұмыс режимін сипаттаңыз.
4. Эмитенттің ізбасарларының артықшылығы қандай?
5. Тиристордың мақсаты қандай?
6. Негізгі интеграцияның мәні неде?
7. Интегралдық схемалардың түрлері қандай?

6.4. ТҮЗЕТКІШ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ. БІРФАЗАЛЫ ТҮЗЕТКІШТЕР

6.4.1. Түзеткіш құрылғы бөлшектерінің құрамы мен бағыты



Түзеткіш құрылғылар айнымалы токты токқа бір бағытта түрлендіруге арналған.

Тұтастай алғанда, түзеткіште күш трансформаторы, клапан, тегістеу сүзгісі және тұрақтандырғыш бар (6.16-сурет).

Түзеткіштің екі негізгі түрі бар: жарты және толық толқынды түзеткіштер.

Жеткізу желісінің фазаларының санына байланысты түзеткіштер бір фазалы және үш фазалы түзеткіштерге бөлінеді.

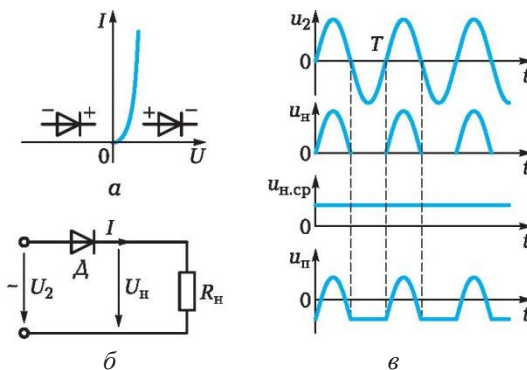
Реттегіштер басқарылатын және бақылаусыз болуы мүмкін.

Реттелетін реттегіштерде түзетілген кернеудің мәні реттелуі мүмкін. Көптеген электронды құрылғыларды жеткізу үшін қарапайым бақыланбайтын түзеткіштер қолданылады.



Сур. 6.16. Түзету құрылғысының құрылымдық сызбасы:

Тр — трансформатор; В — вентиль; СФ — түзеткіш фильтр; Ст — тұрақтандырғыш



Сур. 6.17. Біржартылай периодты түзеткіштер:

a — ВАХ диоды; $б$ — түзеткіш сызбасы; $в$ — қуат диаграммасының уақыты ^{*1}



Трансформатор ауыспалы кернеуді, мысалы 220 В, түзеткіштің шығысындағы қажетті тұрақты кернеуді, мысалы 20 В-ға теңдестіруге арналған.

Клапан ауыспалы кернеуді пульсирленген сүзгіге айналдырады, тегістеу сүзгісі түзетілген кернеудің жарқылын азайтады, тұрақтандырғыш жүк бойынша кернеу өзгермейді.

Бөлек тізімде түзеткіш тораптар болмауы мүмкін.

Түзеткіштің негізгі элементтері клапандар болып табылады - өткізгіштігі қолданбалы кернеудің полярлығына байланысты сызықты емес элементтер. Әдетте, жартылай өткізгіш диодтар клапандар ретінде қолданылады. 6.17, а.Суретінде ВАХ диоды көрсетілген.



Түзеткіштің негізгі параметрлері:

$U_{H,cr}$ - жүктемедегі орташа түзетілген кернеу;

$I_{H,cr}$ - жүктемедегі орташа түзетілген ток;

$p = U_{OCHmax} / U_{H,cr}$ - түзетілген кернеудің өршуі (U_{OCHmax} - түзетілген кернеудің іргелі гармоникасының амплитудасы);

$1/p$ - түзетілген кернеудің негізді гармоникасының (жиіліктің кернеуі) жиілігі.

6.4.2. Біржартылай периодты берфазалы түзеткіштер

Біржартылай периодты түзеткіш сызбасы 6.17, б. Суретте көрсетілген.



Ауыспалы кернеу трансформатордың қайталама орамасының 2-ші тізбегіне қосылған диодтың тізбегіне және жүктеме кедергісінің R_H тізбегіне беріледі. Позитивтік жарты кезеңде диод ашық және ток жүктеме арқылы өтеді. Теріс жарты циклде диод жабылып, жүктемедегі ток болмайды.

$$u = U_{2\max}/[p (1 + (p/2) \sin wt - (2/3)\cos 2wt - (2/15)\cos 4wt - (2/35) \cos 6wt - \dots)].$$

Жүктемеге орташа түзетілген кернеу

$$U_{H.c.p} = U_{2\max}/p = 0,32 U_{2\max} = 0,45 U_2.$$

Негізгі гармониканың амплитудасы $U_{OCH\max} = U_{2\max}/2 = 0,7 U_2$.

Жиелік коэффициент $p = U_{OCH\max}/U_{H.c.p} = \pi/2 = 1,57$.

Пульсация жиелігі $f_n = f$.

Әдетте, жарты толқындық түзеткіштер төмен қуатты жүктемені қамтамасыз ету үшін қолданылады.

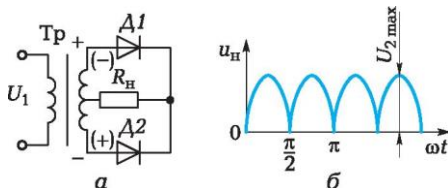
6.4.3. Екіжартылай периодты бірфазалы түзеткіш

Ең үлкен қолдану екі схема бойынша анықталды: Орташа нүкте және толық толқынды көпір түзеткіші бар трансформаторға негізделген түзеткіш.

Түзеткіш аралық нүктеге ие трансформаторға негізделген.

Бірфазалы толқындық түзеткіштің тізбегі $D1$ және $D2$ диодтарына салынған және жалпы жүктеме R_H (6.18, а) жұмыс істейтін жарты толқындық түзеткіштің екі тізбегі болып табылады.

Оң жартылай циклде ток $D1$ диодтың көмегімен және $D2$ диодына теріс әсер етеді. Нәтижесінде жүктеме кезеңіне екі жарты толқын кернеуі бөлінеді (6.18-сурет, б).



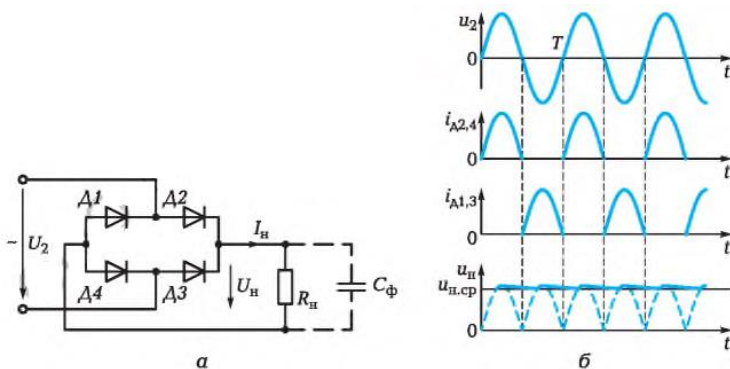
Сур. 6.18. Екіжартылайпериодты түзеткіштер:
а — сызба; б — қуаттың уақыт диаграммасы

Сызбаның жетіспеушілігі: трансформатордың кешенді құрылымы және оның тиімсіздігі. Бұл кемшіліктер түзеткіш тізбегінен айырылады.

Толқынды көпірді түзеткіш. Түзеткіш көпір тізбегіне қосылған төрт диодтан тұрады (6.19-сурет, а). U_2 кернеуіндегі кернеудің, диодтың токтарының және жүктеме бойынша кернеудің құрылымы 6.19, б. Суретте көрсетілген.



Көпір тізбегіндегі кернеудің оң жарты циклімен D2 және D4 диодтары ашық, ал ток жүктемені ауыстырады. Диод D1 және D3 осы сәтте жабылды. Кернеудің теріс жарты кезеңінде D2 және D4 диодтары жабылып, бірақ D1 және D3 диодтары ашылып, ток бірдей бағытта жүктеледі.



Сур. 6.19. Екіжартылай периодты түзеткіш:
а — сызба; б — қуат пен токтың уақытша диаграммасы

Нәтижесінде пайда болған синусоидальды емес функцияның фурье қатарына толық толқынды түзеткішті тек іргелі гармоника үшін рұқсаты бар ыдырауы төменде көрсетілген

$$U_H = 2 U_{2\max} / [p(1 - (2/3)\cos 2\omega t)].$$

$$\text{Жүктемеге орташа түзетілген кернеу } U_{Hcp} = \\ = {}^{2U_{2\max}}/p = 0,64 U_{2\max} = {}^{0,9U_2}.$$

$$\text{Негізгі гармоника амплитудасы } U_{OCH\max} = 4U_{2\max}/(3\pi) = 0,6U_2.$$

$$\text{Пульсация коэффициенті } p = U_{OCH\max}/U_{Hcp} = 2/3 = 0,67.$$

$$\text{Пульсация жиелігі } f_n = 2f.$$

Жарты толқындық түзеткішпен салыстырғанда бірфазалы толқындық түзеткіштің пульсация амплитудасы мен олардың үлкен жиілігінен аз жүктемеде орташа кернеуді қамтамасыз етеді, бұл фильтрлерді сүзу арқылы басып шығаруды жеңілдетеді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

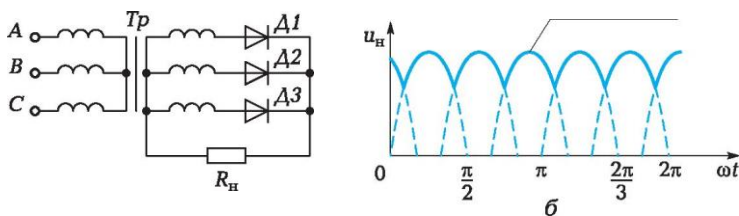
1. Түзеткіштің негізгі элементтерін тізімдеңіз.
2. Түзеткіштің негізгі параметрлерін атаңыз.
3. Жарты толқындық түзеткіш сұлбасын, токтар мен кернеулердің диаграммасын сызыңыз.
4. Толық толқындық түзеткішті және токтар мен кернеулердің диаграммасын сызыңыз.
5. Толық толқынды түзеткіштің жарты толқындық түзеткішпен салыстырғанда артықшылығы қандай?

6.5. ҮШФАЗАЛЫ ТҮЗЕТКІШТЕР. ТҮЗЕТКІШ ФИЛЬТРЛЕР

6.5.1. Үшфазалы түзеткіш сызбасы

Үшфазалы түзеткіштер тәжірибеде үш фазалық кернеуді түзету үшін кеңінен қолданылады. Жарты толқындық түзеткіштің қарапайым схемасы 6.20 а суретте.

Бұл жұлдызға қосылатын трансформатордың бейтарап нүктесі және екінші орамасы бар тізбек. Трансформатордың әрбір фазасында диод серияға қосылады. Диодтардың катодтары біріктіріледі. Жалпы катодты нүкте мен бейтарап нүкте арасында R_H жүктемесі қосылады.



Сур. 6.20. Үшфазалы біржартылай периодты түзеткіш: а — сызба; б — кернеудің уақытша сызбасы

Трансформатордың негізгі орамасын жұлдыз немесе үшбұрыш арқылы қосуға болады.

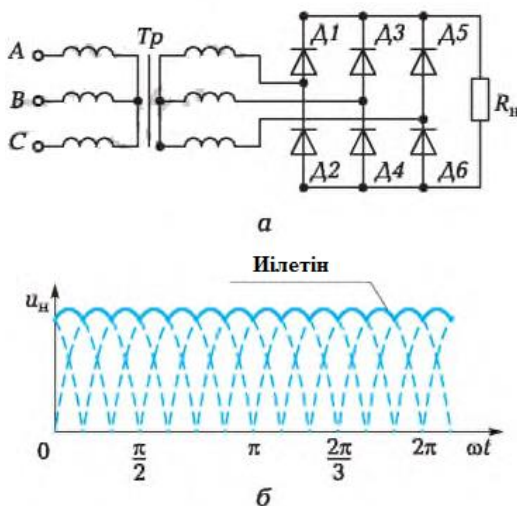
Ректификацияланған токтар диодтар арқылы анодты потенциалы бейтарап нүкте әлеуетінен жоғары болған кезде ғана өтеді. Берілген ток жүктеменің көмегімен барлық үш ағымның сомасы қосылады және конвертке байланысты өзгереді (6.20, б).

Жүктеме бойынша орташа кернеу $U_{н.ср} = 1,17U_2$.

Негізгі гармоника амплитудасы $U_{ОСНmax} = 0,29$ и₂ф.

Пульсация коэффициенті $p = 0,25$.

Пульсация жиелігі $f_n = 3f$.



Сур. 6.21. Үшфазалы екіжартылай периодты түзеткіш: а — сызба; б — кернеудің уақытша сызбасы

Кесте 6.2				
Сызба	$\zeta, p/u_2$	"осн max"	P	4//
Бірфазалы біржартылайпериодты	0,45	0,7	1,57	1
Бірфазалы екіжартылайпериодты	0,9	0,6	0,67	2
Үшфазалы біржартылайпериодты	1,17	0,29	0,25	3
Үшфазалы екіжартылайпериодты	2,34	0,13	0,057	6

Үшфазалы түзеткіштің тағы бір схемасы Ларионов схемасы ретінде белгілі. Бұл бір жүктемеде жұмыс істейтін үш көпірлік схема.

Суретте. 6.21, а - түзеткіш схема және сурет. 6.21, б - жүктеме кернеуінің уақыт диаграммасы.

Үш фазалы толық толқындық түзеткіште диодтар үшфазалы кернеудің әрбір фазасы үшін жартылай толқындарға жүктеме арқылы өтеді. Бұл жалғыз өзі түзетілген кернеудің көтерілуін айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді (6.21, б суреттегі конверттен қараңыз).

Жүктеменің орташа кернеулігі $U_{H-CP} = 2,34U_2$ ф.

Негізгі гармониканың амплитудасы $U_{OCHmax} = 0,13u_2$ ф.

Пульсация коэффициенті $p = 0,057$.

Пульсация жиілігі $f_n = 6f$.

6.2-кестеде қарастырылған түзеткіш схемалардың негізгі параметрлері көрсетілген. Сандар U_2 түзеткіштің кірісінде кернеуге және кернеудің қорек кернеу жиілігіне байланысты берілген.

Қүшті түзеткіштердің үш фазалы көпір тізбегінде басқарылатын клапанның тиристорлары кеңінен қолданылды. Олар реттелетін түзеткіштер деп аталады. Триистерді ашу сәттерін өзгерту, түзетілген кернеудің орташа мәнін реттеу оңай және үнемді.

6.5.2. Түзеткіш фильтрлері



Түзетудің айнымалы компонентін басу клапан мен жүк арасындағы кернеу сүзгісімен орнатылады.

Тегістеу сүзгісінің негізгі параметрі тегістеу коэффициенті болып табылады, ол оның ену және шығу кезінде өршуі коэффициенттерінің қатынасы бойынша анықталады:

$$S_{\Phi} = p_{\text{вх}} / p_{\text{вых}}$$

Кейбір құрылғыларда тегістеу сүзгілерін мүлдем қажет етпейді (мысалы, электрлік тұрақты ток қозғалтқышын беру үшін), басқаларында тегістеу факторы аз болуы мүмкін. Дегенмен, бірнеше электронды құрылғыларды қуаттандыру үшін электр қуатын берудегі пульсация коэффициенті $1 \cdot 10^{-6}$ аспауы керек, бұл үлкен тегістеу факторымен сүзгілерді орнатуды талап етеді.

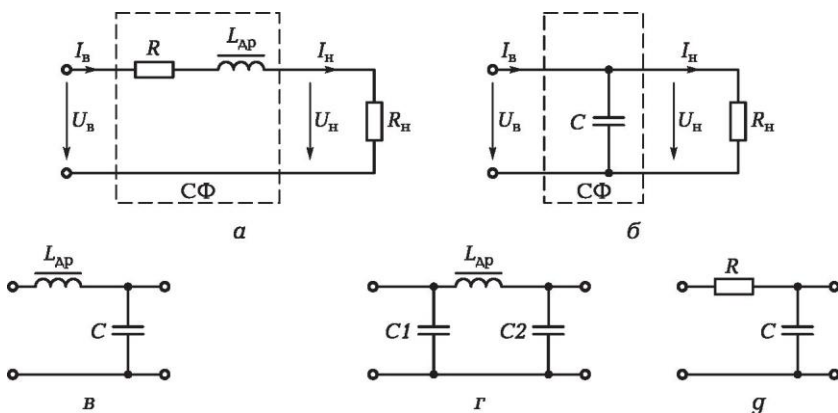
Ең қарапайым тегістегіш сүзгілер индуктивті және сыйымды.

Индуктивті фильтр (сурет 6.22, а) жүктемені қатарластырылған дроссель болып табылады.

Айтарлықтай индуктивті қарсылық $X_L = 2\pi f n L$ кернеудің айнымалы құрамдас бөлігін айтарлықтай төмендетеді, себебі тұрақты детектиннің белсенді кедергісі аз.

Дәл дәлдікпен біз $5\phi = 2\pi f n L / R_H$ аламыз.

Индуктивті сүзгілер әдетте жоғары қуатты төмен вольтты тізбектерде қолданылады.



Сур. 6.22. Фильтр сызбасы:

а — индуктивті; б — сыйымдылығы; в — Г-текес LC-фильтр; г — П-текес LC-фильтр; д — Г-текес RC-

Ыдыстық сүзгі (сурет 6.22, б) - жүктеме қатарлас жалғанған конденсатор. Айтарлықтай сыйымдылықпен түзілген ток ақаулығы компонентіне төзімділігі аз ($XC = 1 / (2\pi \cdot pC) \ll R_H$) және ол жүктемені айналып өтетін конденсатор арқылы өтеді. Жүктеме тек түзетілген ток тұрақты компонентін алады.

Сондай-ақ, жүктеменің кернеуі артып, диод ашық болғандығын және төмен кедергісі салдарынан конденсатордың дереу зарядталып жатқанын ескере отырып, пульсацияның қағидасын түсінуге болады. Кернеу төмендегенде, диод жабылады және конденсатор сыйымдылыққа қарағанда салыстырмалы түрде баяу разрядталады, бұл диодтың мәнінен үлкен.

Толық толқынды түзеткіш үшін жеткілікті дәлдікпен сыйымдылық сүзгісі бар, $D_p = 1.34 / C_p N$ деп санауға болады.

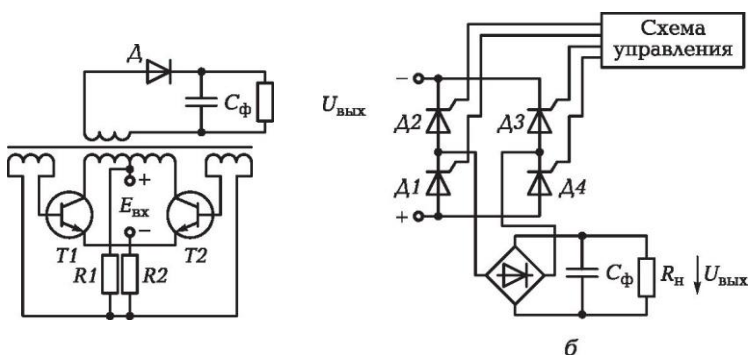
Сыйымдылығы жоғары сүзгілердің негізгі қолданылуы төмен қуатты жоғары қарсылық схемалардан табылды.

Жоғары сапалы тегістеуді қамтамасыз ету үшін индуктивті және сыйымдылық сүзгілері біріктіріліп, L-тәрізді (6.22, с) немесе U-тәрізді (6.22, d) LC сүзгілерін алу. Бұл жағдайда тегістеу коэффициенті сүзгі сілтемелерінің тегістеу коэффициенттерінің өнімі болып табылады. Төмен қуатты көздерде L-тәрізді RC сүзгісі қолданылады (6.22-сурет, d).

6.5.3. Инверторлар

Түзеткіш құрылғыларды, инверторларды, дистанцияны қажетті жиіліктен айналымы токқа айналдыратын құрылғылардан басқа, технологияда кеңінен қолданылады. Олар бір қуатты (мысалы, төмен) тұрақты кернеуді басқа шаманың тұрақты кернеуіне (мысалы, жоғары) түрлендіру үшін тұрақты ток беру жүйелерінде қолданылады. Трансатор транзисторлар немесе тиристорлар ретінде пайдаланылатын контактсыз электронды кілттерге байланысты жүзеге асырылады.

Электр қуатының төмен қуатында әдетте транзисторлық схема қолданылады. Суретте. 6.23, а транзисторлардағы оң трансформатор кері байланысымен түрлендіргіштік тізбекті көрсетеді. Соңғысы инвертордың өзін-өзі қозғауына және оның шығуындағы биполярлы тікбұрышты импульстердің пайда болуына әкеледі.



Сур. 6.23. Инверторлер:
а — транзисторда; б — тиристорда

Бұл жағдайда транзисторлар негізгі режимде жұмыс істейді. Егер олардың біреуі ашық, екіншісі жабық болса, трансформатордың шығыс орамасына қосылған сүзгісі бар түзеткіш инвертор шығысындағы басқа мәннің тұрақты кернеуін қамтамасыз етеді.

Жоғары қуат тізбектерінде көпір тізбегіне енгізілген тиристорлар коммутациялық элементтер ретінде пайдаланылады (6.23, б). Басқару схемасы тиісті қосреторлық жұптың (D1 - D3 немесе D2 - D4) баламалы ашылуын қамтамасыз етеді, осылайша көпірдің бір диагоналынан тұрақты кернеуді екінші диагональ бойынша ауыспалы кернеуге түрлендіреді. Алынған ауыспалы кернеу қайта түзеткіштің көмегімен тұрақты, бірақ әртүрлі мәнге ие болады, ол тиристорлардың ашылу бұрышымен анықталады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Үшфазалы түзеткіш диаграммаларды және уақыт диаграммаларын сызыңыз.
2. Үшфазалы түзеткіштің екі схемасын салыстырмалы бағалау.
3. Сүзгіні тағайындауды және оның негізгі параметрін көрсетіңіз.
4. Индуктивті және сыйымдылық сүзгілерінің принципін түсіндіріңіз.
5. Инвертордың мақсаты қандай?
6. Инвертордың жұмысының негізі принципін қандай?

6.6.1. Тұрақтандырғыштың негізгі параметрлері, түрлері мен қолдану бағыты

Бірқатар тұтынушылар үшін тұрақты қорек кернеу тобы қажет. Мысалы, радионы күшейту және радиобайланыс станциялары, тұрақсыздық 2 ... 3%, Электрондық микроскоп үшін тұрақсыздық аспауы керек 0.005% және тікелей ток күшейткіштері үшін және кейбіреуі жоғары дәлдік класындағы өлшеу құралдары - 0.001% артық емес.



Тұрақтандырушы факторлар кернеудің өзгерісі болып табылатын токты, жүктеме токты $7H$, қоршаған ортаның температурасын, қоршаған ортаны және т.б. қамтамасыз ету үшін арнайы құрылғылар пайдаланылады – ол тұрақты кернеу тұрақтандырғыштары.

DC тұрақтандырғышын реттеп, жүктемедегі электр тогының кернеуін салыстырмалы тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін, оның шығысы мен жүктемесі пайдаланылады.



Ис-әрекет принципіне сәйкес тұрақтандырғыштардың бөліну жолы:

- параметрлік,
- компенсациондік.

Параметрлік тұрақтандырғыштарда кернеуді тұрақтандыру ток кернеуінің арнайы сызықтығы арқылы қамтамасыз етіледі реттеуші элементтің сипаттамалары.

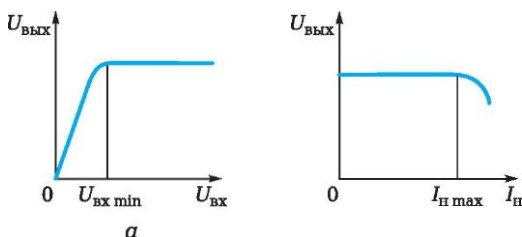
Осындай сызықтық емес реттеулер сияқты кеңінен таралған элементтері жартылай өткізгіш зерер диодтарын пайдаланады.



Өтемақы тұрақтандырғыштарында тұрақтандыру теріс кернеулі кері байланыспен қамтамасыз етіледі. Мұндай тұрақтандырғыштар - жүйенің

автоматты шығу кернеуін реттейді.

Нақты стабилизаторларда кіріс кернеуі өзгерген кезде, UBX немесе ток $7H$ шығыс кернеуін жүктеу Екі кернеу арқылы жүзеге асады. UBX өзгергенде // шығу өзгерісінің табиғаты 6.24, а Суретінде, ал $1H$ өзгеруіне байланы, 6.24, б. Суретінде көрсетілген.



Сур. 6.24. Тұрақтандырғыштың шығуындағы кернеудің өзгеруі:

a — ұсынылған кернеудің өзгерісі кезінде; *б* — жүктеме тогының өзгерісі кезінде

Кернеуді тұрақтандыру сапасын сипаттайтын негізгі параметр - Кст. Тұрақтандыру коэффициенті.



Кіріс кернеуі бойынша тұрақтандыру коэффициенті кіріс және шығыс кернеулеріндегі салыстырмалы өзгерістердің қатынасы бойынша анықталады.

$$\gamma_H = K_{ст1} (A_{Кену} / U_{ШЫҒУ.НОМ}) / (A_{Кшығу} / U_{ВМК.НОМ})^{8U_{ЕНУ}/8U_{ШЫҒУ}},$$

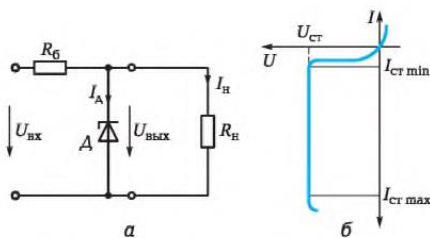
мұнда $8U_{ВХ}$, $8U_{ВЫХ}$ — салыстырмалы өзгерістер, тиісінше, кіріс және шығыс кернеулері.

Басқа жағдайларда ток тұрақтандыру коэффициенті пайдаланылады, ол жүктеме тогының салыстырмалы өзгеруінің мәндері 87 Н және шығыс кернеуі $U_{ВХ} = \text{const}$ кезінде 8 В:

$$K_{ст2} = (A_{4/4.НОМ}) / (A_{ШЫҒУ/ШЫҒУ.НОМ}) = 84 / (8 \text{ шығу}).$$

6.6.2. Параметрлік тұрақтандырғыш

Параметрлік тұрақтандырғыштың қарапайым схемасын 6.25, а Суретінен көре аламыз.



Сур. 6.25. Параметрлік тұрақтандырғыш:
 a — сызба; $б$ — вольт-амперлік сипаттама



Стабилитронның ВАХ жұмыс бөлігі оның артқы бөлігінің электр бөліктерінің учаскесі болып табылады, онда кернеу ауқымнан кең ауқымда өзгерген кезде кернеу өзгермейді (6.25, б).

Зенердің диодтың ең маңызды параметрлері: U_{CT} — тұрақтандырғыш кернеуі;

$I_{CT\min}$ — стабилитронның минималды тогы;

$I_{CT\max}$ — стабилитронның максималды тогы.

Параметрлік тұрақтандырғыштар үшін, КСТ құны әдетте бірнеше оннан аспайды. Тұрақтандырғыштың тиімділігі 10% -дан аспайды.

6.6.3. Компенсационды тұрақтандырғыш

Тұрақтандырғыштың құрылымдық схемасы 6.26, а Суретте көрсетілген.

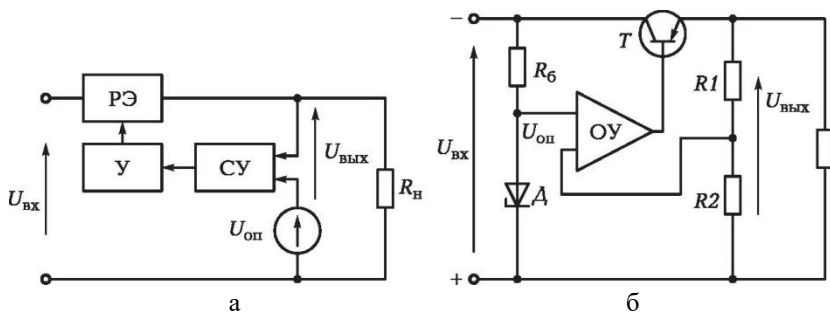


Тұрақтандырғыш реттеуіш элементінен (RE), күшейткіштен (U), компаратордан (SS) және $U_{оп}$ сілтеме (анықтамалық) кернеу көзінен тұрады.

Кейбір элементтер жиі біріктіріледі. Мысалы, күшейткіш бір мезгілде салыстырмалы құрылғының функцияларын орындай алады.

Тұрақтандырғыш жұмыс істеп тұрғанда, оның шығыс кернеуі $U_{оп}$ эталондық кернеумен салыстырылады.

Егер берілген деңгейден ауытқып кетсеңіз, салыстырмалы құрылғының шығуында теңгерімсіздіктің электрлік сигналы пайда болады.



Сур. 6.26. Компенсационды тұрақтандырғыштың сызбасы:
а — структурная; б — электрическая

Бұл сигнал күшейіп, оның қарсылығын тиісті түрде өзгерткен реттеуші элементтің енуіне кіреді. Кіріс кернеуінің артуы кезінде реттеуші элементтің қарсылығын жоғарылайды, кернеу азаяды. Процесс тепе-теңдік белгісі нөлге айналғанға дейін жалғасады. Бұл жағдайда шығу кернеуі бастапқы мәнді қабылдайды.

Компенсациялық тұрақтандырғыштың электр схемасы 6.26, б. Сызбада көрсетілген.

Транзисторлық Т реттелетін элемент ретінде пайдаланылады және жұмыс күшейткіші (ОА) салыстыру құрылғысы мен күшейткіш ретінде пайдаланылады, эталондық кернеу көзінен бір сигнал кіреді - параметрлік тұрақтандырғыш (R6-D) және басқа бөлік шығыс кернеуі R1-R2 бөлгішінен алынады.

Өтемдік тұрақтандырғыштар параметрлік тұрақтандырғыштарға қарағанда жоғары сипаттамаларға ие: тұрақтандыру коэффициенті бірнеше мыңға жетуі мүмкін, тиімділігі - шамамен 70%.

Күшейткіштің күшеюі неғұрлым жоғары болса, тұрақтандыру коэффициенті неғұрлым көп болса және тұрақтандырғыштың шығу импедансынан аз болса.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Кернеу реттегіштерінің екі негізгі түрін атаңыз.
2. Параметрлік тұрақтандырғыштың жұмысына не жатады?
3. Сыйақы тұрақтандырғышының жұмысының негізі қандай?
4. Тұрақтандырғыштың негізгі параметрі қандай?

КҮШЕЙТКІШ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ. КҮШЕЙТКІШТІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦІПІ МЕН ЖҰМЫС ТӘРТІПТЕМЕСІ

6.7.1. Мақсаты мен жіктелуі

Біз қарастыратын жартылай өткізгіш аспаптар ең көп электрондық күшейткіштерде кеңінен қолданылады. Күшейткішті біз жақсартатын құрылғы деп түсінеміз.



Электр энергия көздерінің энергиясына байланысты электр сигналдарының қуат көзі.

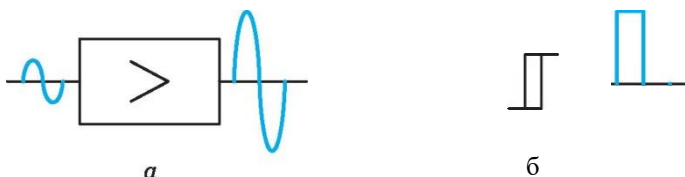
Жұмыстың табиғаты бойынша күшейткіштердің шығыс сигналы кіріс сигналына пропорционалды болатын сызықпен (пропорционалды) бөлінеді (6.27, а);

- шығыс сигналының пішіні кіріс сигналының пішінінен ерекшеленетін реле, егер кіріс сигналы алдын ала белгіленген деңгейге жеткенде шығыс сигналы пайда болады (6.27, б). Айрықша мақсаттарға байланысты:

- ток күшейткіші;
- кернеу күшейткіші;
- қуат күшейткіші.

Сигнал спектрінің сипатына сәйкес, күшейткіштер мынадай түрде бөлінеді:

- кеңжалақты байланыс (ШУ) - Герцтен бастап он мегагерцке дейін;
- тұрақты ток күшейткіштері (DCTs) - тұрақты электрлік сигналдарды күшейтеді, сондай-ақ Герц бастап бірнеше килогерцке дейінгі айнымалы жиілікті;
- төмен жиілік (ULF) - 10 Гц-ден 20 кГц дейін;
- Таңдаулы (IW) - электр сигналдарын тек бір жиілікті күшейтеді.
- Күшейткіш сатыларының арасындағы байланыс болуы мүмкін:



Сур. 6.27. Күшейткіштер:
а — сызықты; б — релейлі

- гальваникалық - UPT-те пайдаланылады (тек резисторлар);
- реостат-сыйымдылық (RC-байланыс) - ULF-де пайдаланылады SHU;
- Трансформатор - ULF және IU-де пайдаланылады.

6.7.2. Параметрлері мен сипаттамалары

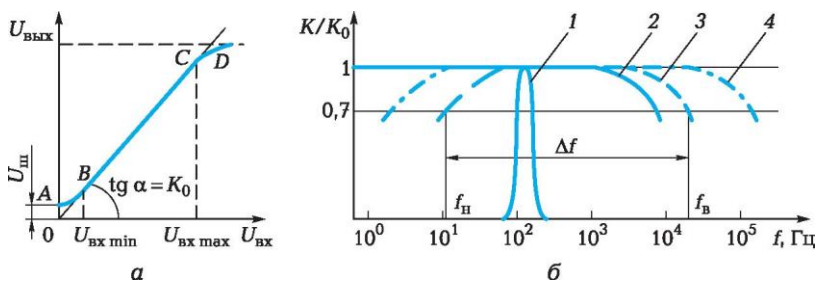
Күшейткіштің күшейту қасиеттерін сипаттайтын негізгі параметрлердің бірі - бұл пайда.

$U_u = u_{ov} / u_{vx}$ кернеуіне күшейту коэффициентінің арасындағы айырмашылықты анықтаңыз, яғни, кернеудің айнымалы құрамдас бөлігінің қатынасы кіріс кернеуінің айнымалы компонентіне және ағымдағы күшейту коэффициенттері K_j және қуаты K_R – коэффициенті шығыс және кіріс токтары мен қуатына байланысты. Көп қабатты күшейткіштердің пайдасы тең каскадтардың әрқайсысының пайдасы: $K = \prod K_i$.

Күшейткіштердің қасиеттері де бағаланады:

амплитудасы $u = f(U_{BX})$, ол орташа жиілікте алынып тасталады (6.28-сурет, а). А нүктесі $U_{BX} = 0$, яғни, сәйкес келеді. U_0 (шу кернеу) = $i_{v_{yH}}$ шығару, нүкте Сәйкесінші U_{BXmin} , сегмент BC күшейткіштің сызықтық ауқымына сәйкес және K_0 анықтайды - орта жиілігі пайда нүктесі D сызықтық емес бұрмалану алдын ала белгіленген теңдіктен аспайды, онда ол ең жоғары кернеуге сәйкес болады (мысалы, 5%);

Жиілік сипаттамасы - тұрақты кіріс сигналымен сызықтық диапазонында алынады және әдетте логарифмдік шкала бойынша бейнеленеді $K / K_0 = y(F)$.



Сурет 6.28. Тұрақтандырғыш сипаттамасы:

а — амплитуділік; б — жиі ІУ (қисық 1), УПТ (2), УНЧ (3) және ШУ (4)

Жиілік жауабы K / K_0 қатынасы тек белгілі бір жиілік диапазонында тұрақты болып қалатынын көрсетеді. Жоғарғы және төменгі жиіліктер f_B және f_H арасындағы диапазон $Df = f_B - f_H$ күшейткіштің кедергісін анықтайды, ол K / K_0 ең жоғарғы коэффициентінің 0,7 деңгейінде болады.

6.7.3. Жұмыс тәртібі



Кіріс сигналының амплитудасы мен A (6.29, а) жүктемелік желісіндегі жұмыс нүктесінің P (демалыс нүктесі) күйіне қарай, күшейткіш жұмыс істей алады:

- сызықты режимде (A сыныбы) - жүктеу желісінің орта бөлігінде P нүктесі және $2IB_{x\max} < (1b_n - 1b_0)$. Бұл кернеу күшейткіштерінің негізгі режимі. Бұл режимдегі тиімділік шамамен 25% құрайды;

- B класының режимі, жүктеу сызығының төменгі бөлігіндегі P нүктесі (B нүктесімен сәйкес келеді) және $IB_{x\max} < (1b_n - 1b_0)$. Бұл режимдегі тиімділік шамамен 70% құрайды. Бұл режим екі соққы күш күшейткіштерінде қолданылады;

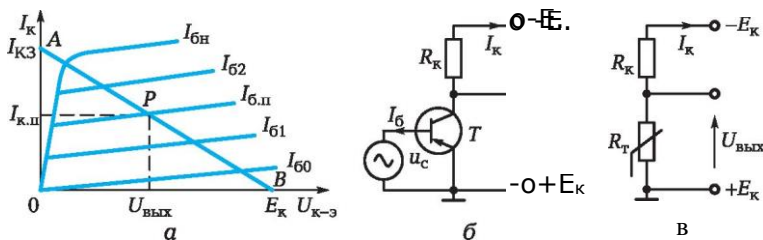
- кілт режимі (сынып D), $IB_{x\max} \gg (1b_n - 1b_0)$. Шығу сигналының тікбұрышты пішіні бар, тиімділігі шамамен 95% құрайды. Бұл режим импульстік автоматтандыру құрылғыларында қолданылады.

6.7.3. Жұмыс тәртібі



Жартылай өткізгіш күшейткіштің негізгі элементтері (сурет 6.29, б):

- транзисторлық T - бақыланатын $I-V$ сипаттамалары бар белсенді элемент, ол сигналдарды күшейтуге қабілетті;



Сур. 6.29. Күшейткіштің жұмыс істеу тәртібі:

а — ВАХ транзисторы мен жүктемесі; б — күшейткіштің электрлік сипаттамасы; в — ауыстыру сызбасы

белсенді элементі бар қатарға енгізілген R_K жүктемесі;

қуат көзі E_K .

Суретте. 6.29, с - күшейткішті ауыстыру үшін баламалы схемасы, транзистор Т - сызықты емес қарсыласу R_T бар резистормен ұсынылған. Мұндай схеманы талдау транзистордың нақты I - V сипаттамасын және резистордың айнымалы ток кернеуінің сипаттамасын қолдана отырып жүргізілуі мүмкін. Соңғы екі нүктеден тұрады: бос (XX) $1k = 0$, $uv = E_K$ (t.V) және қысқа тұйықталу (K3) $IK = IV3 = E_K / R_K$, $Nout = 0$ (T.A).

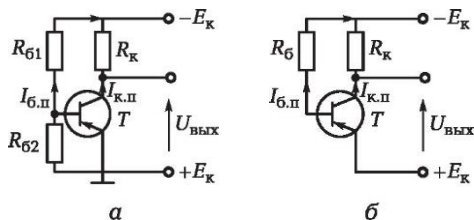
Бастапқы күйінде $t = \tan$ (6.29-суретті қараңыз, а). Сонда $IK = IK.n$ және $Nout = E_K - IK.nR_K$. $1b$ өсуі коллектордың IK -нің өсуіне және тиісінше $URK = IKR_K$ -ға ұлғаюына және $Nout = E_K - IKR_K$ -ның төмендеуіне әкеледі. I_B -нің төмендеуі IK -нің төмендеуіне әкеледі және тиісінше IK -ның өсуіне әкеледі. Осылайша, жаңа және UBX фазасынан тыс өзгереді. Жүктеу желісіндегі жұмыс нүктесін қалай түзетуге болады?



Жұмыс реті екі жолмен белгіленуі мүмкін:

- негізгі дивизорды пайдалану (6.30 сурет, а);
- базалық токты пайдалану (6.30 сурет, б).

Қосарланған көзге параллель қосылған R_{61} - R_{62} негізгі бөлгіш, R_{62} арқылы резистор арқылы кернеудің төмендеуін тудыратын ток арқылы ағымды қамтамасыз етеді. R_{61} және R_{62} кедергілерінің қатынасына байланысты, Р нүктесі кез келген нүктеде А және В нүктелерінің арасындағы жүктеме сызығында орналасуы мүмкін (6.29-суретті қараңыз, а).



Сур. 6.30. Жұмыс нүктесінің сызбасы:
а — негізгі бөлгіш көмегімен; б — негізгі ток көмегімен



Транзисторлардағы күшейткіштің жетіспеушілігі транзисторлардың температуралық сипаттамаларына тәуелділігі болып табылады.

Бұл термалды тұрақтандырудың арнайы схемаларын пайдалануды талап етеді, олардың негізгі бөлігі ток пен кернеудің тұрақты компоненттеріне теріс кері байланыс енгізу жолымен жүзеге асырылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Күшейткіштер қандай және олар қалай жіктеледі?
2. Күшейткіштің негізгі параметрлері мен сипаттамалары қандай?
3. Күшейткіштің негізгі жұмыс режимдері қандай?
4. Күшейткіш қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
5. Күшейткіштердегі жұмыс нүктесін бекітудің диаграммасын сызыңыз.

6.8.

КҮШЕЙТКІШТІҢ КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ. КҮШЕЙТКІШ СИПАТТАМАСЫНА КЕРІ БАЙЛАНЫСТЫҢ ӘСЕРІ

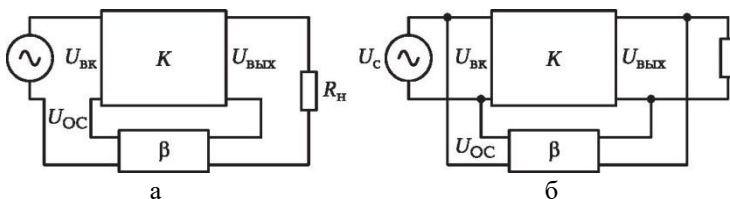
6.8.1. Кері байланыс түрлері



Күшейткіште кері байланыс (ОС) - күшейткіштің кірісіне шығыс сигналының әсері.

Кері байланыс құрамдас сигнал құрамдасымен қатар айнымалыға қатысты қатарлы (сурет 6.31, а) және параллельді болуы мүмкін (6.31, б).

Тізбекті беру коэффициенті $b = U_{oc} / U_{ВНХ}$ формуласымен анықталады, яғни, күшейткіштің кірісіне күшейткіштің шығу кернеуіне қолданылатын U_{oc} кернеуінің қатынасы. Ол күшейткіштің кіріс сигналының қанша бөлігін қамтитынын көрсетеді.



Сур. 6.31. Күшейткіштегі кері байланыс:
а —дәйекті; б — параллельді

Егер ОС сигналы кіріс сигналымен ($P > 0$) фазада енгізуде қолданылса, антифазада ($P < 0$) теріс болса, ОЖ оң болады. Кері байланыс күшейткіштің пайдасына әсер етеді.

$P > 0$.



Онда күшейткіш коэффициенті ОС тең болады.

$$K = U_{\text{ВЫХ}} / U_{\text{ВК}}$$

ОС болған жағдайда $U_{\text{ВХ}} = U_c + U_{\text{ОС}}$

$$K_{\text{ОС}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{(U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ОС}})} = \frac{(U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}})}{(1 - U_{\text{ОС}}/U_{\text{ВХ}})} = \frac{K}{(1 - PK)}$$

Сонымен

$$K_{\text{ОС}} = K / (1 - PK),$$

ОС күшейткіштің күшейту коэффициентін арттырады.

$PK = 1$ кезде, ОЖ сыни деп аталады, өйткені осы сәтте, $U_{\text{ВХ}} = 0$ үшін күшейткіш $U_{\text{ВМ}} \rightarrow 0$ болса, демек ол өзін-өзі қоздыру (генерациялау) режиміне енеді.

Күшейткіштерде оң ОЖ іс жүзінде пайдаланылмайды, ол тек автоматтық генераторларда қолданылады.

$P < 0$.

Содан кейін кіріс сигналының кернеуі

$$U_{\text{ВХ}} = U_c - U_{\text{ОС}},$$

бұдан

$$K_{oc} = I_{вых}/I_c = K/(1 + p K).$$



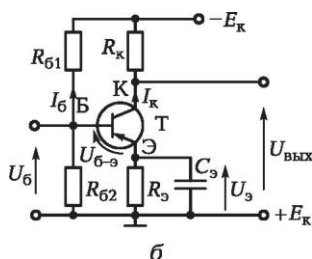
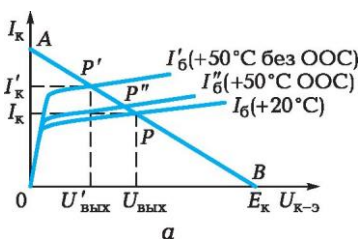
Теріс кері байланыс (ООС) күшейткіштің күшейту коэффициентінің азаюына алып келеді, бұл оның жұмысының тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді. Әр түрлі жұмыс жағдайында өзін-өзі қоздыруды болдырмайды (кернеудегі өзгерістер, қоршаған ортаның температурасы, іркіліс болған жағдайда элементтерді ауыстыру және т.б.).



Тікелей ток арқылы ООС енгізу қоршаған ортаның температурасы өзгерген кезде күшейткіштің тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

6.8.2. Термотұрақтандыру принципі

Транзистордың температурасы жоғарылағанда, транзистордың IV сипаттамалары (6.32, а) жоғары қарай жылжиды (ООС-ден $+50^\circ\text{C}$), ал қалған нүктесі Р сызығына дейін жүктеме желісі бойымен қозғалады, коллекторлық ток (I_c) артады. Бұл шығыс кернеуінің төмендеуіне әкеледі ($U_{вых}$). Бұны болдырмау үшін R3 резисторы эмитент тізбегіне қосылады (Сурет 6.32, б). Ол ООС-ды коллекторлық токқа қатысты қамтамасыз етеді, өйткені $U_{э}$ кедергісі R3 кедергісінен алынған, шығыс тогына пропорционалды. Коллекторлық ток ұлғайту R3 кедергісінде кернеудің төмендеуіне әкеледі. R62 кедергісіндегі $U_{б-э}$ кернеуінің төмендеуі температурадан тәуелді болмағандықтан, $U_{б3} = U_{б6} - U_{э}$ транзисторының базасы мен эмитері арасындағы кернеу төмендейді. Бұл базалық тогының 7 д-қа дейін төмендеуіне әкеледі және жұмыс нүктесі R нүктесіне жақын Р нүктесіне ауысады. Осылайша, $U_{вм}$ шығыс кернеуі іс жүзінде өзгермейді.





ООС сонымен бірге күшейткіштің жиілік сипаттамаларын жақсартуға, яғни өткізу жолағының енін көбейтуге, шығыс кернеуіндегі сызықты емес бұрмалануларды азайтуға, кіріс кернеуін жоғарылатуға және күшейткіштің шығу кедергісін $(1 + RC)$ уақыттарда азайтуға мүмкіндік береді.

Суретте көрсетілген схемада. 6.32, b ООС тұрақты және айнымалы ток үшін беріледі. Тұрақты токтың тұрақты токі термалды тұрақтандыру тізбегі болып табылады. АС айнымалы ток күшейткіштің тұрақтылығын жақсарту үшін қолданылады.

Егер қандай да бір себептермен айнымалы токтың EOS қажет етілмесе (тізбек тұрақты түрде жұмыс істейді және К коэффициенті соншалықты аз болса), онда резистор Я зарядтаушы конденсатор арқылы тартылады, ол арқылы эмитент токінің айнымалы компоненті өтеді.

Төменгі шекара жиілігінде / n, сыйымдылықтың кедергісі H_g кедергісінен аз шамалы тәртіпте болуы керек. Шунттағы конденсатордың сыйымдылығы берілген

$$C_3 = (10...20)/(2\pi \cdot n \cdot D_3)$$

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Күшейткіштегі пікірлер қандай және олар қалай жіктеледі?
2. Он кері байланыс енгізудің нәтижесі қандай?
3. Теріс кері байланыстың негізгі мақсатын көрсетіңіз және күшейткіштің параметрлеріне әсерін түсіндіріңіз.
4. Күшейткіштердегі жылуды тұрақтандыру принципін түсіндіріңіз.

6.9

КЕРНЕУДІҢ КӨПКАСКАДТЫ КҮШЕЙТКІШІ

6.9.1. Көпкаскадты байланыс түрлері

Қарастырылған бір сатылы күшейткіштер, әдетте, бірнеше децибелдің тәртібін кернеудің жоғарылауына ие. Дегенмен, көптеген өнеркәсіптік электроника құралдары жиі әлдеқайда көп пайда әкеледі (жүздеген немесе тіпті мыңдаған). Бұл жағдайда көп сатылы күшейткіштер пайдаланылады, жалпы күшейту коэффициенті жеке каскадтардың күшейту коэффициенттерінің өнімі болып табылады:

$$K = K_1 K_2 \dots K_n$$

Сондай ақ бір-бірімен жеке каскадты қосуға болады:

- RC-байланысы;
- Трансформаторлық байланыс;
- Гальванды байланыс.

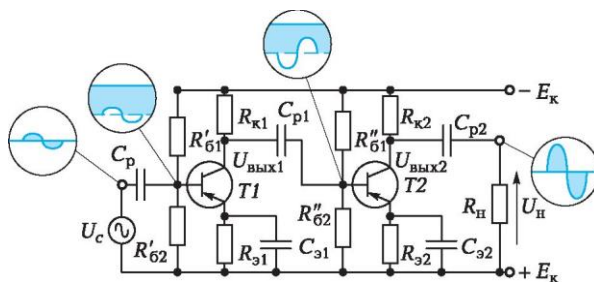
6.9.2. RC-байланысымен күшейткіштер



Кернеу күшейткіштері бойынша ең үлкен үлестіру RC-байланысы бар көп сатылы күшейткіштер пайдаланылды (6.33-сурет). Каскадтардың арасындағы қарым-қатынастар байланысты бөлгіш конденсатор C_p және коллекторлық резистор R_c .

C_{p1} конденсаторы айнымалы құрамдас бөлікті $Pv1$ бірінші каскадтың шығыс кернеуін тұрақты компонентті коллектордан жеткізеді, яғни $Pv1$ кернеуі C_{p1} конденсаторы арқылы келесі сатыға кіреді.

C_{p2} конденсаторы күшейткіштің шығуына (жүктеме R_H) тұрақты компонентті өткізбейді және C_p конденсаторы күшейткіштің кіріс схемасындағы сигнал көзінің импеданс әсерін жоққа шығарады. Күшейткіштің жеке нүктелерінің толқындық формасы шеңберлердегі түйіндер түрінде болады.



Сур. 6.33. Каскадтар арасындағы RC-байланысымен екі сатылы күшейткіш схемасы

6.9.3. Трансформатор байланысымен күшейткіштер



Каскадты трансформатор арқылы жалғанған кернеу күшейткіштері трансформаторлық қосылыстары бар күшейткіштер деп аталады (6.34-сурет).

UBX кіріс кернеу болмаған жағдайда, Tr2 және Tr3 негізгі тотығы коллекторы тиісінше T1 және T2 транзисторларының коллекторлық ағымдарынан өтеді.

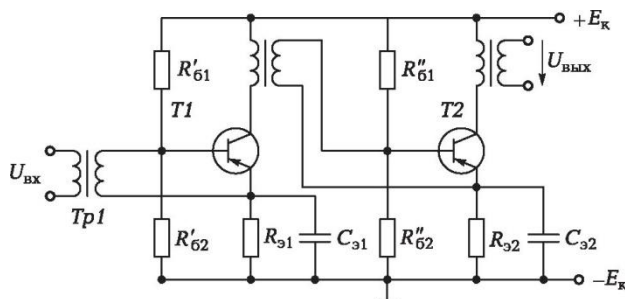
Екінші орамаларда кернеу нөлге тең болады (трансформатор кернеудің кернеуін қайталама орамаға ауыстырмайды).

Егер UBX айнымалы кернеу кірісінде әрекет етсе, онда Tr1 қайталама орамасында бірінші кезеңнің кірісіне берілетін ауыспалы кернеу болады.



Бастапқыда, сондықтан екінші реттік орамдағы Tr2-де келесі кезеңнің кірісіне берілетін ауыспалы кернеу болады және т.б. Трансформаторды қолданудың арқасында коллекторлық жабдықтың тұрақты құрамы келесі каскадтың кірісіне кірмейді.

Трансформатор қосылымымен күшейткіштердің артықшылығы - транзисторлардың қайталама орамасының қысқаштарын ауыстырып, 180° шығу сигналының фазасын өзгерту мүмкіндігі. Tr2 Tr3



Сур. 6.34. Трансформатор байланысымен күшейткіш схемасы

6.9.4. Гальваникалық байланысымен күшейткіштер



Герцдің фракцияларынан жиіліктегі сигналдарды күшейту қажет болған жағдайларда каскадтардың арасындағы байланыс тізбектеріндегі реактивті элементтерді қолдану мүмкін болмайды (С сыйымдылығы өте үлкен болуы керек). Байланыс схемасында бұл жағдайда резисторлар қолданылады. Осы принцип бойынша салынған күшейткіштер гальваникалық байланысы бар күшейткіштер деп аталады. Олар DC күшейткіштері болып табылады.

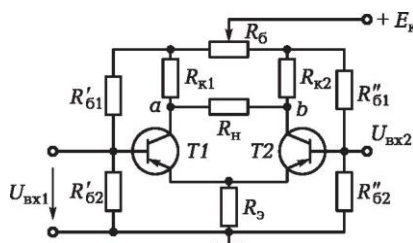
Оларда тұрақты және ауыспалы компоненттердің бөлінуі компенсация әдісімен жүзеге асырылады (кірісінде сигнал жоқ болса, жүктемеде ток нөл болуы керек). Бұл жағдайда төрт көпір қағидаты бойынша құрылған UPT теңгерімделген схемалары пайдаланылады (6.35-график).

Жүктеме екі көпірдің қолы ретінде әрекет ететін екі транзисторлардың T1 және T2 коллекторлары арасында қосылады. Көпірдің басқа екі жақшасы Rk1 және Rk2 коллекторының резисторлары болып табылады. Егер T1 және T2 транзисторларындағы потенциалдар бірдей болса ($\varphi_a = \varphi_b$), онда жүктемеде ток жоқ.

Резистор R6 коллекторлардағы схеманы теңдестіруге арналған. Температураны тұрақтандыру транзисторлардың R3 резисторы үшін ортақ болғандықтан жүзеге асырылады.

Ubx1 кіріс сигналы транзистордың T1 базасына (базаның әлеуеті) беріледі, T2 тұрақты және бөлгіш R'6 \ - Rg'2 арқылы анықталады. Бұл жағдайда кіріс сигналының амплитудасы мен белгісіне пропорционалды жүктеме пайда болады. Егер басқа кіріс сигналы Ubx2 транзисторлар T2 негізіне қолданылса, шығыс сигналы кіріс сигналдарының айырмашылығына пропорционал болады:

$$U_{BMX} = K U(U_{BX1} - U_{BX2}).$$



Сур. 6.35. Гальваникалық байланысымен күшейткіш схемасы

Екі кіру жолы бар күшейткіш дифференциалды кіріс күшейткіші деп аталады. Әдетте, мұндай күшейткіш бірнеше сатыға ие, бұл айтарлықтай табысқа қол жеткізуге мүмкіндік береді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Көп сатылы күшейткіштердің басты мақсаты қандай?
2. Күшейткіштердегі өзара байланыс облигацияларының түрлерін атаңыз және оларды сипаттаңыз.
3. Көп сатылы күшейткіш схемасы арқылы сигналдың дәйектілігін түсіндіріңіз.

6.10.

ҮЗДІКСІЗ ТОКТЫҢ КҮШЕЙТКІШІ МЕН ҚУАТ КҮШЕЙТКІШІ

6.10.1. Операционды күшейткіштер

Тікелей ток күшейткіштері ретінде кең қолданысқа
микросхемалардағы операциялық күшейткіштер қабылданды.



Операциялық күшейткіштер екі кіріс (+) және кері (-) жоғары пайда (жүздеген мың) күшейткіштері болып табылады. Шығу сигналы осы кіріс кернеуінің айырмашылығына пропорционалды.

Кернеу әрқашан екі сымды желі арқылы берілетіндіктен, оны күшейткіштің екі кірісіне немесе күшейткіштің нөлдік нүктесіне қатысты кірістердің біреуіне қолдануға болады. Шығу сигналы да осы нөлдік нүктеге қатысты жойылады. Егер кернеу тек тікелей кіріске (+) қолданылса, онда $u_v = KUUB \wedge 1$ және кері жағдайда ғана (-) болса, онда $u_v = -KUUB \wedge 2$.

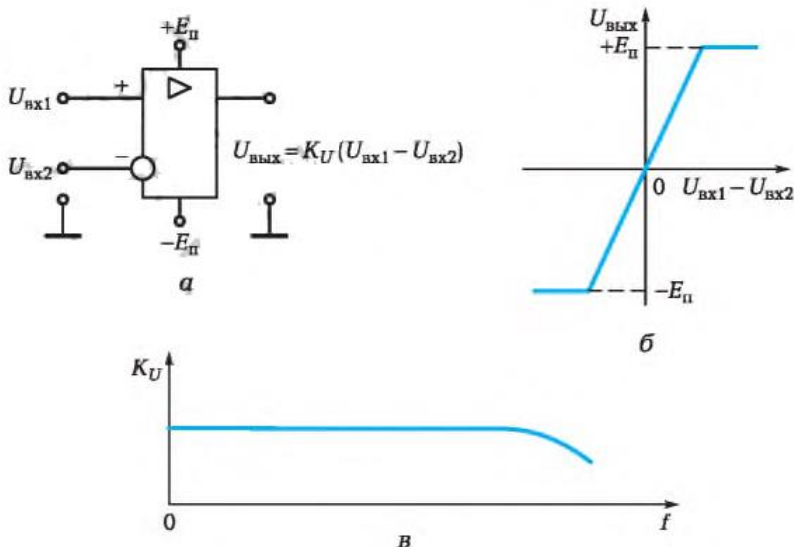
6.36 Суретте схема диаграммалары, оның амплитудасы мен жиілік сипаттамалары бойынша жұмыс күшейткіштің әдеттегі нұсқауын көрсетеді. Кіріс сигналына байланысты, жұмыс күшейткіштің шығу кернеуі оң немесе теріс болуы мүмкін, ол екі кернеу көзінен +ЕN және -Еn күшейткіштің қуатымен қамтамасыз етіледі. Шығу кернеуі осы мәндерге жақындағанда, күшейткіштің қанықтылығы басталады және оның амплитудалық сипаттамасы көрсетіледі.

Операциялық күшейткіш электрлік сигналдарды күшейту үшін пайдаланылуы мүмкін, мысалы, автоматты басқару жүйелерінің датчиктерінен. Бұл жағдайда күшейткіштің кірістерінің бірі пайдаланылады, әдетте кері әсерін тигізеді. Күшейткіштің (тікелей) екінші кірісі корпусқа қосылады. Операциялық күшейткіштің күшейту коэффициенті тым жоғары болғандықтан, оны қажетті мәнге дейін азайту үшін қосымша шаралар қажет.



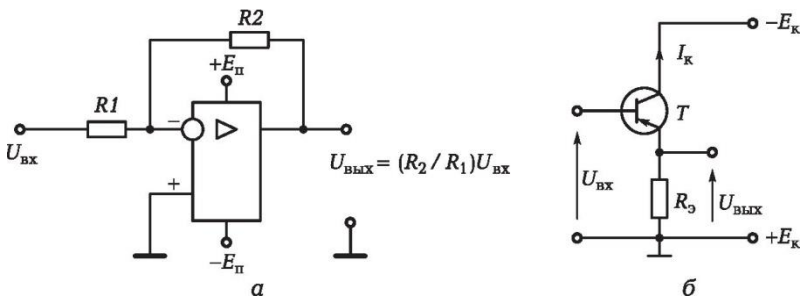
Оперативті күшейткіштің күшейту коэффициентін күшейткіштің шығыс сигналының кері кірісіне теріс кері байланыс енгізу арқылы оңай реттеуге болады (6.37, а).

Шығу кернеуін өзгерту әрқашан Инвертирстік енгізу кезінде кернеудің өзгерісіне алып келеді, яғни бұл кернеулер әрдайым қарама қарсы фазада. Сондықтан, бұл кері байланыс теріс деп аталады. кері байланыс тізбегіндегі резисторлардың бірінің қарсылық өзгерту арқылы қалаған қатынасы орындалады (әдетте, R_2 резистор). Қажетті дәлдікпен $K_{os} = K_{UR} / R_1$ кері байланысымен күшейту коэффициентін санауға болады.



Сур. 6.36. Операционды күшейткіш:

а — сызба; б — амплитудалық сипаттама; в — жиілікті сипаттама



Сур. 6.37. ОС (а) операциялық күшейткіш және эмиттерлік қайталанғыш (б)



УТП артықшылығы - тікелей ток күшейту және төмен жиілікті сигналдар.

6.10.2. Қуат күшейткіштері

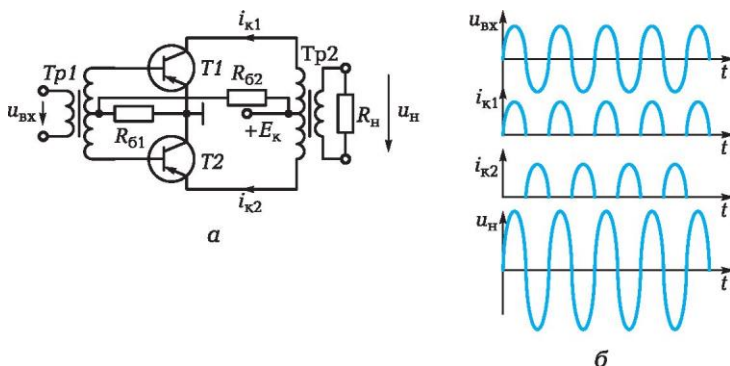
Кернеу күшейткіші электр сигналының қуатын бір уақытта арттыра алады. Алайда, айтарлықтай қуат жүктемесінен оқшаулау қажеттілігі туындаған жағдайда кернеу күшейткішінің шығу сатыларының арнайы тізбектері қолданылады. Олар үлкен токтар мен кернеулерге арналған және коллектордағы айтарлықтай қуатты таратуға қабілетті транзисторлар орнатылады.

Рұқсат етілген қуаттың күшін арттыру үшін, демек, шығыс қуаты коллектордың р-п түйісуінен жақсы және сенімді жылуды қамтамасыз ету керек. Бұл жағдайда транзистор корпусы күшейткіштің корпусына (оның массасы) немесе жылу ұңғымасын таратуға қабілетті арнайы радиаторға сенімді түрде қосылады.



Байланысты күшейткіштің демалыс қосылған жүктеме кедергісі, әдетте шағын (4 Ом $dina-miki$ үшін мысалы, қарсылық), үлкен шағын жүктеме кедергісі сәйкес трансформация коэффициенті арқылы береді, трансформаторлық байланысын қолданады.

Қуатты күшейткіштер бір ұшты болып салынады және итеріп-тартқыш тізбегі болады.



Сур. 6.38. Қуат күшейткіші: а — сызба; б — уақытша диаграмма

Бұл кемшіліктер режимінде жұмыс істейтін пуш-пулл күшейткіш қуат тізбегі болып табылады (сурет. 6.38, а). $U_{BX} = 0$, сондай-ақ нөлге тең, және трансформаторлық негізгі қаныққан емес кезде олардың тиімділігі 70%, 10-нан астам ватт қуаты, тыныштық тоғына жетеді. Күшейткіштің итеру-тартқыш тұйықтауға басқару үшін инверстік фаза кезеңін, яғни қажет кернеу фаза екі бірдей шамасы, бірақ қарама-қарсы күшейткіш кірісіне (транзисторлар T1 және T2 базалық) ұсынуға мүмкіндік беретін құрылғы. Бұл жағдайда, мұндай құрылғы орташа шығысын бар қайталама орамасы болып табылатын кіріс трансформаторы Tr1 болып табылады.

R61 және R62 резисторлары транзисторлардың жұмыс режимін қамтамасыз етеді - В режимі. Трансформатор Tr2 күшейткіштің шығыс кедергісін төмен қарсылықты жүктемемен сәйкестендіру үшін қызмет етеді.

Күшейткіштің жұмысы уақыт диаграммалары арқылы талдануы мүмкін (6.38, б). Tr1 трансформаторы арқылы берілетін кіріс сигналы u_{BX} транзисторлар T1 және T2 антифазындағы базаларға өтеді. Транзисторлар В режимінде жұмыс істегендіктен, егер T1 белсенді режимде болса және i_{K1} ток коллекторынан өтсе, T2 жабық және ток өткізбейді. Екінші жарты толқын кезінде кіріс кернеуінің T2 ток i_{K2} өткізеді, ал T1 жабық. Екі ағым керісінше бағытта трансформатордың Tr2-нің алғашқы орамынан өтеді. Нәтижесінде қайталама орамдағы кернеу $i_{K1} - i_{K2}$ коллекторлық токтарының айырмашылығына бара-бар. Айырымдық токтың нысаны, сондықтан жүктемедегі кернеудің нысаны кіріс кернеуінің түрін қайталаңыз.

Бұл жағдайда жүктегі сигнал күші кіріс сигналының қуатын бірнеше есе асыра алады.



Қуат күшейткіштері ретінде, әмбебап коллекторлы тізбек арқылы жинақталатын транзисторлық күшейткіш, сондай-ақ, эмитент ізбасары да пайдаланылуы мүмкін (6.37, б).

Транзистор күшейткіштің күші 1 кернеуге тең. Бұл жағдайда демалыс сигналының фазасы кіріс сигналының фазасына сәйкес келеді (демек, эмитенттің қайталағышының атауы). Сонымен қатар, ағымдағы пайда, демек, билік маңызды мәнге жетеді.

Мұндай тізбектің кіріс кедергісі $0,5 \dots 1 \text{ М}\Omega$ диапазонында ($0,1 \dots 1 \text{ кОм}$ ортақ эмитенті бар тізбек үшін) жатыр. Бұл жоғары шығу импедансымен кіріс сұлбаларына қосылуыңызға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, шығыс кедергісі кішкентай - бір ом, бұл төмен қарсылық жүктемені қосуға мүмкіндік береді. Сондықтан эмитент ізбасары да сәйкес элемент ретінде пайдаланылады.

1. Операциялық күшейткіштердің негізгі қасиеттері мен қосымшалары.
2. Операциялық күшейткішті реттелетін кіріспен қамту сұлбасын сызыңыз.
3. Қуат күшейткіштерінің құрылыс тізбектерінің ерекшеліктерін көрсетіңіз.
4. Екі соққы күш күшейткіші қалай жұмыс істейді?
5. Неліктен жалпы коллекторлық тізбеге сәйкес жинақталған транзисторлық күшейткіш «эмиттерлік қайталандырғыш» деп аталды?

6.11.

СИНУСОИДТЫ АУЫТҚУЛАРДЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫ ГЕНЕРАТОРЫ

6.11.1. Электронды генератордың түрлері



Электрондық генераторлар электр тогының немесе жартылай өткізгіш құрылғылардың көмегімен белгілі бір жиіліктің және пішіннің электрлік тербелістерінің энергиясына тікелей электр тогының энергиясы түрлендіретін құрылғылар болып табылады.

Электрондық генераторлар әртүрлі негізде бөлінген.

Жиілік диапазонына қарай - генераторларда

- төмен жиілік (Герцтің 100 кГц-ге дейін фракцияларынан);
- жоғары жиілік (100 кГц ... 100 МГц);
- Ultrahigh жиілігі (100 МГц-ден көп).

Ауытқу түрінде - генераторлар

- синусоидалды;
- релаксация (синусоидалды емес).

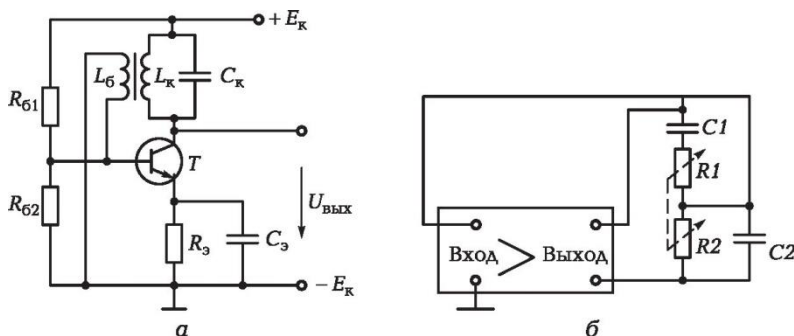
Жұмыс режимі бойынша - генераторлар

- тәуелсіз қозу - жоғары жиілікті күшейткіштер;
- Өздігінен қозған (өзін-өзі қоздыратын).

Күшейткіштердегі кері байланыстың анализі $b = 1 / K$ коэффициенті бар оң ОС күшейткіштің өзін-өзі қозғауына және оны генераторға айналдыруға әкелетінін көрсетеді. Бұл қағида бойынша синусоидалы және релаксациялық тербелістердің барлық автогенераторлар құрылады.

6.11.2. LC-генераторлары

Транзистордың коллекторлы тізбегіндегі параллель LKCK тізбегі және негізде трансформатор оң оң нәтиже беретін жартылай өткізгіштік АВГЕНЕРАТОРДЫ қарастырыңыз (6.39, а). Қуат көзі қосылы кезде конденсатор келесі тізбек бойынша зарядталады: «+ ЕК» - СК - Т - R3 - «- ЕК».



Сур. 6.39. Синусоидальных ауытқу генераторлары:

а — LC-генератор; б — RC-генератор Винмен

Ек-қа арналған зарядталған C_k конденсаторы индуктивтік катушка LK -ға түсе бастайды. Бұл жағдайда конденсатордың электр энергиясы катушкалардың магниттік энергиясына айналады. Содан кейін индуктивті катушка конденсаторға шығарылады, яғни, магнит энергиясы қайтадан электр энергиясына айналады және тағы басқалар. Схемада жиілік $f = 1 / (2LKCK)$ жиіленген тербелістер пайда болады. Вибрацияның жоғарылау жылдамдығы жылу шығарылатын ҚР қыздырғыштарының белсенді қарсыласуының мәнімен анықталады, ол қыздыруға арналған энергияның қайталанбайтын жоғалуы болып табылады. Егер олар болмаған болса, тербелістер жойылмайды.

Созылуын болдырмау үшін $LKCK$ о тізбегінің кернеуі фазадағы $L6$ трансформаторының қайталама орамасының көмегімен транзистордың базасына беріледі. Бұл жағдайда резонанс жиілігіндегі тербелістер азайып кетуі мүмкін. Каскадты шығару кезінде тербеліс те төмендейді.



Тербелістерді қоздыру үшін екі шарт орындалуы керек:

амплитуда балансы — $b = 1/K$;

фазалар балансы — $\varphi_{\text{вых}} + j_{\text{вх}} 0$,

мұнда $\varphi_{\text{вых}}$ — жиектегі кернеу фазасы; $\varphi_{\text{вх}}$ — базадағы кернеу фазасы.

Егер бұл жағдайлар бір жиілікте орындалса, генератордың шығуында синусоидалы тербелістер орнатылады. Егер амплитуда мен фазалардың балансы бірнеше жиілікте болса, шығу кезінде синусоидалы емес тербелістер пайда болады. Генератор жиілігін өзгертуге контур элементтерінің параметрлерін өзгерту арқылы қол жеткізіледі: LK немесе Sk .

Параллельді LC -тізбегі бар генераторлар жоғары жиілікті тізбектерде қолдануға ие болды.

6.11.3. RC-генераторлары

Төмен жиіліктерде LC элементтері маңызды индуктивті және сыйымдылықтағы контур элементтерін пайдалану керек. Бұл генератордың дизайнын қиындатады.

Сондықтан RC генераторлары төмен жиіліктегі тізбектерде қолдануға ие болды. Олар жиілікке тәуелді оң операциялық жүйені пайдаланады, яғни, мұндай байланыс, ОС коэффициенті мен сигналдың фазалы φ жиілігіне байланысты.

Бұл кері байланыс күшейткіштің шығыс сигналы сүзгі арқылы кіретін болса, алынып, фазаны 180° жылжытады және сигналды b коэффициентімен (6.39, б) азайтады. Бұл, мысалы, R_1 және R_2 ($R_j = R_2$) және C_1 және C_2 ($Q = C_2$) конденсаторларынан тұратын сүзгі болуы мүмкін. Бұл шарап көпірі деп аталды. Белгілі бір жиілікте $f_0 = 1 / (2\pi RC)$ (резонанстық), b коэффициенті ең үлкен мәнге ие ($b = 1 / c$) және $+bVX = 0$.

Басқа жиіліктерде, f_0 -ден басқа, b коэффициенті күрт төмендейді, ал фаза φ артады. Осылайша, Шарап көпірі бір жиілікте, демек, синусоидальды тербелісте өзін-өзі тербелуді алуға мүмкіндік береді. Гармоникалық тербелістердің жиілігін өзгерту үшін f_0 резонанстық жиілігін өзгерту керек. Бұл, мысалы, R_1 және R_2 резисторларының қарсылығын өзгерту арқылы бір мезгілде жасалуы мүмкін.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрондық генераторлар дегеніміз не және олар қандай мақсаттарға арналған? Оларды сыныптауды беріңіз.
2. LC автогенераторында тербелмейтін тербелістерді алу принципі түсіндіріңіз.
3. RC генераторындағы гармоникалық тербелістерді алу үшін қандай шарттар орындалуы керек?
4. Тербелістердің жиілігін не анықтайды?

6.12.

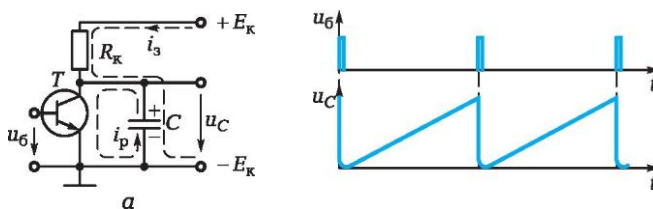
СИНУСОИДТЫ ЕМЕС АУЫТҚУДЫҢ ЭЛЕКТОНДЫ ГЕНЕРАТОРЫ

6.12.1. Релаксационды генераторлар

Тәжірибеде, шығысында синусоидты ауытқудан ерекшеленетін генераторлар жиі пайдаланылатын болған. Ол тіктөртбұрышты, трапециялы және т.б. болуы мүмкін. Оң операциялық қосымша генераторлар негізі конденсатор тізбегінің зарядтау-разрядтауды жүзеге асырады. Бұл генераторлар релаксационды деп аталады.



Тұйықталу коллектор жүктеме ҚР транзисторлық T тұратын және конденсатор C транзисторлар аралығында коллекторды және эмитентпен енгізілген (сур. 6.40, а) ауытқу генераторы ретінде пайдалануға болады.



Сур. 6.40. Кернеудің генераторы:
а — электрлік сызба; б — кернеудің уақытша диаграммасы

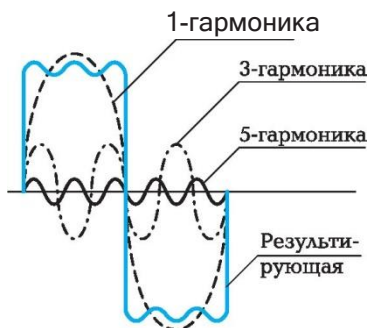
Бастапқы күйінде транзистор Т жабық, ал С конденсаторы «+ Ек» - RК - С - «-ЕС» схемасы бойынша Ек қосымша көзінен ток i_3 зарядталады. Конденсатордағы кернеу максималды мәнге - қуат көзінің кернеуіне тегіс экспоненталық түрде артады. Оң импульстің негізге келгенде транзистор ашылады және конденсатор С ашық транзистордың кішігірім кедергісі арқылы іс жүзінде дереу зарарсыздандырылады (i_p). Оң пульстің аяқталуынан кейін транзистор қайтадан жабылып, С конденсаторын зарядтайды (6.40-сурет, б).

Электронды пучканы көлденең жылжыту және оның бастапқы күйіне (көлденең сканерлеу) жылдам оралу үшін электронды пучок осциллографтарында варентті кернеу генераторларын ең көп тараған қолдану желілік айырмашылығы бар кернеу (GLIN) деп аталды. Олар сондай-ақ аналогты-цифрлық түрлендіргіштерде, серпін ені модуляция схемаларында және т.б. қолданылады.

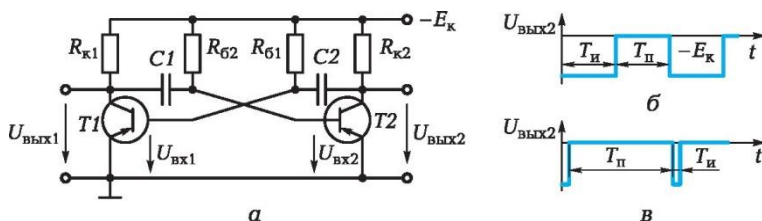
6.12.2. Мультивибратор



Төрт бұрышты тербелістер генераторы мультивибратордың схемасы арқылы құрастырылуы мүмкін, ол автогенератор болып табылады, өзін-өзі қоздыру жағдайы кең жиілік диапазонында қанағаттандырылады. Осыған байланысты, генератордың шығуындағы сигнал гармониканың көп мөлшерін қамтиды, яғни, сызықты болып табылады. Суретте. 6.41 үш гармоника үшін нәтиже беретін дірілдеуді көрсетеді, оның үстіне бұл жағдайда сигнал тікбұрыштыға жақындайды.



Сур. 6.41. Тікбұрыштың гармониялық құраушылары



Сур. 6.42. Мультивибратор:

а — электрлік сызба; б, в — симметриялы және симметриялы емес сызбаға сәйкес уақытша диаграмма

100% оң кері байланыс RC-буксирге құрылғы (оның кірісіне қолданылады $v_{\text{вых}} - \text{ное}$ толық кернеу) қаланады, екі сатылы күшейткіш мультивибраторда жұмыс жасайды. T1 негізіне C2 арқылы $-E_k$ кернеу T2 және $v_{\text{ух2}}$ негізіне C1 арқылы жеткізілетін. фазасы қарсы транзисторлар T1 және T2 жұмыс T1 ашық болса, онда T2 жабық болып табылады, және керісінше (сурет 6.42, а.).

Мультивибратордың шығуынан тікбұрышты импульстар алынып тасталады, олардың ұзақтығы C және R6 параметрлерімен анықталады. C және R6-ді өзгерту кезінде тербелістердің жиілігін кең ауқымда өзгертуге болады.

Егер $C1 = C2$, $R61 = R62$, $Rk1 = Rk2$ және транзисторлар бірдей болса, онда мультивибратордың шығысы импульстік және үзіліс уақыты тең ($T_u = T_n$) симметриялық импульстар болады (6.42, б). Мұндай мультивибратор симметриялық деп аталады. $T = T_u + T_n$ тербеліс кезеңі шамамен $T = 0.7R61C1 + 0.7R62C2$ ретінде анықталуы мүмкін.

Егер үлкен диапазоннан кейінгі қысқа серпін алу қажет болса (Сурет 6.42, с), онда С П С2 немесе R61 П Р62 болатын теңдесі жоқ мультивибратор қолданылады. Ауытқу кезеңінің қатынасы импульстің $u_i = T / T$ ұзақтығына қатынасы қызмет циклы деп аталады.

6.12.3. Электрлік реле (триггер)



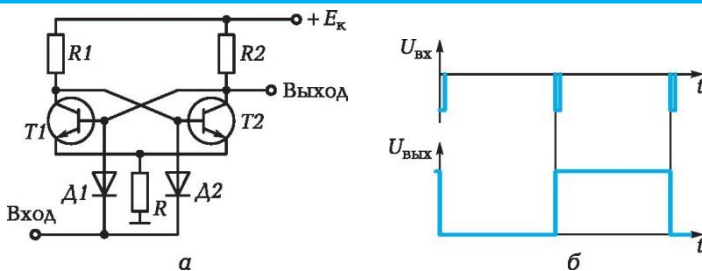
Бақыланатын параметрдің белгіленген деңгейге жеткенін көрсету үшін электрондық реле қолданылады - екі тұрақты тепе-теңдік күйі бар құрылғылар.

Электрондық релелердің ең көп тараған рөлін триггерлер атқарады - екі тұрақты күйдегі тепе-теңдік күйлерімен басталады (6.43, а).



Триггердің негізі оң нәтиже беретін кері байланыспен екі сатылы күшейткіш (мультивибратор сияқты, бірақ конденсаторларды зарядсыздандыру жоқ). Бір жағдайдан екіншісіне ауысу сырттай импульстердің әсерінен өтеді.

Біздің жағдайда олар теріс импульс болып табылады, олар D1 және D2 диодтары ретінде әрекет транзисторлары T1 және T2 базасында. T1 ашық және T2 жабық болуы керек. D2 арқылы теріс импульс T2-ке әсер етпейді (ол қазірдің өзінде жабылған) және D1 арқылы базаға енеді, T1 және оны жабады. Коллекторлық ток азаяды және T2 транзисторының базасында әрекет ететін T1 коллекторындағы оң кернеу оны ашады және ашады. Коллекторлық ток T2 транзисторында пайда болады, ал коллектордағы кернеу төмендейді, іске қосу импульсімен фазада T1 базасына жетеді (оң кері байланыс).



Сур. 6.43. Триггер:

а — электрлік сызба; б — Кіріс пен шығыс кезіндегі уақытша кернеудің диаграммасы

T1 және T2 транзисторларының бір қалыпты тепе-теңдік жағдайынан екіншісіне өту процесі іс жүзінде бірден жүзеге асады. Бұл флип-флоптың шығуына іс жүзінде тікбұрышты импульстарды алуға мүмкіндік береді (6.43, б).

Триггерлер да импульстарды есептеуге, компьютерлерде, жад құрылғылары және т.б. сияқты логикалық және арифметикалық операцияларды орындау үшін қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай генераторлар релаксация генераторлары деп аталады және олардың жұмыс принципі қандай?
2. CLIN жұмыс принципін түсіндіріңіз.
3. Multivibrator қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
4. Триггер диаграммасын сызыңыз және оның жұмыс принципін түсіндіріңіз.
5. Триггерлер қайдан пайда тапты?

ЭЛЕКТРЛІК МАШИНАЛАР

7.1.

ЭЛЕКТРЛІК МАШИНАЛАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР. ТРАНСФОРМАТОРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН МІНДЕТІ

7.1.1. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар



Электр машиналары (ЭМ) арқылы біз электромагниттік механизмдерді және түрлендіретін құрылғыларды білеміз:

- электр энергиясындағы механикалық энергия (генераторлар);
- механикалық (қозғалтқыш) электр энергиясы;
- басқа түрдегі электр энергиясына бір түрдегі электр энергиясы (трансформаторлар, электр машинасының түрлендіргіштері).

Электромеханикалық генераторлар электр энергиясының негізгі көздері болып табылады.

Электр қозғалтқыштары - механикалық энергия көздерінің негізгі түрі. XX ғасырдың басында ЭМ барлық негізгі түрлері құрылды, олардың теориясының негіздері дамыды. Бүгін олар жақсаруда.

Егер өткен ғасырдың басында генератордың қуаты 5 МВт аспаса, бүгін 1000 МВт генератор (Курск АЭС) табысты жұмыс жасайды. 5000 МВт криогенді технологияны және суперөткізгіштік құбылысын пайдалану арқылы қуаттылықты алуға болады. Трансформаторларды жетілдірілуде - энергияны беру жүйесі қажетті құрылғы болып табылады. Егер өткен ғасырдың басында олардың кернеуі 50 кВ аспаса, бүгінгі таңда $U = 1,500$ кВ және сыйымдылығы 3000 МВА дейін өсті.

Қуаты мен айналу жиілігінің айтарлықтай айырмашылығына қарамастан, барлық ЭМ екі түрге бөлінеді:

- тұрақты ток;
- ауыспалы ток, сонымен қатар, трансформаторлар.

7.1.2. Электрлік машина негізіне салынған принциптер



Кез келген электр машинасының жұмысының негізі екі қағидаға негізделген:

электромагниттік индукция принципі: егер ұзындығы l -ның өткізгіші индукция B -мен магнит өрісінің жылдамдығымен v қозғаса, онда ЭДС өткізгіште (Фарадей формуласы)

$$e = Blv;$$

электромагниттік күштердің принципі: егер ток i -ге дейінгі ұзындықтың өткізгішті индукция B -мен магнит өрісіне орналастырылса, онда ол электромагнитті күш (Ампердің формуласы):

$$F_{3U} = lBi.$$

Бірінші принцип генератордың жұмыс негізі болып табылады. Электр қозғаушы күш бағыты оң жақ ережемен (генератор - оң жақ) анықталады, күш сызықтары оған енгізілген және флеш бүгіп кеңейтілген төрт саусақтың ЭҚК бағытын көрсетеді, дирижер қозғалысының бағытын көрсетеді.

Екінші принцип - қозғалтқыштың негізі төрт саусақтың, содан кейін ағымдағы өткізгіш бағытында орналасады, егер күш сызықтары оған енгізілген болса.

Электр қуаты еі механикалық түрлендіруге болады:

$$ei = (Blv) \cdot (F_{3U}/(Bl)) = F_{3U}v.$$

Өз кезегінде, $F_{3U}v$ механикалық күші алдын-ала электрлік түрде болуы мүмкін:

$$F_{3MV} = (iBl) \cdot (e/(Bl)) = ie.$$

Демек, ЭМ-нің реверсінің принципі, яғни генератор режимінде де, қозғалтқыш режимінде де жұмыс істеуге қабілетті.



Кез-келген ЭМ-ны пайдалану үшін магнит өрісі және ток өткізгіштер болуы керек. Жұмыс барысында өткізгіштер мен магнит өрісінің салыстырмалы қозғалысы орын алады.

Құрылымдық жағынан, ЭМ екі негізгі бөліктен тұрады:

стационарлық статор;

жылжымалы ротор.

Машинаның екі бөлігінде, әдетте, өздері орамалдайды.

Трансформаторда қозғалатын бөлік - ротор – жоқ.

7.1.3. Трансформатордың міндеті мен құрылымдық сызбасы

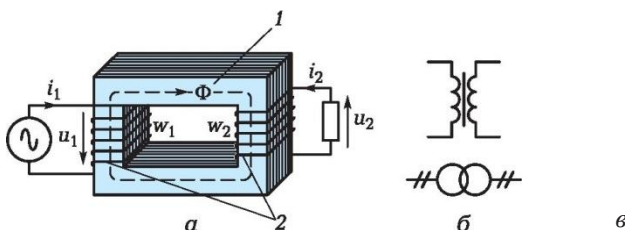


Трансформатор - бұл кернеудің басқа кернеудің айнымалы тогына басқа кернеудің ауыспалы ток түрлендіруге қызмет ететін электр қозғалтқышының статикалық (қозғалмалы бөліктері жоқ) электрмагниттік аппараты.

Бұл жағдайда трансформатордың негізгі мақсаты электр энергиясын тұтынушыдан тұтынушыға беру болып табылады.

Трансформатор жұмысы өзара индуктивтілік феноменіне негізделген, яғн., электромагниттік өріс арқылы бір орамнан екіншісіне энергияны беру мүмкіндігі бар. Трансформаторлардың конструкциялық схемалары әртүрлі. (сурет 7.1, а):

■ ферромагниттік материалдарды (трансформаторлық темір, электротехникалық табақша немесе феррит) қолданатын магниттікөткізгіш



Сур. 7.1. Трансформаторлар:

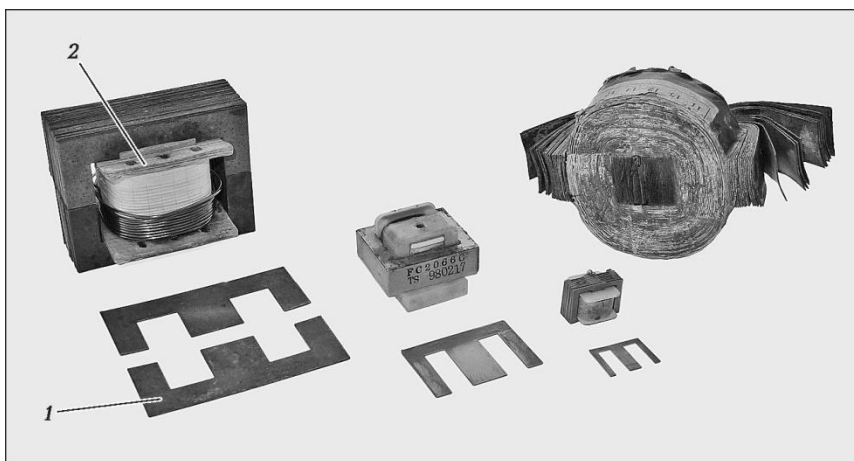
а — құрылымдық сызба; б — бірфазалы трансформатордың шартты графикалық белгіленуі; в — үшфазалы трансформатордың шартты графикалық белгіленуі; 1 магниттіөткізгіш; 2 — айналдырғыш



Сур. 7.2. Радиотехникада қолданылатын трансформаторлар

Магниттік кедергісін азайту арқылы орамалар арасындағы магниттік байланыстарды күшейтуге қызмет етеді;

■ Магниттік схемада орналасқан және жалпы магниттік ағынмен байланыстырылған оқшауланған сым арқылы жүзеге асырылатын 2 (екі немесе одан да көп) шоғыр сымдар бар.



Сур. 7.3. Трансформатор құраушылары:
1 — пластиналар; 2 — катушка айналмасымен

Суретте. 7.2 радиотехникада қолданылатын кейбір трансформаторлардың пайда болуы көрсетілген.

Өнеркәсіпте қалыңдығы 0,5 немесе 0,35 мм қаңылтыры бар табақты болаттан жасалынған магниттік өткізгіштігі 50-400 Гц жиілікте қолданылатын (біз құйынды токтарда шығындарды азайту үшін, магниттік схема жеке оқшауланған тақталардан жасалады 1 - (7.3 суретті қараңыз).

Бастапқы орамасының генераторы, екінші орамасы w_2 жүктемеге қосылады. Егер W_2 кернеуі W_j -ден жоғары болса, онда трансформатор, егер төмен болса, онда – өткізгіш деп аталады.

Электр трансмиссия жүйесінде трансформаторлар маңызды элемент болып табылады. Трансформаторсыз, қуаты жоғары қуатты ұзақ қашықтыққа беру мүмкін емес, бұл төмен кернеулер кезінде электр беру желісіндегі (LEP) елеулі шығындармен байланысты. Шығару қуаты келесі формуламен анықталады:

$$P_u = I^2 R_{\text{ЛЭП}} = I^2 \rho l / s_{\text{нр}} = (S^2 / U^2) \cdot (\rho l U j / S) = S \rho j / U,$$

мұнда S — толық қуат, $B \cdot A$; l — ЛЭП ұзындығы, м; ρ — ЛЭП материалының электрлік қарсылығы (алюминий үшін $0,029 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$); $s_{\text{нр}}$ — ЛЭП сымының көлемі, мм^2 ; j — ток тығыздығы, $\text{А}/\text{мм}^2$.

Шығындардың мүмкіндігін есептейік. 1000 МВт қуат көзінің қуаты 500 км қашықтыққа ауыстырылуы тиіс. Егер беріліс кернеуі 250 кВ болса, онда $2 \text{ А} / \text{мм}^2$ ток тығыздығы бойынша электр беру желісінің алюминий өткізгішіндегі шығындар 120 МВт-қа тең. Берілген электр энергиясының 12%. Егер кернеу 1000 кВ-ға дейін жоғарылса, шығындар 30 МВт дейін азаяды, бұл өткізілетін қуаттылықтың 5% -нан аз. Бұл өте қолайлы болып саналады.



Осылайша, электр қуатын беру желісінде Пу жоғалуының күші тасымалданатын кернеудің U шамасына кері пропорционалды.

Сымдардың қима ауданы да кернеуге кері пропорционалды:

$$s_{\text{нр}} = *2^U$$



Кернеу неғұрлым жоғары болса, бұл кернеуді беру үшін қолданылатын сымдардың көлденең қимасы аз болады.

Мақсаты бойынша трансформаторлар келесідей түрге бөлінеді:

- қуатты;
- арнайы мақсаттар (автотрансформаторлар, өлшеу, дәнекерлеу).

Қуат трансформаторларының көтеру және төмендету бойынша бір фазалық және үш фазалық, болуы мүмкін. Фазалық трансформатордың шартты графикалық көрінісі 7.1, б. Суретте үш фазасы - 7.1, с. Суретте көрсетілген. Осы суреттегі төменгі екі кескін трансформаторлардың үлкен саны, мысалы, электр энергиясын беру және тарату схемаларында, трансформаторлық қосалқы станциялардың тізбектерінде пайдаланылады.

Паспорттық деректерде немесе панельде көрсетілген трансформатордың негізгі параметрлері:

Толық қуат, $B \cdot A$ немесе $kB \cdot A$; сызықты тоқтар, A ;
сызықты кернеу B немесе kB ; жиілік, Гц.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр машиналарын анықтау
2. Электр машиналары жұмысының негізі қандай принциптер болып табылады?
3. Электр қозғалтқышындағы генератордағы және электромагниттік күштердегі ЭМӨ бағытын қалай анықтау керек?
4. Трансформаторды анықтаңыз.
5. Трансформатордың схемалық сызбасын сызыңыз және оның шартты графикалық бейнесін келтіріңіз.

7.2.

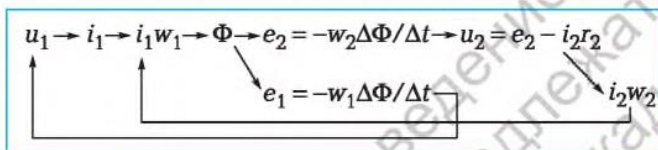
БІРФАЗАЛЫ ТРАНСФОРМАТОРДЫҢ НЕГІЗГІ ҚАТЫНАСТАРЫ

7.2.1. Трансформатордың әрекет ету принципі



Трансформатордың негізі электромагниттік индукция принципі болып табылады.

Егер алғашқы орамасының W_1 синусоидты айнымалы кернеу U_1 алып келсе, онда орамасының ағымдағы i_1 аға бастайды, ол бір магниттелуі күшін (NS) $i_1 w_1$ жасайды. N_s әрекеті бойынша. синусоидалды ағыны P әсерінен айнымалы магнит ағынының F . өзегі бастапқы өзін-өзі индукциялық ЭҚК жылы $E_1 = -w_1 \Delta \Phi / \Delta t$ орта, ал тұрақты кернеу U_1 қолданбалы ниеттенгендер, A_t - ЭМӨ өзара индукция $-w_2 \Delta \Phi = E_2$ кезде. $r_2 i_2 r_2$, - - Бұл ЭМӨ кернеу $U_2 = e_2$ бойынша жүктеме болып табылатын қарқынды кедергі, катушкалар w_2 ; i_2 - екінші реттік орамдағы ток. Яғни, ол мынадай схема арқылы білдіруге болады:



Трансформатордың жүктемесі кезінде өткізгіштегі магнит ағыны N_s ның бірлескен әсерімен анықталады. Бастапқы және қайталама орамалар $i_1 w_1 - i_2 w_2$ тең және бос. $i_0 w_1$ ғана бірінші орам, i_0 - трансформатордың жүктемелік тогы.

7.2.2. Трансформация коэффициентінің кернеудің теңеуі

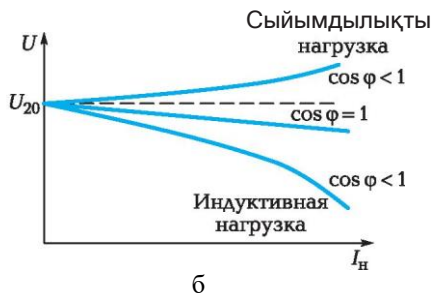
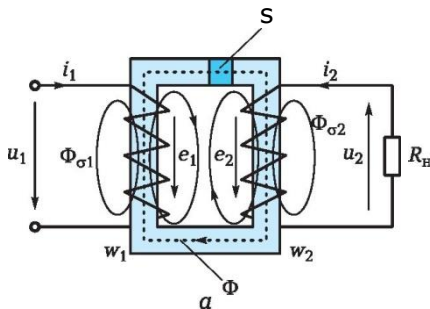
Нақты трансформаторда w_1 және w_2 орамдарына қосылатын негізгі жұмыс ағынымен қатар, олардың әрқайсысының орамасына байланысты Φ_0 және Φ_2 диссипация ағындары қалыптасады. Бұл ағындар EMF e_{s1} және e_{s2} жасайды (сурет 7.4, а).

Орамдағы ағымдар, $i_1 r_1$ және $i_2 r_2$ орамдарының белсенді кедергісінде кернеудің төмендеуін тудырады. Кирхгофның екінші заңына сәйкес жазылған бастапқы және қайталама орамаларға арналған трансформатордың кернеулерінің теңдеуі төменде көрсетілген

$$U = -e_1 - v_{CT1} + цц;$$

$$U_2 = e_2 + e_{s2} - i_2 r_2.$$

Егер шашырау ағындарын елеусіз ($\Phi \beta = 0$) және белсенді кедергілері бойынша кернеудің төмендеуі (олар 10% -дан аспайтын болса), трансформатордың кернеулерінің теңдеуі (бұл жағдайда мінсіз деп аталады) келесідей жазылуы мүмкін:



Сур. 7.4. Трансформаторлар:

a — кернеу теңсіздігі сараптамасының сызбасы; b — сыртқы сипаттамалары

$$u_1 = -e_1 = w_1 AF / At; u_2 = e_2 = -w_2 AF / At.$$

Трансформатор екі кіріс және екі шығыс терминалы бар төрт терминалды желі ретінде қарастырылуы мүмкін.



U2-нің екінші орамасындағы кернеудің U1 бастапқы орамасындағы кернеуге қатынасы трансформация коэффициенті деп аталады.

$$K_{21} = U_2 / U_1 = e_2 / e_1 = w_2 / w_1.$$

Бұл қайталама және бастапқы орамдардың бұрылыстар санының қатынасына тең. Егер $w_2 > w_1$ болса, онда $k_{21} > 1$ және трансформатор өсіп аталады, яғни, $u_2 > u_1$. Егер $w_2 < w_1$ болса, онда $k_{21} < 1$ және трансформатор төмендейді, яғни, $u_2 < u_1$.

Синусоидалы магнитті ағынмен индукцияланған emfs e_1 және e_2 -ағ синусоидалды, бірақ ағынның 90° ауысымына қатысты фазалық ауысады өйткені олар $AF / \Delta F$ ағынының өзгеру жылдамдығымен анықталады:

$$e_1 = E_{1m} \sin(2\pi f - 90^\circ); e_2 = E_{2m} \sin(2\pi f - 90^\circ),$$

мұнда $E_{1m} = 2\pi f w_1 F_m$ и $E_{2m} = 2\pi f w_2 F_m$ — Бірінші және екінші айналымдағы ЭДС амплитудасы.

ЭДС мәні

$$E = E_m A / 2 = 4,44 \pi f F_m;$$

Кернеу үшін

$$U = 4,44 \omega F_m.$$

U1 бастапқы орамасына қолданылатын кернеудің мәні магнит ағынының флукутациясының амплитудасын анықтайды. Сонымен қатар, тұрақты кернеудегі шығыс трансформатордың барлық жұмыс жағдайларында - жоғары жылдамдықпен номиналды жүктеме бойынша өзгермейді:

$$f = 50 \text{ Гц } \Phi_m = 0,0045 U_1/w_1, \quad U_1 = 220 \text{ В } \Phi_m \sim 1/w_1.$$

Токтардағы кернеулер сияқты бірден-бір мәндер трансформация коэффициентімен байланысты, бірақ кері пропорционалды қатынаста болады:

$$k_{21} = U_2/U_1 = (S_2/I_2)/(S_1/I_1) = I_1/I_2$$



Осылайша, ағымдағы үлкен саны және жоғары кернеу орамасы аз. Бұл жылжымайтын мүлік болып табылады және электр энергиясын беру негізін қамтиды: трансмиссия сымдар арқылы берілетін ағымдағы және, осылайша, сымдарға шығын мен олардың қимасы ауданының сомасын азайтады.

Трансформатордың екінші орамасы ашық болса, ағымдағысы болмайды. Алайда, бастапқы орамда ток ағымы нөлге тең емес. Бұл ток бос i_0 деп аталады. Кейінірек көрсетілгендей, ол магниттік шығындарға жұмсалады. Ораманың жүктемесі орта бұрап бастапқы орамасының ағымдағы I_1 ұлғаюына әкеледі ағымдағы келбеті I_2 , тудырады.

7.2.2. КНД және жоғалту

Жүктеменің астында жұмыс істеген кезде, трансформатор электр қуатын бастапқы орамнан толығымен алмастырмайды. Оның бір бөлігі қайтымсыз түрде аяқталады. Ең алдымен, ол бастапқы қыздыруға ($P_{\Sigma 1}$ жоғалтуға) және қайталама ($P_{\Sigma 2}$) орамалар мен магниттік ысыраптарға (P_m) байланысты электрқуат шығыны болып табылады, бұл кездегі ағындар және гистерезиспен (магнитті кері қарай) тұтынылады:

$$P_2 = P_1 \cdot (P_{\Sigma 1} + P_{\Sigma 2} + P_m),$$

мұнда P_2 — жүктеме қуаты; P_1 — бастапқы айналым қуаты.

ЭМ арасында трансформатор ең жоғары тиімділікке ие (86 ... 99%), өйткені ол магниттен механикалық механикалық энергияға айналуудың механикалық ысыраптары болмайды.



Трансформатордың тиімділігін есептеу және айқындау жалпы шығынды анықтауға байланысты әдістермен жанама түрде жүзеге асырылады (Ch1).

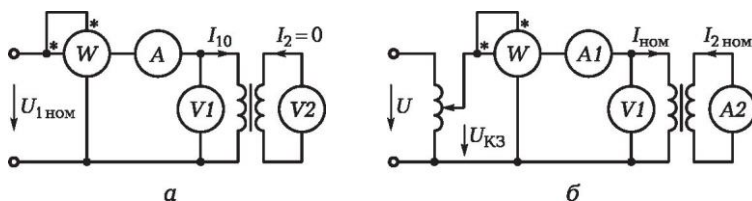
Бұл әдістер магниттік ағындар мен P_1 және P_2 электрлік ысыраптарын анықтауға мүмкіндік беретін магнит ағындары (XX) (7.5, а) және қысқа тұйықталу (KZ) (сурет 7.5, б) эксперименттеріне негізделген.

Бос тұру тәжірибесі. Ол бастапқы орамдағы номиналды кернеуде және ашық қайталама орамда жүргізіледі.

$XX_{12} = 0$ болғандықтан, пайдалы қуат $P_2 = 0$. $P_1 = P_{xx}$ кіріс қуаты магниттік тізбектегі (P_y) шығындармен және мыс (P_{el}) шығындарымен жұмсалады. Қазіргі XX_{110} шамасы кішігірім және номиналды ток 7-ден 10% -ды құрайды, сондықтан мысдағы шығындар еленбеуі мүмкін. Сонымен қатар өткізгіштегі магнит ағыны номинал болып табылады, сондықтан магниттік ысыраптар номинал болып табылады және XX-дағы барлық қуат магниттік жоғалтуды ($P_p = P_{xx}$) білдіреді деп болжауға болады. Бұл қуатты ваттметрмен өлшеуге (7.5, а. Сурет).

Қысқа тұйықталу тәжірибесі орамадағы номиналды токтарда және төменгі кернеуде жүргізіледі.

Өйткені ток ағымдар арқылы ағып кетсе, электр шығыны да номинал болып табылады. Бастапқы орамаға қолданылатын кернеу аз болғандықтан, магниттік ағыны да аз, сондықтан магниттік шығындар ескерілмеуі мүмкін.



Сур. 7.5. Трансформатордағы жоғалтуды есептеу сызбасы:

а — бос жүру тәжірибесі; б — қысқа қосылу тәжірибесі

Қысқа тұйықталу сынағындағы ваттметрмен өлшенетін шығындар электрлік шығындар деп есептей аламыз

$$(P_{\kappa 3} = P_{\text{за1}} + P_{\text{за2}}).$$

Осылайша, кідіріссіз және қысқа тұйықталу эксперименттері нәтижесінде алынған ватт-метрлердің көрсеткіштері трансформатордың тиімділігін есептеуге мүмкіндік береді:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - (P_{\text{ХХ}} + P_{\kappa 3})/P_1.$$

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Трансформатордың принципі қандай?
2. Трансформатор принципін түсіндіріңіз.
3. Трансформация коэффициентінің мәнін түсіндіріңіз және оны анықтайтын параметрлерді атаңыз.
4. Трансформатордың магниттік өткізгіштің магнит ағынының амплитудасын анықтайды?
5. Трансформатордағы негізгі шығындар түрлерін және оларды қалай азайтуды атаңыз.
6. Трансформатордағы шығынды қалай өлшеуге болатынын көрсетіңіз.
7. Тиімді трансформаторды қалай есептеу керек

7.3.

ТРАНСФОРМАТОРДЫҢ СЫРТҚЫ СИПАТТАМАСЫ. ҮШ ФАЗАЛЫ ТРАНСФОРМАТОР, ТРАНСФОРМАТОРДЫҢ АРНАЙЫ ТАҒАЙЫНДАЛУЫ

7.3.1. Трансформатордың сыртқы сипаттамасы



Трансформатордың сыртқы сипаттамалары кернеу U_2 жүктемесіне жүктеме ток 12-ге тәуелділігін көрсетеді және бастапқы орамдағы ($U_1 = \text{const}$) тұрақты кернеуде және өзгермейтін жүктеме сипатында ($\cos \varphi = \text{const}$) қабылданады.

Сыртқы сипаттаманың нысаны негізінен жүк сипатына байланысты болады (7.4-сурет, б). Таза белсенді жүктемемен (қыздыру шамымен, жылытқышымен) $\cos \varphi = 1$, сыртқы сипаттамалары

сәл төмендейді, бұл орамалардың белсенді кедергісі кезінде кернеудің төмендеуімен түсіндіріледі.

Индуктивтілік жүктеме үшін $\cos \varphi < 1$ (штуцер, дәнекерлеу трансформаторы, электр қозғалтқышы) кернеу ағымды ток күшейе түсуі мүмкін, өйткені индуктивті компонент ядроды демонирует.

Ықтимал жүктеме үшін $\cos \varphi < 1$ (компенсатор режимінде синхронды машина, конденсатор банкі) үшін ток күші бар кернеу өсуі мүмкін, өйткені сыйымдылықты ток компоненті өзегін магнетизациялайды.

Екінші кернеудегі өзгерістер әдетте номиналды кернеудің пайыздық қатынасы ретінде көрінеді:

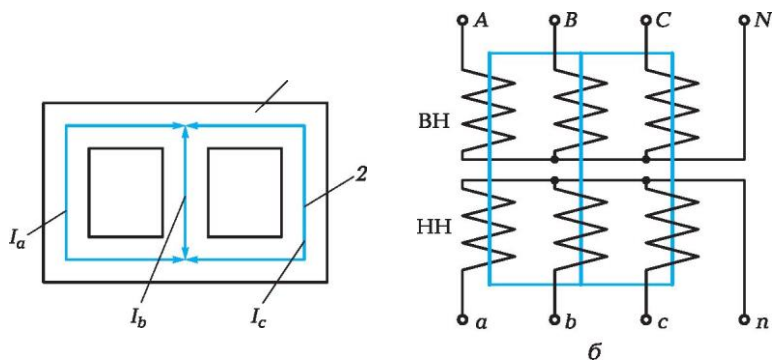
$$\Delta U = \frac{(U_{20} - U_{2\text{ном}})}{U_{20}} \cdot 100,$$

мұнда U_{20} , $U_{2\text{ном}}$ – кернеу тиісінше қайталама орамда тұрғанда және номиналды жүктемеде.

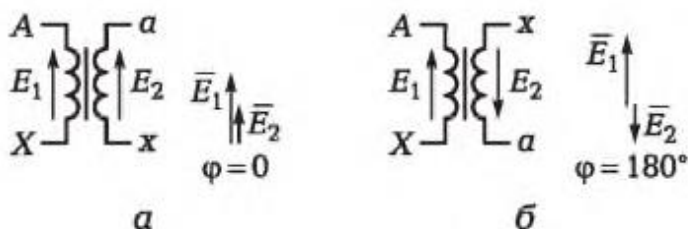
7.3.2. Үш фазалы трансформаторлар

Үшфазалық кернеуді трансформациялау үшін үш бірфазалы трансформаторды қолдануға болады, алайда материалдың үнемдеу үшін бір несиметриялық магниттік тізбекті бір трехтехникалық трансформаторды пайдаланады (сур 7.6, а).

Сумметризациясы 1-ден 15...20%-ке дейін дейін созылады. Бұл үш фазалы трансформаторды бір фазамен есептеу үшін.



Сур. 7.6. Үш жақты трансформатордың сызбалары: а - магнитопровод; б - жұлдызды біріктіру; 1 - ярмо; 2 - стержень



Сур. 7.7. Біртұтас электр трансформаторының тобы:
а - нөлдік; б - алтыншы

Жоғары (ВН) және төменгі (НН) кернеулердің және әрбір фазаның орамдары олардың шыбықтарында орналасады және жұлдызбен (сурет 7.6, б) немесе үшбұрышпен қосылуы мүмкін.

Үш фазалы трансформатор орамасының қосылыстары схемасы фракциямен анықталады: сандық жүйеде, ВВ орамаларын қосу үшін схема, бөлгіште НН орамдарын қосу үшін тізбек болып табылады.

$$K_{\phi} = \frac{U_{\phi 2}}{U_{\phi 1}} = \frac{N_{\phi 2}}{N_{\phi 1}}$$



Сурет. 7.8. Үш фазалы трансформаторлар: а - құрғақ; б - май

Бірнеше трансформаторлар параллель жұмыс кезінде қосылса, орамасының қосылымына қосымша, HV және LV желілерінің желілік EMF векторының жылжу бұрышын анықтайтын орамдық қосылу тобын ескеру қажет.

Бір фазалық трансформатор үшін мемлекеттік стандартта тек нөлдік топқа рұқсат етіледі (7.7-сурет, а). Ол үшін EMF векторлары арасындағы фазалық ауысу нөлге тең. Егер орамалардың біреуі алмастырылса, векторлар арасындағы фазалық ауысу бұрышы 180° болады. Мұндай трансформатор алтыншы топқа жатады (7.7-сурет, б). топ саны 30° ($6 = 180^\circ / 30^\circ$) фазалық бұрышы бөлу арқылы анықталады.

Үш фазалы трансформатор үшін байланыстың 12 тобы бар, бірақ олардың тек екеуі мемлекеттік стандартта: нөлдік және он бірінші.

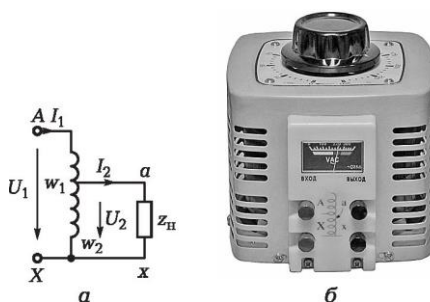
Суретте. 7.8, а үш фазалы құрғақ трансформатордың келесі параметрлері бар: $S = 2 \text{ кВА}$, $U = 220 \text{ В}$, $U_2 = 36 \text{ В}$ көрінісі. 7.8, б 25 кВ күші бар TMG-25 гофрленген сыйымдылығы бар май трансформаторын көрсетеді.

7.3.3. Автотрансформатор



Автотрансформатор (сурет 7.9) кранмен бір ғана орамаға ие, яғни. Екінші орамдағы w_2 (НН) орамасының бастапқы бөлігі W_j (ВН) болып табылады.

Осылайша, автотрансформатордың k_a түрлену коэффициенті әрдайым бірліктен аз: $k_a = w_2/w_j = U_2/U_j$, сондықтан мұндай трансформатор үнемі төмендейді.



Сурет. 7.9. Зертханалық автотрансформатор: а - қосылу диаграммасы; б - сыртқы түрі

Кернеу реттегіштері ретінде автотрансформаторларды кеңінен қолдануға болады. Бұл ретте, реттеу реттелуі мүмкін және дискретті.

Зертханалық жағдайларда зертханалық автотрансформатор (LATR) жиі электр тізбектерінің кернеуін реттеу үшін қолданылады (7.9, 6).

7.3.4. Өлшеуіш трансформаторлар



Өлшеу трансформаторлары конверсия үшін қолданылады. ток және кернеу стандартты құралдармен өлшеуге қолайлы мөлшерде және сол уақытта жұмыс қауіпсіздігін арттырады.

Кернеу трансформаторы (VT) - 0,1-ге тең квазизаторлық коэффициенті бар төмендетілетін трансформатор; 0,01 және одан аз.

Қосалқы тізбекте вольтметр, параллель тізбек ваттметрлері және энергия есептегіштері бар. Осы құрылғылардың кедергісі шексіздікке жақын.



ТН жұмыс істемей тұр.

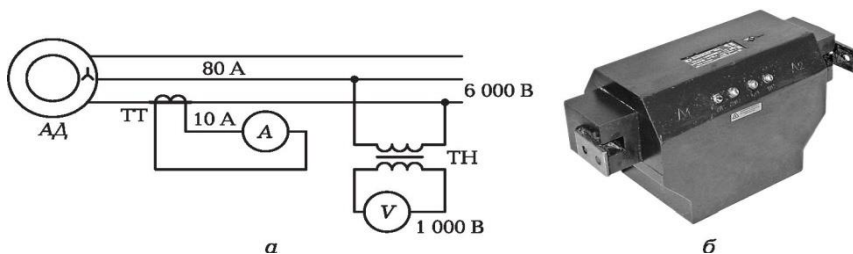
Ток трансформаторы (ТТ) трансформатор коэффициенті k , 10, 100 немесе одан да көп болатын кернеуді күшейтетін трансформатор болып табылады. Сондықтан ток трансформаторы тұрғысынан төмендейді. Оның бастапқы орамасында бір немесе үш бұрылыс бар және жүктемесі бар сериялы өлшеу тізбегіне қосылады. Екінші орамда төмен кедергісі бар құрылғылар (амперметр, токарлық ваттметр) бар.



КТ қысқа тұйықталу режимінде жұмыс істейді.

Ашық қайталама ораммен ТТ схемаға қосыла алмайды, өйткені $i_2 = 0$ кезінде магнит ағыны күрт артады, гистерезис жоғарылайды, ядро қызып кетеді және трансформатор үзіледі. Сонымен қатар, қосалқы ашық орамдағы кернеу техникалық қызмет көрсету персоналы үшін қауіпті болатын маңызды мәнге жетуі мүмкін. Суретте. 7.10, өлшеу трансформаторларын пайдалана отырып, стандартты өлшеу құралының жоғары вольтты асинхронды қозғалтқыш тізбегіне қосудың схемалық сызбасы келтірілген.

Қозғалтқыш жұлдызмен қосылады, кернеуінің $U_A = 6000$ В кернеуі және 80 А номиналды ток бар. Өлшеуіш зертханасы 1000 Вт үшін вольтметрге және 10 А амметрге ие. Қозғалтқыш осы құрылғылармен жұмыс істегенде электр параметрлерін өлшеу үшін, $k = 0,1$ және трансформатор ТТ арқылы трансформация коэффициентімен $k = 10$ айналдыру коэффициенті бар. Бұл жағдайда

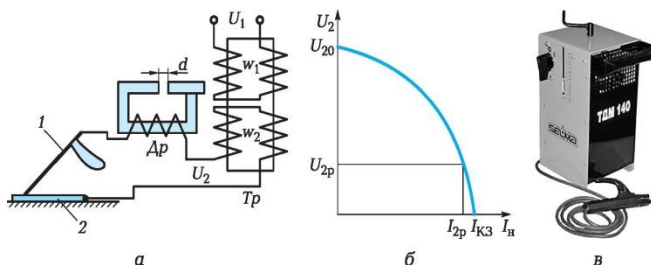


Сурет 7.10. Ток пен кернеудің өлшеу трансформаторлары

Қозғалтқыш жұлдызмен қосылады, кернеуінің $U_A = 6000$ В кернеуі және 80 А номиналды ток бар. Өлшеуіш зертханасы 1000 Вт үшін вольтметрге және 10 А амметрге ие. Қозғалтқыш осы құрылғылармен жұмыс істегенде электр параметрлерін өлшеу үшін, $k = 0,1$ және трансформатор ТТ арқылы трансформация коэффициентімен $k = 10$ айналдыру коэффициенті бар. Бұл жағдайда вольтметр 600 В, ал ампермер - 8 А көрсетілуі керек.

7.3.5. Дәнекерлеу трансформаторы

Дәнекерлеу басталмай тұрып, жұмысшы 2-бөлікке электродты 1 -ге тигізеді және трансформатордың қайталама орамасын қысқартады.



Сурет. 7.11. Дәнекерлеу трансформаторы:

а - электр схемасы; б - сыртқы сипаттамасы; в - TDM-140 трансформаторының пайда болуы; 1 - электрод; 2 - бөлік; Дроссельдік ауамен реттелетін ауа ағымы бар дроссель; Тр - дәнекерлеу трансформаторы, екінші орамасында w_2 оның электрод 1 дроссель арқылы қосылады

(7.11-сурет, а). Кәдімгі трансформаторда қысқа тұйықталу тогы 10-дан 20 есеге дейін номиналды ток. Бірақ индуктивті жүктеме кезінде сыртқы сипаттамасы $U_2 = f(I_N)$ күрт төмендейді (7.11-сурет, б).

Бұл жұмыс тогының қасында қысқа тұйықталу тогының мәнін алуға мүмкіндік береді. Дәнекерлеу тогы d аралығын өзгерту арқылы бақыланады. Бұл дроссельдің Δr индуктивтілігін және сыртқы сипаттаманың тұрақсыздығын өзгертеді.

Суретте. 7.11, с максималды ток 140 А дейін болатын TDM-140 дәнекерлеу трансформаторының пайда болуын көрсетеді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Трансформатордың сыртқы сипаттамасы қандай және оған байланысты?
2. Үш фазалы трансформаторларға тән қандай?
3. Үшфазалы трансформаторлардың орамдары қандай схемаға енгізілуі мүмкін?
4. Автотрансформаторға тән қандай? Ол қайда қолданылады?
5. Өлшеу трансформаторларының мақсатын және оларды қосу ережелерін көрсетіңіз.
6. Дәнекерлеу трансформаторы қандай ерекше?

7.4.

СИНХРОНДЫ ЕМЕС МАШИНАЛАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛЕМЕТТЕР

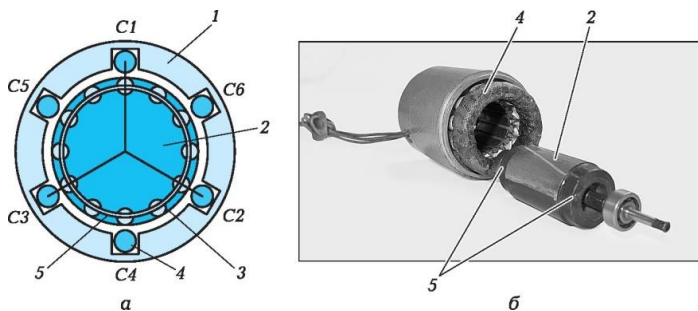
7.4.1. Асинхронды машинаны салу



Асинхронды машиналар (АМ) айнымалы жылдамдықты машиналарға қатысты ток, синусоидалы ток арқылы беріледі және ауыспалы ток электр энергиясын механикалық энергияға айналдырады.

Өнеркәсіпте және күнделікті өмірде (металл кескіш станоктар, сорғылар, желдеткіштер, көтергіш механизмдер, кір жуғыш машиналар, тоңазытқыштар, электр құралдар) жетекші қозғалтқыштар ретінде негізгі қолдануды тапты.

Асинхронды қозғалтқыштар үш фазалы және бір фазалы болуы мүмкін. Үш фазалық машиналар негізінен өндірісте пайдаланылады, күнделікті өмірде бір фазалық машиналар



Сурет. 7.12. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш сақиналы торлы ротормен:

а - сындарлы схема; б - UAD қозғалтқыш түйіндерінің пайда болуы; 1 - статор; 2 - ротор; 3 - ротордың орамасы; 4 - статор орамасы; 5 - сақина, ротордың орамдарын ұштарында жабады.

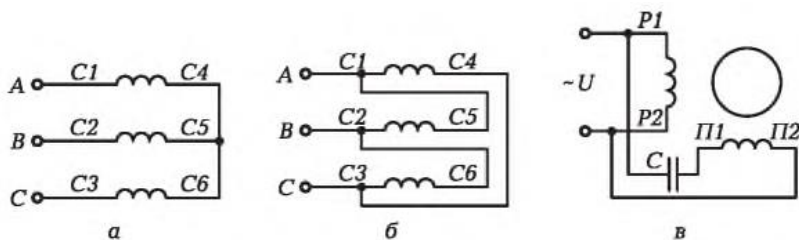
Индукциялық қозғалтқыш барлық электр машиналарын жобалауда ең қарапайым болып табылады. Ол екі негізгі түйіннен тұрады: стационарлық статор 1 және айналмалы ротор 2 (сурет 7.12, а).

Ротор ішкі бетінде ойыққа қуыс цилиндр қалыптасады. Оқшауланған сыммен жасалған орам 4 канавкаларға орналастырылады. Статор ферромагниттік материалдың жұқа күйдірілген электр оқшауланған табақтарынан жасалған. Бұл магниттік гистерезис жоғалуына және құйынды токтар азайтады.

Өткізгіштер біркелкі үш орамасының, 120° (үш фазалық машиналар) арқылы кеңістікте сырғыған, онда осі немесе аралас статор ұяларына, немесе екі орамасының, 90° (бір фазалы машина) ауысатын кеңістікте қаланды.

C4, C5, C6 - басталатын кезеңдерін C1, C2, C3, және фазалық аяқталады белгілеу үшін үш фазалы орамасының. Үш фазалық машинаның орамасын жұлдыз немесе үшбұрыш арқылы қосуға болады. фазасы жұлдызды C4, C5, C6 ұштарын жалғаған кезде біріктіріледі, және басталатын фазалары C1, C2, C3 желісі өткізгіштердің А, В, С қосылған (сурет. 7.13, а). Кезде фазалық үшбұрыш қосылымды бастау кезеңі C1 C5, C2 соңына үйлеседі - C4 - C6 және C3 нәтижесінде түйін нүктелері сым желісіне қосылған (7.13, б сурет көрсетілген)

Бір фазалық станоктар үшін орамалар жұмысшыларға (қоздыру орамдары) және қосалқы бөлшектерге бөлінеді. Тиісінше, операциялық орамасының ұшы P1 және P2 (немесе B1 және B2) белгіленеді

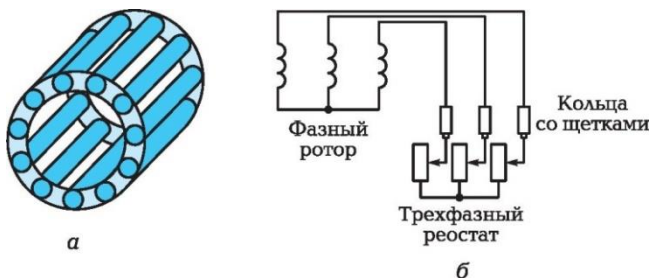


Сурет. 7.13. Индукциялық қозғалтқыштың орамаларын қосу сызбасы: а - жұлдыз; б - үшбұрыш; с - фазалы асинхронды қозғалтқыш орамдарын қосу схемасы

Ротор асинхронды қозғалтқыштың орамасының жарасады, ол жеке ферромагниттік пластиналар ретінде қатты цилиндр түрінде орындалған және сыртқы бетіндегі атыздар бар. Ротор орамасы қысқа тұйықталу немесе фазалық жарақат болуы мүмкін.

3 орамасының қысқартылған (қараңыз. Сур. 7.12, а) (сур. 7.14, а) нәтижесі деп аталатын тиін-қуысы болып шыбықтар 5. ұштарында тұйықталу сақина алынған ферромагниттік ротордың 2 алюминий атыздар құю арқылы жүзеге асырылады.

Фазалық орамасы жұлдызмен байланыстырылған үш фаза түрінде оқшауланған сыммен салынады. үш фаза бастап ротор білігіндегі ұйымдастырды сақиналар сырғу қосылған (сурет. 7.14, б). ротордың қосылу тұрғын лақтыруға байланыс щеткалар арқылы тізбек орамасының және роторлы бұрылады кезде сақиналар қозғалатын.



Сурет. 7.14. Индукциялық қозғалтқыштың роторының орамдары: а - сығымдайтын сақиналы доңғалақ; үшфазалық реостатты қосу арқылы б - фаза

7.4.2. Синхронды емес үш фазалы мотордың жұмыс жасау принциптері



Индукциялық қозғалтқыштың жұмысы ротордың орамасындағы осы өріске енгізілген токтармен статордың айналмалы магнит өрісінің өзара әрекеттесуіне негізделеді.

Айналмалы өріс электр желісінен статор орамасына жеткізілетін үш фазалы ток (М.Д. Доливо-Добровольский 1888 жылы алғаш рет қолданған) жүйесімен құрылады.

Үш статор орамасына фазада 120° ауысқан үш кернеу 120° кеңістікте ауысса, статорда айналмалы магнит өрісі құрылады.

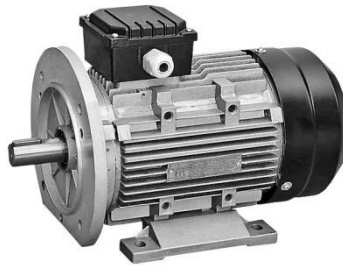
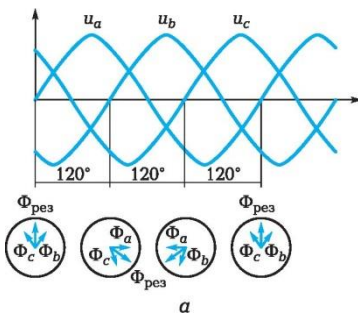
Шын мәнінде, кезеңнің V_3 уақытына тең (120°), Phres-тің нәтижелі магниттік ағыны 120° бұрылады (7.15-сурет, а).

Н өрісінің айналу жиілігі синхронды деп аталады және берілген

$$n = 60 f / p,$$

мұнда f - статор орамасына қолданылатын айнымалы кернеу жиілігі; p - статордағы полюстер жұптарының саны.

Өндірістік жиілікте $f = 50$ Гц және бір полюс жұп ($p = 1$) кезінде n ең жоғары синхронды айналу жылдамдығы 3,000 айн / мин. Статордың айналмалы магнит өрісі тіркелген ротордың орамаларын кесіп тастайды, оларда EMF (электромагниттік индукция заңына сәйкес). Трансформаторға ұқсас, нақты EMF мәні өрнекпен анықталады



Сурет. 7.15. Жасау принципін түсіндіретін диаграммалар айналмалы магнит өрісі (а) және 400 Вт қуаты бар үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың пайда болуы (б)

$$E_2 = E_{2m} / \sqrt{2} = 2\pi f_2 w_2 \Phi_m / \sqrt{2} = 4,44 k_2 f_2 w_2 \Phi_m,$$

мұнда E_2 - стационарлық ротордың фазасындағы ЭМӨ; f_2 - (f_1 тең) стационарлық ротордың жиілік айнымалы кернеу; w_2 - ротордың фазасындағы бұрылыстар саны; Магнит ағынының амплитудасы; k_2 - ораманың коэффициенті.

Қысқартулық шыбықпен асинхронды мотор электромагниттік күштер (ампер формуласы) заңына сәйкес ЭҚК E_2 әсерінен өзектерді сақина түкпір орамасының ротор тогының 12. пайда қысқартылған бастап крутящий уақытта құру, ағымдағы-жолсерігі әрекет магнит өрісін айнала бастайды

$$M_{вр} — C_m \Phi / 2,$$

онда s_m - сындарлы коэффициент; Φ - магнит ағынының тиімді мәні.

Осы сәттен бастап ротор ротордың айналасында бірдей бағытта айналады және артында «жүгіреді». Дегенмен, ротордың магнит өрісі N_1 синхронды жиілігімен айнала алмайды, өйткені басқаша жағдайда магнит өрісі ротордың орамдарын кесіп тастайды және оларда EMF тудырады, ротор орамындағы ток жоғалады, демек, ешбір крутика болмайды. Демек, ротор әрдайым синхрондықтан біршама аз жиілікте айналады. Сондықтан атау - асинхронды (синхронды емес) қозғалтқыш.

Осылайша, АМ әрекет ету қағидасы бойынша трансформаторға ұқсас. Оның негізгі орамасы статор болып табылады, ал екінші орамасы - ротор. Бірақ ротордың орамасы айналдыратын магнит өрісін кесіп өтсе ғана, АМ операциясы мүмкін болады. егер ротордың жылдамдығы n n_1 өрісінің айналу жылдамдығынан аз немесе артық болса.

Ротор $n < n_1$ жиілігімен айналғанда, ол жиілік ($n_1 - n$) - $60 f_2 s$ / p жолаққа қатысты «жылжытады». Демек, айналдыру роторында EMF жиілігінің жиілігі

$$f_2 s — (n_1 - n) p / 60 — (n - n) f_{щ} — f_j S,$$

мұндағы $S = (n_1 - n) / n_1$ - ротордың сырғуынан.

Тұрақты ротор үшін $S=1$ және $f_2=f_1$. $S = 0$ кезінде (ротор өріс жиілігімен айналады) $f_2 s = 0$, яғни. Роторда EMF айнымалысы

индуцирленген емес.

$$E_{2s} = 4,44 K_2 f_{2s} w_2 F_m = 4,44 K_2 f_x S \sin \Phi_T = E_2 S.$$

Қан қысымы үшін слиптің мәні шамалы - 1-ден 5% аралығында.

Демек, ең нашар жағдайда тіпті

$$n = 60(1 - S) / p = 3\,000 - 0,95 = 2\,850 \text{ об/мин}$$

ротордың жылдамдығы синхронды түрде жеткілікті.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Асинхронды қозғалтқыштың дизайны қандай?
2. Индукциялық қозғалтқыш қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
3. Неліктен ротор айналмалы өрісті ұстай алмайды?
4. Магнит өрісінің айналу жиілігін анықтайды?
5. Асинхронды (үш фазалы, бір фазалық) қозғалтқыштардың негізгі қосымшалары қайдан пайда болды?

7.5.

АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШ СИПАТТАМАЛАРЫ

7.5.1. Механикалық және қозғалтқыштың өнімділігі



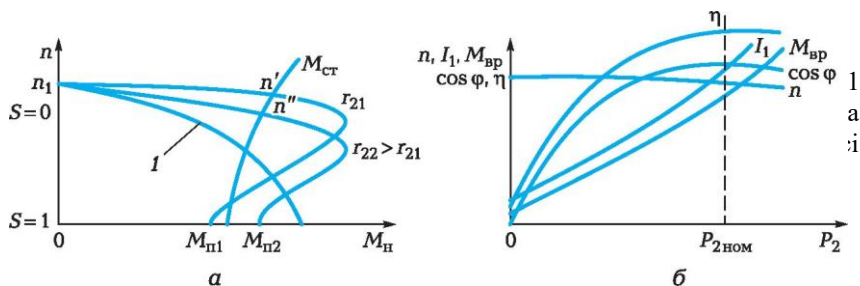
Механикалық сипаттамасы білігіндегі жүктеме оның ротор айналу жылдамдығы тәуелділігі

$$n = f(MH).$$

Кезде Ротор білігінің айналу жиілігі тамшылары, сырғу артады, ротор ЭҚК арттыру және ағымдағы артады, өсіп жүктеме өтейді электромагниттік сәтте, жүктемені арттырады.

Тұрақты электрмен жабдықтау кернеуде қысқа тұйықталу ротордың бар АД механикалық сипаттамасы N станоктар мен көтергіш жабдықтар жетек мотор-ақ оны кең пайдалану үшін жауапты болып табылады = F (MH), (аз өгеруші) жеткілікті қатаң болып табылады.

Суретте. 7.16, а сиқырлы торлы роторы бар екі массивтің механикалық сипаттамаларын көрсетеді, бұл бір қозғалтқыштың



Сурет. 7.16. Индукциялық қозғалтқыштың сипаттамасы:

а - механикалық; б - қызметкерлер; 1 - қуыс магниттік емес ротордың қозғалтқыш сипаттамасы

Осылайша, ротордың тізбегіндегі белсенді қарсылықты басқару арқылы (мысалы, фазалық ротордың көмегімен АД) қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын, атап айтқанда, ротордың жылдамдығын, ротордың білігінің статикалық МСТ мәнімен басқаруға болады. $R_{22} > r_{21}$ үшін айналу жиілігі $n \ll n_s$ болып табылады.

1-суреттегі қисық. 7.16, а белсенді магниттік роторы бар қозғалтқышқа (7.7-тармақты қараңыз), белсенді қарсылық маңызды болып табылады.

Асинхронды қозғалтқыштың өнімділік сипаттамалары ротордың жылдамдығы n , айнымалы электромагниттік сәттен $M_{вр}$, статор ток I_1 , тиімділік және пайдалы механикалық қуаттан P_2 қуат коэффициенті коэффициентінің тәуелділігі болып табылады. Олардың жуан формасы күріш. 7.16, б. N жылдамдығын өзгертуге арналған қисық сызық қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларынан ерекшеленбейді. $M_{вр}$ айналдыру моменті мен статор ток I_1 пайдалы механикалық қуатына P_2 пропорционалды және P_2 дерлік сызықты түрде өседі:

$$M_{вр} = P_2 / (0,105n); I_1 = P_2 / (\pi/3 U \cos \varphi).$$

$M_{вр}$ шамалы сызықтығы n айналу жылдамдығындағы шағын құлдыраумен байланысты.

Тиімділік және қуаттылық күшейіп, номиналға жақын жүктеме кезінде максималды мәндерге жетеді.

7.5.2. Асинхронды машиналарда жоғалтулар. Энергия диаграммасы



Трансформатордан айырмашылығы, айналмалы роторлы электр машиналарында электрлік және магниттік шығындармен бірге механикалық ысыраптар пайда болады.

Олар бірінші кезекте мойынтіректерде үйкеліс және ауа қарсылығын тудырады. Бұл асинхронды қозғалтқышты қосқанда электр машиналарының тиімділігін айтарлықтай азайтады.

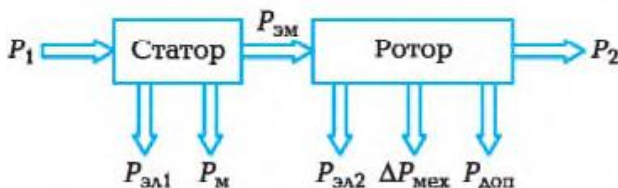
Суретте. 7.17 статорға берілетін P_1 электр қуатын P_2 пайдалы механикалық қуатына және оның трансформациясы кезінде қуат жоғалтуға түрлендіретін энергия диаграммасын көрсетеді.

Статорға жеткізілетін электр энергиясының бөлігі статор орамасындағы электр шығындарына жұмсалады. Қалған бөлігі айналмалы магнит өрісінің қуатына айналады. Бірақ сонымен қатар, стационарлық болаттан шығындар пайда болады - P_m магниттік жоғалуы. Рамның электромагниттік күші статордан роторға ауаның аралықтары арқылы беріледі.

Рам әрекетімен ротордың i_2 ағымдары және R_{ay2} жоғалуы бар. $R_{em} - R_{el2}$ - қалған қуаты R_{emch} - бұл жұмыстарды орындауға қабілетті жалпы механикалық қуат. Бірақ ротордың айналуы кезінде $LRMECH$ механикалық ысырабы пайда болады (үйкеліс, желдету бойынша).

Сонымен қатар, магнит ағынының пішіні синусоидальдық, тістердің жоғалуы, статордың ішкі бетіне пішін мен өлшемі бойынша анықталған, ораманың жиналуы және т.б. сияқты қосымша шығындардың болуына байланысты қосымша шығындар пайда болады. Қалған P_2 қуаты жұмыс істеу қабілетті пайдалы механикалық қуат.

Осылайша, асинхронды машинадағы жалпы шығындар ретінде көрінуі мүмкін



Сурет. 7.17. Индукциялық қозғалтқыштың электр схемасы

$$X^P - P_{эл1} + P_M + P_{эл2} + D P_{мех} + P_{доп}$$

Бұл жағдайда тиімділік

$$h = 1 - \frac{\Sigma P}{P_L}$$

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Индукциялық қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы қандай?
2. Қозғалтқыштың қандай сипаттамалары жұмыс деп аталады?
3. Асинхронды машинадағы негізгі шығындарға ат беріңіз.
4. Трансформаторға қарағанда индукциялық қозғалтқыштың тиімділігі неге төмен?

7.6.

АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ АЙНАЛУ ЖИІЛІГІН БАСТАУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ

7.6.1. Кері және старт-схемалар

Асинхронды машинаның роторының айналу бағыты магнит өрісінің айналу бағытымен анықталады, яғни. фазалық тізбектің тәртібі (ABC - фазалық тізбектің тікелей тәртібі).



Сондықтан, ротордың айналу бағытын өзгерту үшін (кері) фазалық ауысу тәртібін өзгерту қажет, яғни кез-келген екі фазаның басталуын ауыстыру.

Мысалы, АСВ-дың ауыспалы фазаларының тәртібі ротордың қарсы бағытта айналуына әкеледі.

Тұрақты ток роторымен жұмыс істейтін ток станциясынан айырмашылығы номиналды тоғынан 20-дан 50 есе асып кетуі мүмкін, ал АА үшін осы қатынасы 4,7 болғандықтан, статор орамдары ток токтарына кедергі келтіретін айтарлықтай индуктивті қарсылыққа ие. Демек, АД-мен әдетте, старт кезінде қиындықтар жоқ. Бұл статор орамасының сымдарының кішкене көлденең қимасын салу арқылы ағымдағы қысқа мерзімді ұлғайтуды ескеруді жобалау кезінде қажет.



Номиналды кернеудің айнымалы кернеу көзіне ортақ қосылу, яғни, ол тікелей басталуымен сипатталады (7.18-сурет, а).

Фазалық ротордың көмегімен ротордың үш фазалы реостатының байланыс сақиналары арқылы ротордың орамаларына қосылуға байланысты бастапқы токтар азайтуға мүмкіндік береді (7.14, б-суретті қараңыз).



Бұл ротор ағынын азайтады, демек, статор токтарының орнатылған мәніне дейін. Алайда бір мезгілде көптеген қан қысымын (мысалы, шеберханада таңертең) қосу арқылы желі басқа тұтынушылардың жұмысына нашар әсер ететін «отырады».



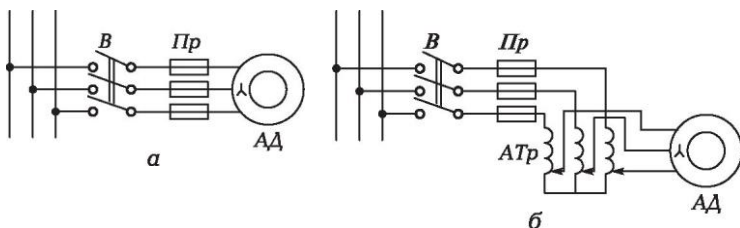
Автотрансформаторды іске қосу (7.18-сурет, б) қозғалтқыштың кернеудің төмендеуіне жол беріп, оның жеделдетілуінен кейін номиналды кернеуді қолданыңыз. Сол мақсатта, статор орамаларының жұлдыздан Дельтаға ауысуымен басталады.

Жұлдыздың және Дельтаның орамасының бірдей желілік кернеуі болған кезде желінің ағымдары 3 есе дерлік ерекшеленеді.

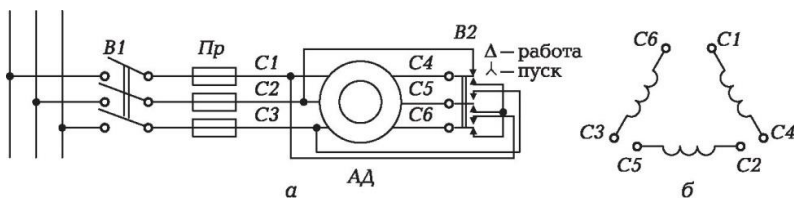
$$-Д.зв - -Тф.зв - " \phi / Z \phi - u_A / B^3 Z \phi "$$

$$1л.тр - V31\phi.тр - V3 Ц\phi^{\wedge} \phi - V3 UJZ^{\wedge}$$

Сондықтан төмен вольтты қуаты төмен қуаттылық ВР қосқышы жұлдыздармен байланысқан кезде, В1 қосқышы арқылы іске қосылады, одан кейін жұмыс режимінде орамдарды В2 қосқышы үшбұрышпен қосылады (7.19-сурет).



7.18-сурет. Тікелей (а) және автотрансформатор (б) трехфазалы асинхронды қозғалтқышты торлы ротормен бастайды



Сурет. 7.19. Ауыстырылған асинхронды қозғалтқыш үшін іске қосу схемасы

жұлдыздан үшбұрышқа (а) және үшбұрыштағы статор орамдарының қосылу схемасы(б)

7.6.2. Жылдамдықты басқару

AD ротациясының жылдамдығы $n = n_1 (1 - S) = f_1 (1 - S) / p$ өрнекпен анықталады.

Формуладан өзгертуге болады:

- полюстердің p саны дискретті;
- жеткізу жиілігі f_1 - тегіс;
- S - тегіс.



Полюстер жұптарының санын ауыстыру арқылы жылдамдықты реттеуге бірнеше жұп полюстері бар және оларды пайдалану кезінде ауыстыру мүмкіндігі бар көп сатылы машиналарда жүзеге асырылады.

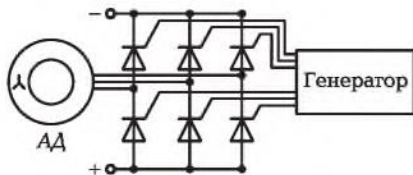
Өнеркәсіпте 1, 2, 3, 4 және 6 полюстерімен бірнеше жылдамдықты қозғалтқыштар шығарылады, бұл синхронды магнит өрісінің айналу жылдамдығы 3 000, 1 500, 1 000, 750 және 500 айналымға жетуге мүмкіндік береді.



Жақында индукциялық қозғалтқыштың жылдамдығын реттеуге арналған.

Бұл басқарылатын клапандарда (тиристорларда) жасалған қуатты жартылай өткізгіш жиілік түрлендіргіштерінің (инверторлар) көмегімен f_1 жиілігін өзгерту арқылы жүзеге асырылады (7.20-сурет). Төмен қуатты генератор клапандардың жұмысын бақылайды,

Ротордың айналу жылдамдығын қамтамасыз ететін жиілікте ауысуына себепші болады. Тұрақты кернеу кез-келген жиіліктің айнымалы түріне айналады.



Сурет. 7.20. Жиілік схемасы
үш фазалы асинхронды
қозғалтқыштың ротордың
жылдамдығын реттеу



Жылдамдықты басқару S сырғымасынан туындауы мүмкін. U_j кернеуін өзгерту арқылы жүктеме кезінде жұмыс істей алады.

Бұл жағдайда U_j төмендеуі дамыған кезде крутящего сәтте U_{21} пропорционалды төмендеуіне әкеледі, сиптің ұлғаюы, қозғалтқыштың жылдамдығы төмендейді, өйткені $n = n_j (1 - S)$. Дегенмен, осы түзетулермен айналу жылдамдығы n ауқымында өзгереді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Индукциялық моторды қалай қалпына келтіруге болады?
2. Асинхронды қозғалтқыштарды қалай іске қосуды сипаттаңыз және сипаттаңыз.
3. Қозғалтқыштың жылдамдығы қандай параметрлерге байланысты?
4. Индукциялық қозғалтқыштардың жылдамдығын бақылау жолдарын көрсетіңіз.

7.7.

БІРЫҢҒАЙ ФАЗАЛЫҚ ЖӘНЕ ӘМБЕБАП АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР

7.7.1. Бір фазалы асинхронды қозғалтқыштар

Электр энергиясын тұтыну аз болғанда және желі бір фазалы болса, бір фазалық АД кеңінен қолданылады (тоңазытқыштар, кір жуғыш машиналар, желдеткіштер және т.б.). Оларды пайдалану принципі үш фазалы қозғалтқыштардың жұмыс принципі бойынша ерекшеленбейді.

Жалғыз айырмашылығы - статорға екі орамал қойылған, 90°

(үш емес, 120° ауысқан) және фазада 90° (120° емес) фазада ауысатын токтармен жылжытылған '



Бірфазалы кернеу бір фазалы қозғалтқыштың статорына қолданылғандықтан, фазаларды орамда ауыстыру үшін қосымша құрылғылар қолданылады. Олардың ең қарапайымы - бұл орамалардың бірімен қатарласқан конденсатор (7.13, с-суретті қараңыз). Бұл токтар ағымдарға жылжуға мүмкіндік береді және магнит ағыны айналмалы магнит өрісінің құрылуына әкелетін 90° дерлік екенін білдіреді. Мұндай машиналар конденсаторлық қозғалтқыштар деп аталады. Олар әдетте күнделікті өмірде қолданылады.

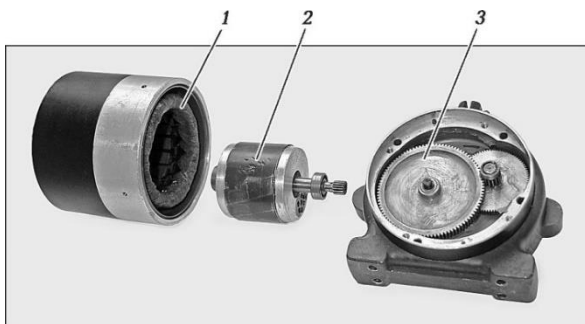
Бір реттік роторлы машиналар көбінесе екі нұсқада орындалады:

■ қысқа тұйықталу, сол ротор үш фазалы машинаны

■ (сурет 7.21.); қуыс алюминий кесе

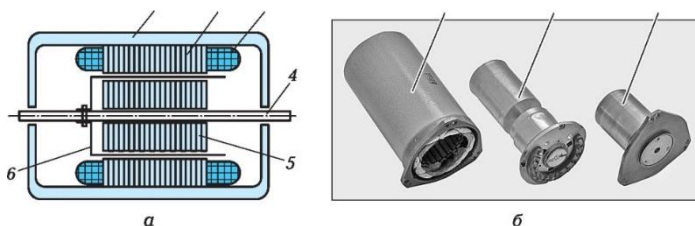
■ (ВР қуыс роторлы -. Сурет 7.22).

Қуыс ротордың 5 Мотор сыртқы Статор 2 1. тұрғын үй бойынша реттік темір ішкі және сыртқы статорлары 2 Жиынтық, 90° сырғыған екі орамасының 3 орналасқан отыр. Ішкі статор 5 магниттік ағынға төзімділікті азайтады. жұқа қабырғалы алюминий тостаған (қабырға қалыңдығы $H = 0,1 \dots 1$ мм) - білігінің 4 Статор арасындағы Ротор 6 айналады.



Сурет. 7.21. Сексель торлы ротор мен редукторы бар бірфазалы АЖ компоненттері:

1 - статор орамасы; 2 - ротор; 3 - редукторы



Сурет. 7.22. Асинхронды қозғалтқыш қуыс роторлы: а - сындарлы схема; б - қозғалтқыштың компоненттерінің пайда болуы; 1 - тұрғын үй; 2 - сыртқы статор; 3 - статор орамасы; 4 - ось; 5 - ішкі статор; 6 – ротор

Мұндай қозғалтқыштың негізі статор орамасының, алюминий кесе осы саладағы туындаған құйынды токтарының жинақталатын айналмалы магнит өрісінің өзара қажетті болып табылады.

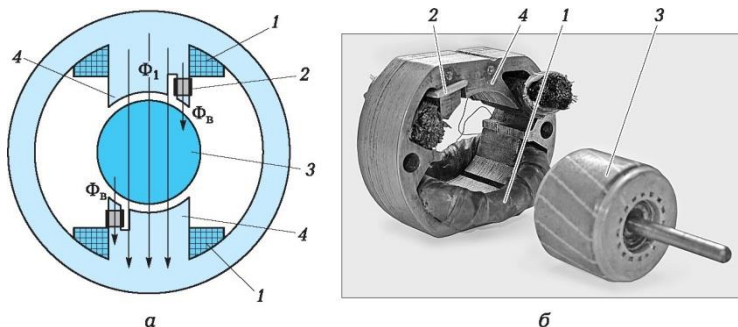
Ротордың инерция сәті кішкентай және қозғалтқыштың жылдамдығы үлкен.

Оның қарсылық R_2 жеткілікті тік, үлкен бастап бұрау моменті M , сондай-ақ ірі және механикалық сипаттамалары $N = F (MH)$ болып табылады, сондықтан кубогының қабырға қалыңдығы, шағын (суретте қисық 1. қараңыз. 7.16, а). Бұл нөлге ротордың жылдамдығы $M_{\text{макс}} (синхронды)$ жеткізілетін кернеу U_j өзгеруіне байланысты өзгерістер мүмкіндік береді.

Бөлек (қалқан) полюстері бар бір фазалы асинхронды қозғалтқыштар сонымен қатар өнеркәсіпте және күнделікті өмірде қолданылады.

Әдетте 2. катушкалар, торға (SC) жабылған орамасының олардың магнит ағынының ауысым терминал 4 бөлігі фактісі арқылы қамтамасыз етіледі (сур. 7.23), бұл жезден немесе алюминий сақина болып табылады. магниттік ағыны F_1 катушкалар айнымалы айнымалы магнит ағынының FC жасайды қысқа тұйықталу тогын және электр күшін IK , тудырады. Бөлінген полюсті бөлігі ағыны $PV = F_1 + FC$ нәтижесінде әктілеріне Осылайша, F_1 қатысты фаза ығысуға. айналмалы жолаққа өз әсері жақындап, магнит өрісі жасау қабілетті Екі фазалы ығысуға магнит ағынының. кен айналу бағытында ротордың 3 ертіп уақыт бар.

Мұндай қозғалтқыштардың қуаты кішкентай (25 Вт-қа дейін), кішкене және бастауыш момент. Осы қозғалтқыштардың негізгі қолданысы кішкене желдеткіштерде, электрлі ойыншықтарда, таспа



Сурет. 7.23. Қозғалтқыштың бөлінген тіректермен (а) құрылымдық схемасы және қозғалтқыш компоненттерінің пайда болуы (б):
1 - орамдау; 2 - қысқа тұйықталу катушкасы; 3 - ротор; 4 - бөлінген тіректер

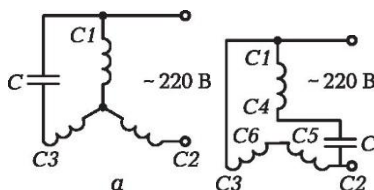
7.7.2. Әмбебап асинхронды қозғалтқыштар



Әмбебап индукциялық қозғалтқыштар (UAD) үшфазалы және бір фазалы ауыспалы ток желісінен жұмыс істеуге арналған қозғалтқыштар деп аталады.

Бұл машина кішкентай қуат (100 Вт дейін). Ең үлкен қолданба UAD сериясының қозғалтқыштарында табылған. Станция алты фазалы үшфазалы орамаға ие, ол тиісті түрде немесе бір фазалық желіге қосылуы мүмкін, немесе үш фазада. Қозғалтқыштың бірфазалы режимде жұмыс істеуі үш фазалы режимге қарағанда әлдеқайда нашар. Мысалы, UAD-72 үшін үш фазалы режимде, қуаттылық $P = 70$ Вт және тиімділігі $h = 65\%$. Бірфазалы режимде $P = 50$ Вт және $h = 60\%$.

UAD үшфазалы желіге ауысудың диаграммалары тән: жұлдыз және үшбұрыш. UAD-ды бір фазалық желіге қосудың ықтимал схемалары сур. 7.24.



Сурет. 7.24. Ықтимал сызбалар (а, б) әмбебап индукциялық қозғалтқыштың орамаларын бір фазалық желіге қосуы

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Бір фазалы қозғалтқыш пен үш фазалы қозғалтқыштың арасындағы айырмашылық неде және оның негізгі қолданылуы қайда пайда болды?
2. Бөліп тұрған полюстері бар асинхронды қозғалтқыштың жұмыс принципі қандай?
3. Әмбебап асинхронды қозғалтқышқа тән қандай?
4. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар негізгі қолданысын қайдан табады?

7.8.

СИНХРОНДЫ МАШИНАЛАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ АҚПАРАТ

7.8.1. Құрылым



Синхронды машина - бұл электр машинасы

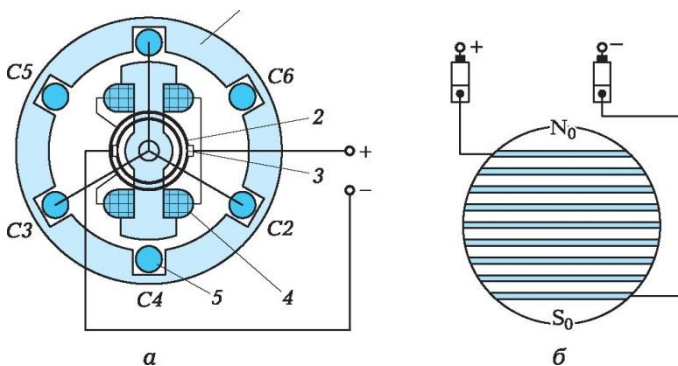
Ротордың айналу жылдамдығы статор орамдарының магнит өрісінің айналу жиілігіне тең.

Салада негізгі бағдарлама үш фазалық синхронды машиналарда (SM) табылды. Олар қозғалтқыш режимінде де, генератор режимінде де жұмыс істей алады. Үш фазалы синхронды генераторлар гидроэлектрстанцияларында, жылу электр станцияларында, атом электр станцияларында және т.б. өндірілетін электр энергиясының негізгі көздері болып табылады.



Суретте. 7.25, а - синхронды машинаның схемалық сызбасы.

Үш фазалы синхронды қозғалтқыштың статорлары стационарлы асинхронды емес, үш орамасы бар және айналмалы магнит өрісін жасау үшін қызмет етеді.



Сурет. 7.25. Полярлық ротордың (а) және көлденең полюсті ротордың (б) синхронды машинасының конструкциялық диаграммасы.
1 - статор; 2 - байланыс сақиналары; 3 - щетка; 4 - ротордың орамасы; 5 - статор орамасы



Генераторы режимінде статор орамасының үш фазалы ЭҚК жүйесін өндіру үшін пайдаланылады.

Ротор 6 орамасының 4 оқшауланған сым және орындалған сырғу сақиналар 2 және 3 арқылы токтың арқылы тамақтандырып щетка (сур. қараңыз. 7.25, а) анық емес немесе полюсті (сур. 7.25, б) Айырым ротор болуы мүмкін болды.



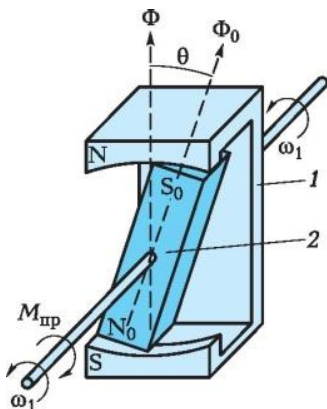
Ротордың орамаларының негізгі мақсаты тұрақты *магнит өрісін* құру болып табылады.

Ротор орамасының тұрақты күйінде тікелей ағымдағы, сондықтан құйынды ток шығындар қуат және темір бір бөлігімен жасалуы мүмкін ешқандай роторлы бар. Полярлы емес ротордың бетінде қозғалыс орамасы орналастырылған ойықтарды өңдейді.

7.8.2. Қозғалтқыш режимінде жұмыс істегенде синхронды машинаның жұмыс істеу принципі

Қозғалтқыш режиміндегі SM операциясы екі магниттен тұратын магнитті байланыстың мысалы арқылы талдануы мүмкін (7.26-сурет).

Сыртқы магнит 1 жетекші болып табылады, ол статордың айналмалы магнит өрісіне ұқсас N-S магнит өрісін құрады. Ішкі магнит 2 S0 - N0 өрісін құру ротордың орамынан жасалған Тұрақты магниттік ағыны бар CM роторына ұқсас.



Сурет. 7.26. Магниттік байланыстыру: 1 - сыртқы магнит; 2 - ішкі магнит

Магниттік байланыстар жұмыс істеген кезде магнит өрісі өзара әрекеттеседі.

Сыртқы және ішкі магниттер. Магнит ағындарының «біріктірілуіне» байланысты сыртқы магнит бұрыштық жиіліктегі ω_j бастапқы қозғалтқыш көмегімен

бұрылады, ішкі магнитті енгізеді. Ішкі және сыртқы магниттердің айналу жылдамдығының тұрақты күйі бірдей (синхронды) және ω_j тең болады. Сол қағида синхронды қозғалтқыштың жұмысына негізделген (SD).



Ротор орамасының өндірілетін тұрақты магнит өрісі бар Айналмалы магнит статор өрісінің өзара іс-қимыл жасаған бұрау моменті.

Қандай мәселелер $\theta = 0$ бұрышы - айналмалы саласындағы (F) осіне және ротордың магниттелген бағыты арасындағы бұрыш $(\theta = 0)$ - нөлге тең. ішкі магнит осі (немесе синхронды мотор ротордың) Егер Қандай мәселелер қарсы сәтінде (жүктеме) жасау үшін, ішкі магнит сыртқы магнит бұрыш θ лаг болады, бірақ сол бұрыштық жиілік ω_j кезінде бұру жалғастырады. Өсті қысым бұрышын θ арттырады, және $\theta > 0$ крит ішкі магнит полюсі төтенше жағдайда сыртқы магнит полюстерінің шығып, магнит ағынының артады қарсылық күрт төмендейді және дамыған бұрау моменті мотор (ротордың тоқтатады) «синхронды шығып құлайды».

7.8.3. Генератор режимінде синхронды машинаның жұмыс істеу принципі

Егер ішкі магнит (немесе СМ роторы) турбинаның көмегімен сыртқы жағынан бұрылса және $M_{пр}$ сыртқы магнит осіне (немесе статор орамасының СМ жүктелуіне қосылса), - генераторлық режимде болса, онда магнит ағыны Φ_0 ағыны θ бұрышынан шығады. магнит сондай-ақ бұрыштық жиілікте ω_j ішкі жолмен жүреді.



СМ ең генератор ретінде пайдаланылды. Бастапқы қозғалтқыш бу турбинасы болуы мүмкін (бұл жағдайда қозғалатын SM турбогенератор деп аталады), гидравликалық турбина (гидрогенератор) немесе дизельді қозғалтқыш.

Турбогенераторлар - айқын полюстермен жоғары жылдамдықты екі полярлы машиналар.

Гидрогенераторлар айқын полюстері бар баяу қозғалатын көп полярлы (100 полюс) машиналар. $F = 50$ Гц және $p = 1$ кезінде турбогенератордың айналу жылдамдығы $n = 60 / p = 3000$ айн / мин, ал, мысалы, Днепровская ГЭС-інің гидрогенераторында $p = 36n = 83$ айн / мин. Генератор терминалдарында 50 Гц кернеуді қамтамасыз ететін айналу жиілігі.



Синхронды генераторда (SG) электромагниттік индукция феномені пайдаланылады: өткізгіштің магнит өрісін кесіп өтіп жатқанда, оған EMF индуцирует: $E = seF0n$, мұнда se - сындарлы коэффициент; $F0$ - магнит ағыны; n - айналу жиілігі.

Бұл жағдайда айналу орамында және сыртқы күштің (турбинаның) көмегімен айналатын тұрақты өріс статордың стационарлық орамасындағы EMF-ды индуцирует. Егер машина үш фазалы болса, онда үш фазалы ЭМӨ жүйесі - бір-біріне қатысты 120° бұрышпен ауысып, үш бірдей EMF шығарылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

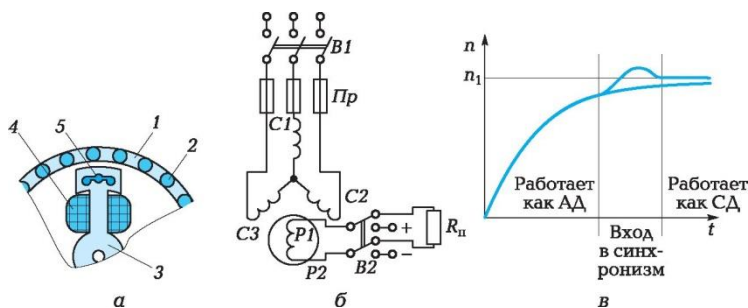
1. Синхронды машинаға қандай элементтер кіреді?
2. Синхронды машинаның стататоры асинхронды статоратордан ерекшеленеді?
3. Синхронды машинаның принципін түсіндіріңіз.
4. Үш фазалы синхронды машина қайда қолданылады?

7.9.

ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМІНДЕ СИНХРОНДЫ МАШИНАНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ РЕЖИМІ

7.9.1. Синхронды қозғалтқышты іске қосу мүмкіндіктері

Синхронды қозғалтқыштың 1 статорында орналасқан орамалар 2 (7.27, а) үшфазалы желіге қосылады, ал 4 өріс орамасы тұрақты кернеу көзіне қосылады, қозғалтқыш білігінің айналу жиілігі $f = f_j \blacksquare 2p$ ($f_j = 50$ Гц және $p = 1$ $f = 100$ Гц).



Сурет. 7.27. Синхронды қозғалтқыш: асинхронды орамасы бар сындарлы схема; б - іске қосу тізбегі; с - ротордың жеделдетілген уақытша диаграммасы; 1 - статор; 2 - статор орамалары; 3 - ротор; 4 - ротордың орамдық қозғалысы; 5 - бастапқы орам

Осындай жоғары жиілікте және инерцияның айтарлықтай сәтінде ротор 3 қозғалмайтын болып қалады, өйткені өріс ротордың тіректерінен өте жылдам өтеді.

Жарық диодты жылдамдату үшін оның роторы артериялық қысымға арналған сакиналы дөңгелекті ұқсас 5 бастапқы орамасымен бірге жеткізіледі.

Шыбықтар бастапқы ротор полюстерінің орамасының және шеттерін байланысып жатыр. Бұл CD жылы BP ретінде желісінде тікелей қосуды рұқсат (сур. 7.27, б). Алдын ала B2 қосқыш ротор орамасының P1-P2 бастап Резистор Яп қысқартылған болатын орынға орнатылады. Бұл Ротор орамасының азықтандыру тұрақты ток кернеуінің зақымдауы мүмкін, едәуір индукцияланған оның орамасының ЭҚК жылы жеделдету кезде, себебі жасалуы тиіс. B1 қосқыш, содан кейін қосуды және синхронды жылдамдығы жақын роторлы жиілігі, тұрақты ток кернеуі көзіне қосылған қосқыш B2 ротордың кейін отыр.

Бастапқы момент АЖ-ның бастапқы сәті секілді құрылады, ал басында АМ сияқты АМ-да жұмыс істейді. Егер жылдамдық n синхрондық жиілікте (7.27, с) айналса, ротордың синхронды айналуына «кері кетеді» және жиілік диапазонымен революцияны жалғастырады. Ротордың бастапқы орамасы жұмыс істемей тұр, өйткені ол қазіргі уақытта айналмалы статор өрісі арқылы қиылыспайды.

7.9.2. Төмен қуатты синхронды машиналар

Тікелей токпен СМ-да роторлы ораманы жеткізу екі кемшілікті тудырады:

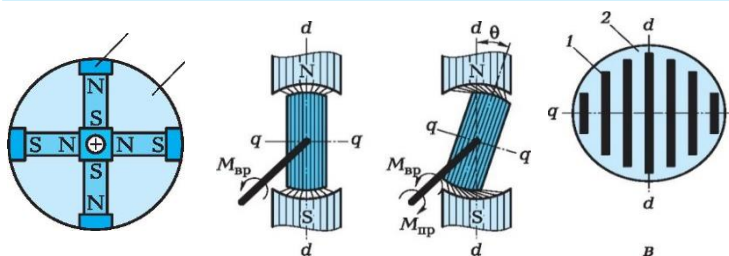
- Тұрақты кернеу көзі қажет;
- Байланыс құрылғысы (қылшақпен сакиналар) құрылғының сенімділігін төмендетеді.

Төмен қуаттағы машиналарда (300 Вт дейін) ротордың электромагнитінің орнына жоғары мәжбүрлі күші бар тұрақты магнитті пайдалануға болады.

Мұндай машиналар гистерезис деп аталады. Оларда магниттер алюминиймен құйылады, қатты цилиндр қалыптастырады (7.28, а). Алюминий айналмалы магнит өрісінің әрекет етуі кезінде толқынды токтарға енгізілетін бастапқы орамның рөлін атқарады. Осы токтар қолданысы кезінде ротор ротордың қысқа тұйықталу роторымен бірдей айналады.

Аққыштық қозғалтқыштарда төмен қуатты машиналарды кеңінен қолданған. Оларда ротордың тұрақты өрісі жоқ. Ротордың айналуы статор статорының осіне бойлай орналасқан және статор өрісімен синхронды түрде айналатын жүктемені ($M_p = 0$) болмаған кезде роторды күшейтетін магниттік өрістердің «икемділігі» арқылы (7.28, b, c) және арнайы формамен қамтамасыз етіледі. Жүктемемен ($M_p > 0$) ротор осы 0 бұрышынан кешіреді, бірақ синхронды жиілікте айналуы жалғастырады.

Ротор суретте көрсетілген. 7.28, b ферромагниттік материалдың бүйіріндегі цилиндр түрінде және Роторда көрсетілген. 7.28 болат жолақтары 1 алюминиймен толтырылады. Екі жағдайда да d-d осі бойынша магнитизация q -q осіне қарағанда әлдеқайда оңай.



Сурет. 7.28. Төмен қуатты синхронды машиналардың роторларының конструкциялық схемасы:

a - гистерезис; b, c - реактивті; 1 - болат жолақтар; 2 - алюминий

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. SD-ны іске қосудың ерекшеліктері қандай және ол қалай іске қосылады?
2. Төмен қуатты SM дизайнының ерекшеліктері қандай?
3. Гистерезис қозғалтқышы дегеніміз не?

7.10.

ТҰРАҚТЫ ТОҚ МАШИНАЛАРЫ ЖАЛПЫ АҚПАРАТ

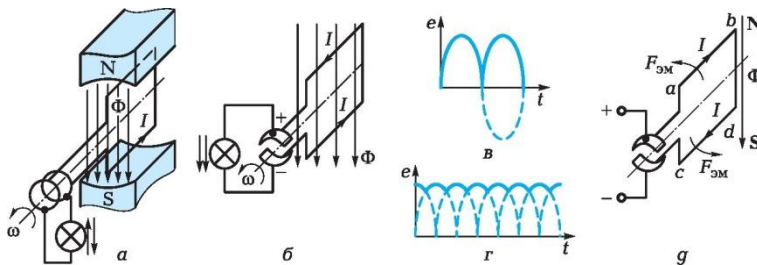
7.10.1. Тұрақты ЭМФ алу принципі

Кез-келген ЭМ-дегідей магнит өрісінің және ток өткізгіштерінің өзара әрекеттестігі тұрақты ток машинасының әрекетіне негізделген.

Егер раманы тұрақты магнит өрісіне қойып, оны тұрақты бұрыштық жиілікте айналдыра алсақ, онда онда $\text{emf } e(t)$ айнымалысы индукцияланады. Байланыстыру шеңберлерінің көмегімен бұл ЭМӨ жүктемеге қосылуы мүмкін. Ауыстырғыш осы принцип бойынша жасалады (7.29-сурет, а).

Егер екінші жағынан сақиналар бір-бірінен оқшауланған және бір-біріне сымдар арқылы қосылатын екі жарты сақина (сурет 7.29, б) алмастырылса, онда қылшықтарды айналдыру сол белгідегі пульсирующий ЭМӨ туғызады (7.29, в) .

Жүктемедегі кернеу түзетіледі. Осы қағида бойынша DC генераторы орналастырылған. Егер біз өзара екі перпендикулярлық шеңберді және төрт жұпты алсақ, онда түзілген кернеудің импульсы кішірек болады (7.29, г).



Сурет. 7.29. Пульсирленген эмф алу принципін түсіндіретін схемалар мен графиктер (a-d)

Егер n кадрлары және $2n$ semirings бар болса, ток тұрақты түрде өзгереді ($n > 16$ үшін, өршуі коэффициенті $p < 1\%$).

7.10.2. Дизайн және жұмыс принципі



МПТ-ның тән бөлігі - коллектор - ротордың (кадрдың) орамасына генераторлық режимде МРТ жұмыс істеу кезінде қылшақтардағы пульсирленген кернеуге енгізілген ауыспалы токтың эфмді түрлендіретін құрылғы.

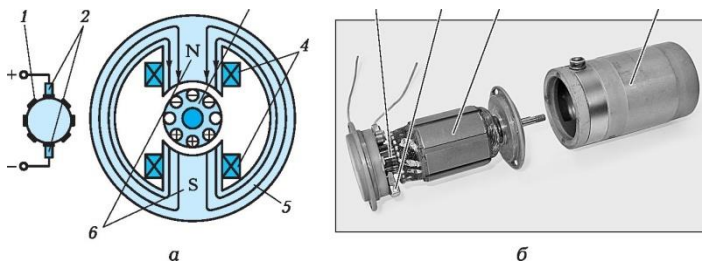
Реверсивтіліктің арқасында МТВ қозғалтқыш режимінде жұмыс істей алады. Ол үшін щеткалар тұрақты кернеумен қамтамасыз етілуі керек. Бұл жағдайда, жинаушы орамасының ротордың ағымдағы айнымалы үшін, қылқалам жеткізілетін тікелей ток түрлендіреді. Бұл өзгеріссіз электромагниттік күш ЕЕМ бағытын сақтайды (сур. 7.29, г), ағымдағы өткізгіштен басқа полюстерін (S) және полюсті саласындағы бір полярлығы аймағында (N) полюсі орамасының ротордың өтпелі, сондай-ақ бағытын өзгертеді.

ЭМӨ индуцирленген машинаның бұл бөлігі якорь деп аталады. Қарастырылып отырған жағдайда арматураның роторы ротордың рөлін атқарады, сондықтан МРТ-де ротордың орамасы деп аталады.



Құрылымдық жағынан, МПТ (7.30, а)

- статор 5 Қозғалтқыш орамасы 4 тікелей токпен берілетін және тұрақты N-S магнит өрісін құрайтын 6 тіректерімен;
- якорь 3 ораммен;
- 1 қылшықпен жинаушы 2.



Сурет. 7.30. Тұрақты ток машинасы:

а - сындарлы схема; б - қозғалтқыштың тұрақты магниттерден қозғалуымен компоненттерінің пайда болуы; 1 - коллектор; 2 - қылқалам; 3 - орамасы бар ротор (арматура); 4 - қозу орамдары; 5 - статор; 6 - полюстер

МПТ орамдарының ұштары қысқыштардың терминалына шығарылады және келесідей белгіленеді:

H1 - H2 - арматура орамасы;

Ш1 - Ш2 - параллель қозғауды (шунттау) орау; C1 - C2 - сериялы қоздыру катушкалары (сериялы), онда 1 - бастау, 2 - орамның ұштары.

7.10.3. ЭМӨ және электромагниттік сәт



Электромагниттік индукция заңына сәйкес, роторлық орамаларда айналу кезінде ЭМӨ индукцияланады: $E_a = c_e \Phi n$, мұндағы c_e - сындарлы коэффициент; Φ - магниттік ағын, n - айналу жиілігі.

Генераторда бұл ЭМӨ жүктеме берілуі мүмкін щеткаларда кернеудің пайда болуының басты себебі болып табылады.

Қозғалтқышта EMF U кернеуіне қарсы әрекет етеді, жұмыс кезінде арматура орамасындағы тоқты төмендетеді:

$$I_d = (U - E_a) / Y_a,$$

онда D -якорь қарсылық.

Электромагниттік сәттің өрнегін Ампер формуласы негізінде алуға болады. Егер ток I -мен өткізгіш l индукция B -мен магнит өрісіне орналастырылса, онда $F_{\text{ЭМ}} = I l B$ күші әрекет етеді. Бұл жерден

$$M = c I \Phi$$

айн М Я В '

мұндағы cM - сындарлы коэффициент; I - арматура тоғы; Φ - қозғаудың магнит ағыны.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

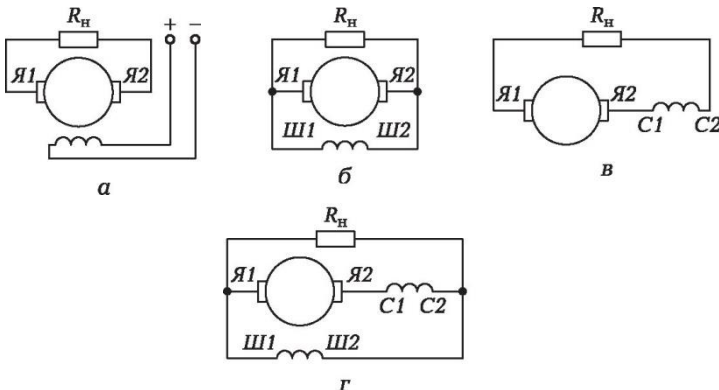
1. Арматура орамасындағы ЭМӨ-нің өзгерістері мен тұрақты ток генераторының щеткаларын сызыңыз.
2. Тұрақты ток машинасында коллектордың рөлі қандай?
3. EMF және МАТ ішіндегі электромагниттік момент үшін өрнек жазыңыз.

7.11. ТҰРАҚТЫ ТОҚ ГЕНЕРАТОРЫ

7.11.1. Тұрақты ток машинасын генераторлық режимде пайдалану

Қозғалтудың келесі әдістері бар:

- электромагниттік қозғау;
- Тұрақты магниттерден козу.



Сурет. 7.31. Қозғалатын DC машиналары:
а - тәуелсіз; б - параллель; в - дәйекті; г - аралас



Қоздырғыш орамалардың схемасына қарай, МПТ болуы мүмкін (7.31-сурет):

- тәуелсіз қозғаумен;
- параллель қозғау (шунт машиналары);
- дәйекті қозғау (сериялық машиналар);
- Аралас қозғау (аралас машиналар). Соңғы үш машина өзін-өзі қоздыратын МРТ деп аталады.

Арматураның тізбегіндегі жүктеме генераторының терминалдарына жалғанған кезде, ток 1А-ға орнатылады, ал демалыс соңында кернеу

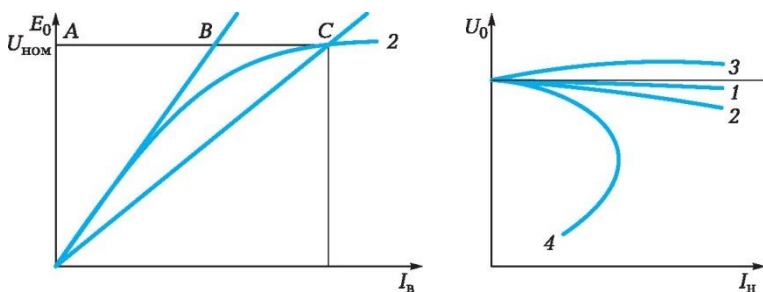
$$I_{\text{я}} = E_{\text{я}} -$$

онда арматура тізбегінің барлық бөліктерінің кедергісі (арматура орамасының кедергісі, қосымша полюстер орамдары, дәйекті қозу орамдары, коллекторлар мен щеткалар).



Ең үлкен қолданыс өзіндік қоздыруға болатын генераторларға арналған, өйткені олар арнайы қуат көзін қажет етпейді.

Өздігінен қозу магниттік жүйе магниттелгеннен кейін шиеленісті босатқаннан кейін қалдық магнетизмді сақтайды. Қалдық магнит ағынының $F_{\text{ауст}}$ мәні аз - $F_{\text{м}}$ максималды ағынының шамасының шамамен 3%.



Сурет. 7.32. Тік ток генераторының сипаттамалары: - және - бос тұру; b - сыртқы

Арматура бұрылады кезде F_{ost} қалдық магниттік ағыны ағымдағы қозғау орамасының ағып, оның әсерінен, E_{ost} орамасының арматура ЭҚК индуцирует және OST 7C магниттелуі күші $IB.OClwB$ жүреді. Егер бұл магнитизация күші V_{ost} шығысымен сәйкес келсе, онда ағым DF арқылы артады, яғни $Faust + DF$ -ге тең болады. Бұл, өз кезегінде кернеу ($+ E_{ost} DE$), ағымдағы ($Det + DV$) және т.б. арттырады

Процесс қоздыру тізбегінің $UB = IBRB$ кезінде сондай-ақ ұзақ кернеу ретінде жалғасуда (суретте 1-жол. 7.32, а) генератор тізбектің кернеуі U_0 теңестіреді. Бұл тепе-теңдік (7.32. Суретте қисық 2) бос жүріс тән C нүктесі сәйкес келеді.

7.11.2. Бос тұру сипаттамасы

XX сипаттамасы EMF қозғаушы токқа E_0 : $E_0 = f(IB)$ тәуелділігі болып табылады. Бұл генератордың магниттік қасиеттерін бағалауға мүмкіндік береді. Шын мәнінде, бұл машинаның магниттік сипаттамасы ретінде қарастыруға болады $\Phi_0 = f(IB)$. Қозғалыс тоқының жоғарылауы магнит ағынының, демек, ЭМӨ-нің өсуіне алып келеді. Сонымен қатар, бастапқы бөлігінде машина магниттік схемасы қанықпаған кезде, $E_0 = f(IB)$ тән түзу сызыққа жақын (3-суреттегі 7.32, а) түзу сызық. ферромагниттік материал магниттік индукция шағын болып табылады және ол толы емес, сондай-ақ күшін табиғилығымен қозу, катушкалар, әуе соққылары магнит әлеуетті құлдырауына іс жүзінде тең. осы сайттар қанығуы әкеледі ферромагниттік бөліктер артады бойынша қоздыруды ағымдағы магнит ағынының тығыздығы, сондай-ақ. бұл сызықтық тәуелділік $E_0 = F(IB)$ жылы (суретте қисық 2. 7.32, а) сынған.

Кедергі сипаттамасына сәйкес, генератордың магнит жүйесінің қанықтылығының дәрежесін бағалауға болады. KC қанықтыру коэффициенті AC / AB ($K_s = AC / AB$) коэффициентімен айқындалады, өйткені AB сегменті $AЖ$ ағынында барлық магнитизация күші жұмсалатын қанықпаған машинаны сипаттайды, ал $BK BC$ магниттік тізбектің ферромагниттік бөлігіндегі магнитизация күші болып табылады.

$K_c < 1.25$ кезінде машина нашар қаныққан, $K_c = 1.25 \dots 1.75$ кезінде машинаның қанықтылығы орташа, $K_c > 1.75$ кезінде машина қатты қаныққан.

7.11.3. Сыртқы сипаттамасы

Ол генератордың шығыс кернеуінің жүктеме тоғына тәуелділігін көрсетеді және айналу жылдамдығының тұрақты жылдамдығынан алынады.

Қоздырғыш орамалардың қосылатын түріне қарай, сыртқы сипаттамасы басқа формаға ие болады (7.32, б).

1-қисық тәуелсіз қозғаумен генераторға сәйкес келеді. Кернеудің төмендеуі кернеудің жоғарылауымен негізінен кернеудің төмендеуі есебінен анкерлік тізбектің кедергісі (көздің ішкі кедергісі) болып табылады.

2-қисық параллель қозғаумен генераторға сәйкес келеді. Оның өткір тамшы төмен шығыс кернеу қозу ток төмендету әрі қарай түсіндіріледі.

Қосу аралас қоздыру орамасының машина және дауыссыз (екеуі де магниттік ағыны арттыру) сериясы қоздыру орамасының көмегімен кернеу құлдырауына (қисық 3) өтелуі мүмкін.

(Олардың қарсы бағытталған күш табиғилығымен) енгізу орамасының кездесу кезінде магнит ағынының күштер дәйекті және қосарлас қоздыру орамасының табиғилығымен айырма жинақталатын бері шығыс кернеудің күрт, (қисық 4) төмендейді.

Әрекетсіз бастап білдіру анықталады номиналды жүктеме тогы көшу кезінде кернеу төмендету пайызы

$$DU = ((U_{\text{ном}} - E_0)/U_{\text{ном}}) \cdot 100.$$

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Тұрақты генераторларды қоздырудың негізгі әдістері.
2. Генератор мысалында өздігінен қозудың мәнін түсіндіріңіз.
3. Генератордың негізгі сипаттамаларын атаңыз және олардың пайда болуын түсіндіріңіз.

7.12.

ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ

7.12.1. Тұрақты ток машинасын қозғалтқыш режимінде пайдалану

Электр моторлы ұқсас генератор тізбектің құрылымдық сұлбасы және сол негізгі компоненттер кіреді: статор, ротор және

жинаушы. Қозғалтқышты орамаға қосу схемалары генератормен бірдей. Олар, сондай-ақ, арматура орамасының ішінде электр тогының ағып кететін тұрақты магниттік ағын қалыптастыруға қызмет етеді.



Егер кернеу U арматура орамасына қолданылса, онда ток ағып өтеді. Ағымдық және магнит ағынының өзара әрекеті арматураның айналуына әкелетін электромагниттік сәтті тудырады. Қайта айналып бастағаннан кейін (магнит өрісін қию) ЕМҒ өз орамаларында индуцирленеді, ол ток кернеуіне бағытталған (7.33-сурет).

Якордағы жалпы ток

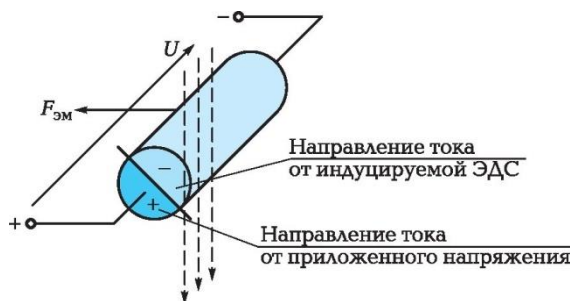
$$4 = (U - E_y) / \mathcal{E}_{Дя}.$$

Ескере отырып, $E = c \cdot \dot{\Phi}$, өрнек жазуға болады айналу жылдамдығы қозғалтқыштың түрінде $n = Eu / (c_e F) = (U - \ln H) / (c_e F)$. Сонымен бірге Амперге формуласына сәйкес $M_{вр} = cu / df$, яғни $4 = M / r / (SyFB)$. Бұл жерден

$$n = (U - 4Дя) / (c_e \Phi) = u / (c_e \Phi) - (Дя / (c_e Sy \Phi^2)) M_{вр}.$$

Тұрақты күйден бастап, айналу сәтінде жүктемені тенгеру керек, біз жаза аламыз

$$n = U / \dot{\Phi} - (R / (c_e Sy \Phi^2)) M_n = \Pi_0 - A_n.$$





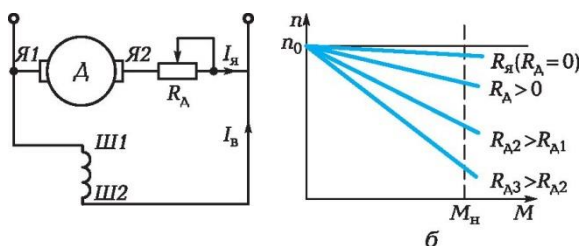
Бұдан шығатыны, ротордың жылдамдығы азаяды. Шындығында R_p кедергісі кішкентай, сондықтан екінші өрнектің ерітіндісі (3 ... 7)% жоқ $= U / (с\epsilon F)$.

Тұрақты ток қозғалтқышы қатты механикалық сипаттамаға ие.

7.12.2. Жылдамдықты басқару

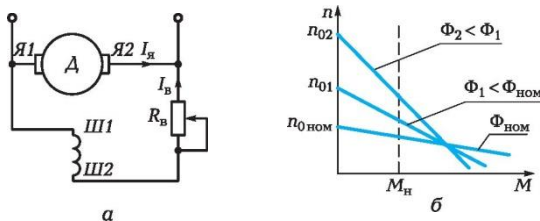


Тұрақты ток қозғалтқышының механикалық сипаттамасы оның ротация жиілігін реттеу келесі себептерге байланысты мүмкін екендігін көрсетеді:



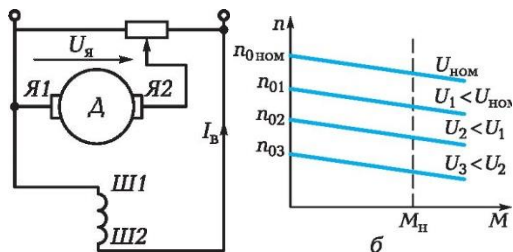
Сурет. 7.34. Реостаттың жылдамдығын реттеу:

а - басқару схемасы; б - механикалық сипаттамалары



Сурет. 7.35. Полустер жылдамдығын реттеу:

а - басқару схемасы; б - механикалық сипаттамалары



Сурет. 7.36. Бекіту жылдамдығын реттеу:

а - басқару схемасы; б - механикалық сипаттамалары

■ якорь тізбегіндегі кедергідегі өзгерістер ($A + + A$) - реостаттың реттелуі (7.34-сурет, а). Бұл жағдайда n_0 термині өзгеріссіз қалады, ал A кең ауқымда өзгереді (7.34, б);

■ Қозғалыс ағынын ф-полустық реттеудегі өзгерістер (7.35-сурет, а). Бұл жағдайда n_0 және A өзгерісі де бар (сурет 7.35, б). Полусті реттеу өте үнемді, себебі F қозғауының магнит ағынының бақылауы шамасы аз болатын қозғау токін өзгерту арқылы жүзеге асырылады;

■ якорь орамасының беріктік кернеуінің өзгеруі - анкерді реттеу (7.36, а). Бұл жағдайда қозғау ағыны өзгеріссіз қалуы тиіс, яғни қозғалтқыш тәуелсіз немесе параллель қозғаумен болуы керек. Қозғалтқышты айналу жиілігі анкерлі орамның кернеуіне байланысты іс жүзінде сызықтық болады (7.36, б).

■ якорь орамасының беріктік кернеуінің өзгеруі - анкерді реттеу (7.36, а). Бұл жағдайда қозғау ағыны өзгеріссіз қалуы тиіс, яғни қозғалтқыш тәуелсіз немесе параллель қозғаумен болуы керек. Қозғалтқыштың айналу жиілігі анкердің орамасының кернеуіне байланысты іс жүзінде сызықтық болады (7.36, б).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Тұрақты ток қозғалтқышының принципі қандай?
2. Доңғалақты қозғалтқыштағы коллектордың рөлі қандай?
3. АҚТҚ қозудың негізгі жолдарын көрсетіңіз.
4. Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы қандай?
5. Тұрақты ток қозғалтқышының жылдамдығын басқарудың қандай жолдары бар?

ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ІСКЕ ҚОСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ. ҚОЗҒАЛТҚЫШ КІРІСПЕ ЖҮЙЕСІ ЖӘНЕ ӘЛЕМДІК КОЛЛЕКТОР ҚҰРАЛДАРЫ

7.13.1. Қозғалтқышты іске қосу және бастапқы реостаттың рөлі

Себебі якорь ағымы өрнекпен анықталады

$$4 = (U - E_{я})/D_{я} = (U - c_{сФл})/D_{я},$$

онда $n = 0$ басталу сәтінде ІНР бастапқы ток тең

$$4П = U/R_{я}.$$

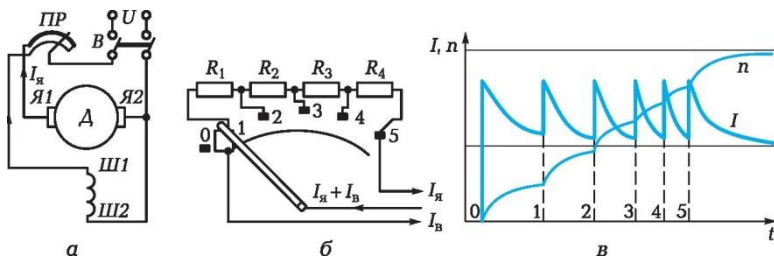
Арматура орамасының кедергісі кішкентай, сондықтан бастапқы ток 20-дан 50 есе асып кетуі мүмкін. Бұл қозғалтқыштың сенімділігін төмендетеді, бірінші кезекте коллекторлық-щетка құрылғысы. Үлкен ағымдар якорь орамасының қызып кетуіне әкеліп соғады, сондай-ақ айналмалы бөліктерге әсер ететін айналуына күрт ұлғаюына әкеледі.

Бастапқы уақытты бастау уақытын шектеу үшін реваншты анкерлік тізбеге енгізеді. Бұл жағдайда

$$I_{я.П} = U/(R + R_{п.р}).$$

Осылайша, іске қосу тоқты рұқсат етілген мәнмен шектелуі мүмкін. Зәкір оның орамында дисперсті болғандықтан, EMF айналу жылдамдығына пропорционалды. Арматура ағымы төмендейді, бұл реостаттың қарсылығын нөлге дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Ротор айналымының жылдамдығын арттырғаннан кейін, арматура ток қайтадан $I_n = (U - E_s) / R_{si}$ өрнегімен анықталады.

Суретте. 7.37 және қозғалтқышты іске қосу схемасы OL реостатымен көрсетілген. 7.37, b - бастапқы реостаттың схемасы. Қозғалтқышты желіде іске қосудан бұрын, бастапқы ревизор «0» күйіне орнатылады. Бұл жағдайда арматураның тізбегіне $R_j + R_2 + R_3 + R_4$ жалпы кедергісі бар қосымша резисторлар енгізілген. Қозғалтқыш жылдамдаған сайын және ток азая бастағанда, бастапқы реостат 1, 2, 3, 4 және 5-орынға ауыстырылады. Қарсылық мәні дискретті нөлге дейін төмендейді. Айнарудың ағымдағы және айналу жылдамдығы номиналды мәнге жетеді.



Сурет. 7.37. Тұрақты ток қозғалтқышын іске қосу:

а - бастапқы реостатта қосудың диаграммасы; б - бастапқы реостаттың схемасы; с - арматура ағымының өзгеруінің уақыт диаграммасы және іске қосу кезінде айналу жылдамдығы

Суретте. 7.37, с іске қосу кезінде I арматура тоқының және айналу жылдамдығының өзгеруін көрсетеді.

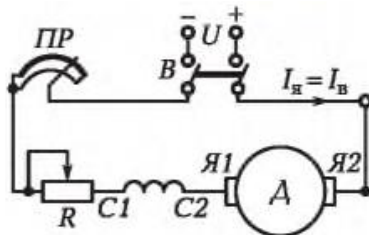
7.13.2. Сериялы қозғалысы бар тұрақты токтың қозғалтқышы

Қозғалтқыш сериясында қозғалтқыштың ішкі иіндісі және қоздыру токі бірдей ток болып табылады (7.38-сурет). Демек, қозғау ағыны арматура ағымына бара-бар, $F_v = k! Я$. Бұл жағдайда айналу Арматураның квадраттық токына пропорционалды:

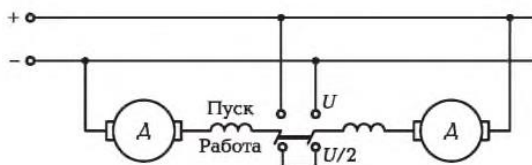
$$M_{вр} = C_m \Phi_v 4 = I^2$$

яғни. якорь токтарының тегіс өсуі өте өткір

яғни. ротордың жылдамдығы арматура токтарына кері пропорционалды.



Сурет 7.38. Қозғалтқышты іске қосу схемасы



Сурет. 7.39. Трамвай автокөлігіндегі қозғалтқыштарды қосу схемасы

Осылайша, жүктеме неғұрлым көп болса, $M_{вр}$ моменті үлкенірек болады, сондықтан ІН тогының соғу жиілігі неғұрлым көп болса және ротордың жылдамдығы аз болса. Егер жүктеме болмаса, онда MWR сәті кішкентай, ток аз және жиілік n шексіздікке (қозғалтқыш «аралықты» қосуы мүмкін). Осылайша, кішкентай жүктеме сәтінде, арматура ток аз, ал айналу жылдамдығы айтарлықтай.

Демек, көліктік құрылғылардың негізгі қозғалтқышы болып табылатын сериялы қозғаумен DCT бар. Жерден қозғалу кезінде жүктеме моменті үлкен, ток үлкен болуы керек, айналу жылдамдығы аз. Көлік құралын жеделдетіп болғаннан кейін, жүктеме моменті кішкентай, якор тогы кішкентай және айналу жылдамдығы айтарлықтай көп.

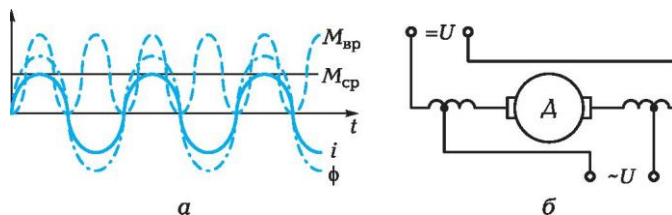
Әдетте трамвайдағы автокөлікке дәйекті қоздыруы бар екі қозғалтқыш орнатылған (7.39-сурет). Қосқан кезде олар толық кернеу U (іске қосу сәті үлкен) астында параллельді қосылады және үдеуден кейін $U / 2$ кернеуінің жартысынан кем (қозғалыс кезінде сәтсіз).

7.13.3. Әмбебап коллекторлық мотор

Бұл қозғалтқыштар АС және АС фазалы желілерінен жұмыс істеуге арналған. Олар конструкцияда сериялық қозғаумен тұрақты токтың қозғалтқыштарына ұқсас.

Айнымалы ток бағыты өзгерген кезде, $M_{вр}$ айналу сәті өз бағытын сақтайды, өйткені магниттік ағынның Φ_B бағыттары мен І якор ток бір мезгілде өзгереді:

$$M = c \Phi I = c (-\Phi) (-I) \\ \text{вр } M^{\Phi_B} \text{ Я} \quad M^{(\Phi_B)} \text{ Я}.$$



Сурет. 7.40. Әмбебап коллекторлық мотор: а - уақыт кестесі; б - айнымалы ток және тұрақты ток желілерін қосу схемасы

Бұл жағдайда білікке арналған сәтте $M_{\text{ср}}$ уақыт кезеңіне тең (сурет 7.40, а), өйткені оның инерциясымен ротордың жылдамдығы 100 Гц жиілікте өзгертін бір сәтте МВП-ға жауап бере алмайды.

Осылайша, ток қозғалтқышқа ұқсас қозғалтқыш ауыспалы ток желісінен жұмыс істей алады. Ол 3000-нан 20 000 айналымға айналу жылдамдығын дамытады және тегіс бақылауға қабілетті. Жылдамдықты реттеу әдістері DC электр қозғалтқышымен бірдей. Әмбебап қозғалтқыштар тұрмыстық техникада: кофе-тегістегіштерге, шаңсорғыштарға, электрбұйымдарға, тігін машиналарына, сондай-ақ медицинада қолданылады. Индустрия әмбебап коллекторлы қозғалтқыштарды шығарады (мысалы, UL сериясы) 400 Вт дейінгі қуаты бар.

Мұндай қозғалтқышты қосу сұлбасы сур. 7.40, б. Кернеу астында ауыспалы ток жұмыс істегенде, қозғалтқыш орамасының бір бөлігі қосылады, ал тұрақты түрде барлық орам қосылады. Бұл тікелей және ауыспалы ток сипаттамаларын жақындату үшін жасалады. Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштардың жетіспеушілігі - бұл коллекторлық құрылғы қылқаламымен тозу.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Тұрақты ток қозғалтқышын іске қосу ерекшеліктері қандай?
2. Бастапқы реостаттың рөлі қандай?
3. Тұрақты қозғалтқышы бар тұрақты токтың қозғалтқышының ерекшеліктері қандай және оны негізгі қолданысы қайда тапты?
4. Әмбебап коллекторлы қозғалтқыштарға тән қандай?

Бөлім 8

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУ ЖӘНЕ ЖЕТКІЗУ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ӨНДІРІСІ

8.1. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУ

8.1.1. Электр энергиясының дәстүрлі көздері

Электр тізбегі - электр тогының ағымын қамтамасыз ететін құрылғылар жиынтығы. Бұл құрылғылар, бірінші кезекте, электр энергиясының көздері, электр желілері мен электр энергиясын тұтынушылар (жүктеме) болып табылады.

Осылайша, жүктемені электр қуатымен қамтамасыз ету үшін оны жеке тұтынушылар арасында өндіру, беру және тарату қажет.

Өндірілетін электр энергиясының басым бөлігі электр қозғалтқыштары генераторлары арқылы жасалады, ал бастапқы (қозғалтқыш) қозғалтқышы:

- бу турбиналары - жылу және атомдық электр станциялары;
- гидравликалық турбина - гидравликалық электр станциялары.

Бұл жағдайда электромеханикалық генератор ретінде синхронды машина пайдаланылады, оның роторы турбина білігіне қосылған. Қозғалтқыштың қозғалтқышына байланысты, синхронды генератордың дизайны әртүрлі болуы мүмкін. Егер бу турбинасында айналу жылдамдығы 3000 айналымға жетсе, онда гидравликалық турбинаға 100 айналымнан аспайды. Сондықтан, 50 Гц өндірістік жиілік кернеуін алу үшін, турбогенератор айқын емес полюстері бар екі жылдамдықты жоғары жылдамдықты құрылғы болуы керек. Гидрогенератор - айқын полюстері бар баяу көп полярлы (100 полюсқа дейін) машина. Біз бұл туралы б. 7.8.3 айттық.

Тиісінше, ротордың конструкциясы орындалды.

Турбогенераторда ротор диаметрі шамамен 1 м және ұзындығы 10 м дейін болса, ротордың диаметрі ұзындығы 5 м дейінгі гидрогенераторда 20 м дейін жетуі мүмкін, сондықтан турбогенератор көлденең орнатылған және гидрогенератор тігінен орнатылады.

Автономды электр станцияларында ішкі жану қозғалтқышы қозғалтқыш ретінде пайдаланылуы мүмкін. Бұл электр станциялары электр қуаты болмаған жерлерде: барлау экспедицияларында, солтүстік бұғы малшыларының лагерьлерінде, коттеждерде және т.б.

Сонымен қатар, электр энергиясын өндіру үшін күн энергиясы, геотермалдық энергия, гидроэнергетика, теңіз толқыны энергиясы және т.б. пайдалануға болады

Барлық қарастырылған энергия түрлерін екі үлкен топқа бөлуге болады:

- Жаңартылатын;
- жаңартылмайтын.

Отынның күйдірілген энергиясы (көмір, мұнай, газ, шымтезек, сланец) және ядролық отын жаңартылмайды. Энергияның барлық басқа түрлері жаңартылатын болады, оның ішінде жақында Батыста кеңінен қолданылатын өртелген биомасса энергиясы.

Әрине, энергияның жаңартылмайтын түрлерін пайдалану болашақ ұрпақтар тұрғысынан ысырапсыз, бірақ қазіргі таңда әлемдегі электр энергиясының көп бөлігін өндіруді қамтамасыз ететін жылу электр станциялары - шамамен 63%. Бұл электр энергиясын өндірумен қатар қалалар мен қалаларды жылумен және ыстық сумен қамтамасыз ете алады. Мұндай электр станциялар жылу электр станциялары (ЖЭС) деп аталды. Олардың тиімділігі 70% жетуі мүмкін. Олар елді мекендерге жақын жерде орналасқан.

Электр қуатын өндіруге арналған қуатты жылу электр станциялары, әдетте, бірнеше жылдар бойы (мысалы, Екібастұз ЖЭС) жұмыс істеуін қамтамасыз ететін табиғи ресурстардың маңызды кен орындарының жанында салынады. Олардың тиімділігі әдетте 30% - дан аспайды.

Атом электр станциялары (АЭС) жылу электр станцияларына да тиесілі. Олар сондай-ақ су энергиясын түрлендіреді.

Электр энергиясын өндіретін генератордың роторын айналдыратын бу турбинасының механикалық энергиясына бу.

Айырмашылық тек отын сипатында. Атомдық электр станцияларында отын атом реакторында реттелетін тізбекті реакцияны қамтамасыз ететін 235 радиоактивті уран бар.

Уран ядроларының бөліну процесінде үлкен жылу бөлінеді, ол арнайы жылу сұйықтығымен жойылады және жылу алмастырғышқа қызып кететін бу шығарады. Соңғы бу қазандығында су буы айналдырылады. ЖЭС-ға дейін АЭС-тің негізгі артықшылығы тұтынылатын отынның айтарлықтай аз көлемі:



2 кг уран, теннис доптары сияқты көлемде, 6000 тонна көмірге тең (300 жүк вагоны).

Атом электр станцияларында электр энергиясын өндіру, белгілі бір дәрежеде тәуекелге қарамастан, ТЭН-мен салыстырғанда экологиялық таза өндіріс болып табылады. Атом электр станциялары әдетте ірі қалалар (Курск, Воронеж, Ленинград АЭС) құрылады. Бүгінгі күні тіпті халқы атом энергиясына қарсы шыққан Жапонияда атом электр стансалары өндірілген барлық электр энергиясының 30% құрайды. Франция атом электр станцияларындағы барлық электр энергиясының 78% -ын өндіреді, біздің елімізде - шамамен 13%.

АЭС тиімділігі шамамен 25% құрайды.

Гидравликалық электр станциясы (ГЭС) гидравликалық турбина судың жаңартылатын энергия оқиғадан пайдалануға мүмкіндік береді. Электр станциясының қуаты тікелей турбина жүзіндегі су қысымына байланысты. Турбинадағы судың көлемі мен көлемі көбірек болса, электр станциясының қуаты көбірек. Сондықтан, ең гидроэлектр деңгейдегі ірі айырмашылықпен өзендер (Шу, Турухан, Саян-Шушенск) салынған. жазық өзендер су электр станцияларының (Еділ, Красноярск ГЭС) құрылыс қуатты бөгеттер және қажетті су тамшы қамтамасыз үлкен су қоймаларын құрудың талап етеді. ГЭС құрылысы әлдеқайда қымбат жылу электр стансаларында қарағанда, кейде ауданының экология елеулі әсер етеді. олар отын шығындарды жеткізуді талап етпейді, өйткені Дегенмен, электр энергиясын кейіннен өндірістік әлдеқайда арзан. Сонымен қатар, ГЭС-лер судың әлеуетті энергиясын бір күн немесе тіпті жылдар бойы сақтауға және реттеуге қабілетті. Бұл құқық уақытта оны пайдалану кейін су қоймасындағы су жинақтау, қол жеткізуге болады. Сонымен қатар, гидроэлектр стансасының қызмет мерзімі жылу электр станциясына қарағанда ұзағырақ. Гидроэлектростанциялардың тиімділігі 90% -ға жетеді. Біздің еліміздегі гидроэлектростанцияда электр энергиясын өндіру үлесі шамамен 19% құрайды.

8.1.2. Дәстүрлі емес жаңартылатын энергия көздері

Жақында бүкіл әлемде және біздің елімізде дәстүрлі емес жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын электр станциялары барған сайын кеңінен қолданылады. Өзірге олар кең өнеркәсіптік қолдануды таппады және олар өндіретін электр энергиясының үлесі төмен (шамамен 2%), олардың тиімділігі де төмен, бірақ олар өте әртүрлі, және ең бастысы, табиғат бізге берілген бос энергияны пайдаланады. Шығыстар мұндай электр станцияларын құру және оларға қызмет көрсету үшін қажет.

Күн электр станциялары күн энергиясын күн электр станцияларының көмегімен электр энергиясына айналдырады. Бұл электр қуат көздері күн сәулелерінің басым күндері басым аумақтарда жеке тұрғын үйлерді, жылыжайларды, бассейндерді жылытуға және жарықтандыруға арналған. Мысалы, бүгін Германияда 100 мыңға жуық күн шатыры, ал АҚШ-та - 1,5 миллионнан астам.

Жел электр станциялары жел желісін пайдаланады, оны электр жел желісіне айналдырады. Оларды пайдалану желді ауа райы басым жерлерде қолдануға болады. Мысалы, орташа жел жылдамдығы 4,7 м / с болатын Кола түбегінде, барлық жел қондырғыларының қуаты шамамен 400 кВт құрайды. Құрама Штаттарда жүз миллионнан астам жеке жел диірмендері бассейндерде суды жылыту, жылыжайларды жылыту және ауыл шаруашылығында қолданылады.

Геотермалды электр станциялары ыстық жер асты суларының энергиясын пайдаланады. Олар геотермальды көздерден тұратын аудандарда қолданысқа ие болды, олар белсенді вулкандар белсенділігінің салдары болып табылады. Камчаткадағы геотермалдық электр станцияларының қуаты 11 МВт-қа жетеді. АҚШ, Италия, Жапония, Жаңа Зеландияда геотермалдық электр станциялары бар. Исландияда геотермалдық және гидроэлектростанциялар өндірілген барлық электр энергиясының 99,9% -ын құрайды.

Жайылма электр станциясы (ЖЭС) теңіздер толуы мен мұхиттардың энергиясын пайдаланады. Олар деңгейі айырмашылық астам 4 м жай толуы және қайтатын кезінде «толық» және «төмен» су жерлерде салынды. Бірінші Жайылма электр станциясы 1966 жылы Рона өзені сағасында Францияда салынды Оның қуаттылығы 240 МВт құрайды. Ресейде, 800 кВт бірінші пилоттық Жайылма электр

станциясы Шикі шығанағында Баренц теңізі 1968 жылы салынды. қуатты СОО әзірлеуге кірісуге мүмкіндік берді, бұл зауыттардың пайдалануға тәжірибесі: Охот теңізі 10 ГВт кезінде Баренц теңізіндегі Mezenskaya, Tugurskaya 8 ГВт және ЖЭС Канадада, Ұлыбританияда және басқа елдерде. Болашақта ЖЭС барлық тұтынылған электр энергиясының 15% -ын қамтамасыз ете алады.

Теңіз толқындарының энергиясын пайдаланатын электр станциялары көптеген елдерде көптеген жылдар бойы жұмыс істеп келеді. Олардың схемалары әртүрлі. Ең кемелдіктің негізі - «таяқша үйрек» - теңіз толқынының ұзындығы үшін реттелген платформа. Толқындардың жел мен күнге қарағанда ерекше күші бар. Мысалы, Гольф ағыны шамамен 50 ГВт қуаттылыққа ие.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Бүгін электр қуатын өндіру үшін қандай электр станциялары пайдаланылады?
2. Жылу электр станциялары мен жылу электр централдарының арасында қандай айырмашылық бар?
3. Гидравликалық электр станцияларының артықшылықтары мен кемшіліктері қандай?
4. Жаңартылатын дәстүрлі емес энергия көздерін тізімдеу.

8.2.

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ҚАБЫЛДАУ ЖӘНЕ ЖЕТКІЗУ

8.2.1. Электр энергиясын беру

Электр энергиясын өндіргеннен кейін оны тұтынушыларға беру керек.

Энергия көзінен тұтынушыға кернеу немесе ток берілетіндіктен, оны экономикалық тұрғыдан максималды мүмкін кернеу беру тиімді. Бұл жағдайда берілетін ток аз болады, демек, сымдардағы электрлік шығындар олардың қызуын азайтады. Электрлік ысыраптар ток квадрасына пропорционалды болғандықтан, кернеудің жоғарылауы, мысалы, екі есе, ағымды жартыға дейін азайтады және сымдардағы шығындар 4 есе азаяды. Бүгінгі таңда

қашықтан көздерден жоғары қуатты электр энергиясын беру 1 150 кВ дейінгі кернеулерде орын алады. Аз қуатты жүздеген киловольт (110, 220, 330, 500 және 750 кВ) кернеулер кезінде берілуі мүмкін.

Жұмыс кернеуіне байланысты барлық электр желілерін желілерге бөлуге болады:

- Төмен кернеу - LV (1 000 В дейін);
- орташа кернеу - SN (35 кВ-ға дейін);
- жоғары кернеу - VN (220 кВ-ға дейін);
- Өте жоғары кернеу - SVN (330 кВ астам).

Электр энергиясын беру әдісіне байланысты электр жеткізу желілері келесі жолдарға бөлінеді:

- ауа;
- Кабель.

Әуе желілерінің тіректері ағаш, темірбетон немесе метал болуы мүмкін. Берілетін кернеу соғұрлым жоғары болса, тіректер арасындағы қашықтық үлкенірек болады. Сымдар тіректері немесе PIN изоляторларының (LV желі), немесе гирлянда (СН, ВН, ЕНВ) жиналған тоқтата тұру туралы бекітілген. беру желілері алюминий тізбекті жалаң сымдар қолданылды, ал сымдар алюминий сым оның айналасында болат өзегі бар - болат-алюминий сымдар. Болат корпусы сымның механикалық беріктігін арттырады. Сым көлденең қимасының ауданы тек өткізілген ток күші шамасымен ғана емес, сонымен қатар бірқатар қосымша шарттармен анықталады. Нәтижесінде сымның нақты диаметрі есептелгеннен жоғары болуы мүмкін, мысалы, кернеуі 220 кВ, бұл шамамен 22 мм.

Тіректердің шыңдарында жерге қосылатын болат кабель бекітілген. Электр желісінен (LEP) атмосфералық электр энергиясынан, нөлдік сымнан қорғайды.

Суретте. 8.1 жоғары кернеулі электр желісінің тіректерінің формасын көрсетеді.

Жоғары вольтты электр жеткізу желісі қуатты электромагниттік сәулелену көзі болып табылады, сондықтан мұндай электр жеткізу желілерінің жанында ғимараттар, саяжайлар, агроөнеркәсіп кешендерінің құрылысына тыйым салынады.

Кабельдік электр жеткізу желілері өндіріс пен техникалық қызмет көрсетуде де көп еңбек етеді. Олар кернеу 220 кВ аспайтын кабельдерді төсеуге мүмкіндік береді. 35 кВ дейінгі кернеуге сәйкес төсем тиісті көлденең қиманың үш қабатты кабелімен жасалады.



Сурет. 8.1. Жоғары вольтты электр желілерін қолдау

Өткізгіштер бір-бірінен қауіпсіз оқшауланады және оларды механикалық зақымданудан қорғау үшін қорғаныс қабықтары мен болат броньдары бар. 35 кВ жоғары кернеуліктер үшін арнайы конструкцияның бір вертикалды кабельдері қолданылады. Негізгі материал алюминий болып табылады.

Кабельдер бетон құбырларында, жер асты жинағыштарында немесе жерасты ұңғыларына салынады. Кабельдік желілер жұмыс істеу үшін қауіпсіз, оларда атмосфералық электр жоқ, олар механикалық зақымдан қорғалған, жұртшылық үшін қауіпсіз және жер бетінде орын алмайды. Сонымен қатар, ғимараттар мен басқа да құрылыстарды кабельдік тораптарға салу тыйым салынады.

8.2.2. Электр энергиясын бөлу

Электр энергиясын өндіріп, тұтынушыларға тапсырғаннан кейін олардың арасында бөлінуі керек.

Тұтынушылар өнеркәсіптік кәсіпорындар, көлік, ауыл шаруашылығы, әскери-өндірістік кешені, медициналық нысандардың, құрылыс компаниялары мен тұрғын үй кешендері сияқты болуы мүмкін. Олардың барлығы әртүрлі күштерді ғана емес, түрлі

кернеулерді де талап етеді. Және бұл параметрлер жыл бойы немесе маусымда ғана емес, сонымен қатар күн ішінде өзгермейді. Түнде электр энергиясын тұтыну, әдетте, күндізгіден әлдеқайда аз. Электр энергиясын тұтынудағы маусымдық айырмашылық бар. әрине, тұтынушыларды әсер етпеуі тиіс, мүмкін профилактикалық немесе төтенше затемнення көздері. Мәселен, осындай уақытта тұтынушылар басқа көздерге қосылуға тиіс.

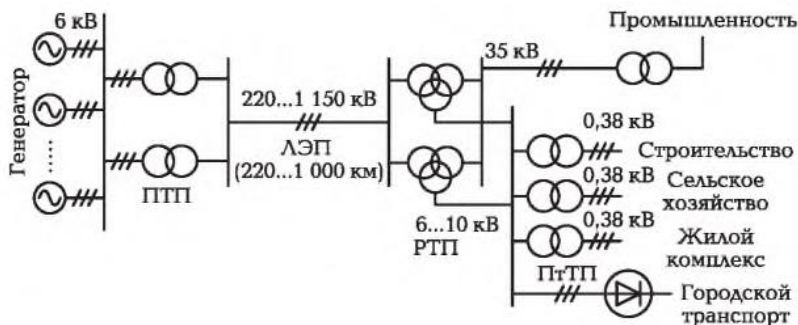
Осыған байланысты көптеген электр станциялары бір уақытта бір елде ғана емес, бірқатар елдерде бір уақытта жұмыс істейтін бірыңғай электр жүйесі (ЭЭС) қажет. Бұл жағдайда тұтынушылар арасында энергияны қайта бөлуді, сондай-ақ күнделікті, маусымдық және төтенше жағдайларды реттеуді қамтамасыз ету өте оңай және қарапайым. Қолданыстағы ЭЭС жалпы қуаты шамамен 300 ГВт, Еуропа елдерінде орналасқан шамамен 1000 электр станциясын қамтиды.

Өнеркәсіпте, көлікте, құрылыс ұйымдарында, әдетте, айнымалы ток қуаты бірнеше киловольт кернеумен пайдаланылса, үй кернеуі 220 немесе 380 В қажет, сондықтан керекті кернеуді тұтынушыларға тарататын қосалқы станциялар болуы керек. Мұндай тарату станцияларының бастапқы-тұтыну тізбегінде бірнеше болуы мүмкін.

Бар генераторлар тек бірнеше киловольт (әдетте 6 кВ) шығыс кернеуіне ие. Сондықтан алдымен генератордан кернеу қадамдық трансформаторлық қосалқы станцияларда (РТР) талап етілетін мәнге (1 километрге 1 кВ-қа дейін) дейін ұлғайтылуы керек, содан кейін оны қажетті қашықтыққа ауыстырып, содан кейін оны аудандық трансформаторлық қосалқы станцияларға (РТБ) 6 ... 35 кВ. РТБ қалалардың шетінде немесе ірі өнеркәсіптік кәсіпорындарда орналасқан.

Ауылшаруашылық, құрылыс жобалары, тұрғын үй кешендері, әдетте, 380/220 В электр энергиясын тұтынады, ол тұтынушылардың жанында орналасқан тұтыну трансформаторлық қосалқы станцияларының (FPTP) үш фазалы трансформаторларының қайталама орамынан алады. Ауданнан ТП тұтынушыларға электр энергиясын, әдетте, жер үстіне салынған электр кабельдері берілді. Қалалық көлік көбінесе тікелей ток энергиясын пайдаланады, сондықтан қуат беру жүйесінде күшті түзеткіш құрылғылар бар (8.2-сурет).

Қазіргі заманғы электр желілерінің ұзындығы бірнеше мың шақырымға жетуі мүмкін. Сонымен қатар, абсолютті мәндерге қарамастан электр қуатының шығыны 10% -ға тең, рұқсат етілген деп



Сурет. 8.2. Өндірушілерден тұтынушыларға электр энергиясын беру схемасы: РТП - күшейткіш трансформаторлық қосалқы станциялар; ЛЭП - электр желісі; РТП - аймақтық трансформаторлық қосалқы станциялар; РТТП - тұтынушы трансформаторлық қосалқы станциялар.

Өткізу кезінде электр энергиясының ысыраптарын төмендету және тұтыну кезінде үнемі маңызды ұлттық экономикалық міндет болып саналады. Жақында электр энергиясын тұтынушылар саны индустрияда және үйде өсіп келе жатса, электр қуатын өндіру одан әрі қарқынмен дамып келе жатса, энергияны үнемдеу мәселесі өте маңызды болады.

Өнеркәсіпте кәсіпорынның тұтынатын реактивті қуатын азайтатын, сондай-ақ заманауи жоғары экономикалық технологиялық процестерді, жақсартылған және аз қуатқа арналған жабдықтарды пайдалану, энергияны үнемдейтін лампалармен және т.б. қыздыру шамдарын ауыстыру сияқты қуат коэффициентін көбейтуге басты назар аударылады.

Күнделікті өмірде, ең алдымен, жарықтандыруды ұтымды пайдалану, энергия үнемдейтін лампаларды, сондай-ақ заманауи тоңазытқыштарды, кір жуғыш машиналарды, электр плиталарын, экономикалық сипаттамалары бар теледидар мен радио жабдығын қолдану қажет. Бірқатар елдерде кеңінен қолданылатын жарықтандыруды басқару құрылғылары баспалдақтарда және көппәтерлі тұрғын үйлердің кіреберісінде, лампаларды жалға берушілерді табу уақытында ғана қамтамасыз етеді. 1980 жылы біздің елімізде осындай жүйесін енгізу тәжірибесі. (Протвино, Мәскеу

облысы) электр энергиясын үнемдеу үшін маңызды нәтижелерге қол жеткізді. Сондай-ақ, тұрғын үй жылыту суық пайдаланылатын электр үнемдеу бағытталған қазіргі заманғы еуропалық терезелер ғимараттарында орнату

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр желілері кернеуге қалай бөлінеді?
2. Жоғары вольтты электр желілері жанындағы үйлерді, қала маңындағы аймақтарды, агроөнеркәсіп кешендерін неге жасауға тыйым салынады?
3. Бірыңғай электр энергетикасы жүйесінің тұжырымдамасын беріңіз.
4. Өнеркәсіптегі және үйде электр энергиясын үнемдеудің негізгі артықшылықтары қандай?

Негізгі электрлік бірліктер

Өлшенетін мән		Негізгі	Өлшеу бірлігі	
Атауы	Белгіленуі	өрнек	Атауы	Белгіленуі
Электр заряды	q	—	кулон	Кл
Ток күші тұрақты айнымалы	I i	q/t $= Aq/At$	ампер	A
Ток тығыздығы	j	$j = I/s$	Шаршы метрге ампер	A/м ²
Потенциал	ϕ	—	вольт	B
Кернеу: Тұрақты ток қуаты: сәтте максимум ағымдағы	U u U_m u_m	$U = (-P1 - \Phi2)$ $u = U_m \sin(\omega t)$ $0,707(7m)$	вольт	B

Электр қозғалтқыш күші	e, E * ω E	$e = -A\Phi/At$	ВОЛЬТ	В
Электр кедергісі: белсенді реактивті толық	R X Z	$R = \rho l/s$ $X_L - X_C$		Ом
			ОМ	
		$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$		
Өткізгіштігі: белсенді реактивті толық	G B Y	$G = R/Z^2$ $B = X/Z^2$		См
			СИМЕНС	
		$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$		
Кедергі электрлік ерекшелігі	ρ	—	ом-метр	Ом-м
Тұтынатын қуаты: белсенді реактивті толық	P Q S	$P = UI \cos \varphi$ $Q = UI \sin \varphi$	ватт вар ВОЛЬТ-ампер	$Вт$ вар В-А
		$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$		
Кернеу арасындағы	φ	—	градус	°
Және ағымдағы				
Қуат Коэффициент	$\cos \varphi$	$\cos \varphi = P/S$	—	—

Өлшенетін бірлік		Негізгі	Өлшем бірлігі	
Атауы	Белгіле	өрнек	Атауы	Белгіленуі
Сыйымдылығы	C	$C = q / U = \epsilon \epsilon_0 S / d$	фарад	Ф
Электрикалық тұрақтылық	ϵ_0	$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$	Метрге фарад	Ф/м
Диэлектрлік тұрақты: абсолютті Салыстырмалы	ϵ_a 8	$\epsilon_a = \epsilon_0 \epsilon$ —	Метрге фарад —	Ф/м —
Сыйымдылық кедергісі	Xc	$X_c = 1 / (\omega C)$	ОМ	Ом
Индуктив	L	$L = \Phi / I = \mu_0 \mu_r N^2 S / l$	Генри	Гн
Магнитті тұрақты	μ_0	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$	Метрге генри	Гн /м
Магниттік өткізгіштігі: абсолютті Салыстырмалы	μ_a И	$\mu_a = \mu_0 \mu$ —	Метрге генри	Гн /м
Индуктивті кедергі	XL	$X_L = \omega L$	ом	Ом
Индукциялы магнитті Магниттік беріктігі	B H	$B = \Phi / S$ $H = B / \mu_0$	тесла Метрге ампер	Тл А/м
Магнитизация (магнитомотор) күші	F 1 м	$F_M = I w$	ампер	А

Витк саны	W	—	—	—
Магнитты ағым	ф	I_w/RM	вебер	Вб
Ағым ілінісу	V	ΦW	вебер	Вб
Магнитті кернеу	им	$\Xi \zeta$	ампер	А
Магнитті кедергі	K	$R_m \sim 1/(\zeta a^2)$	Генриге бірінші дәрежелі минус	Гн1
Трансформация коэффициенті	K21	$K_{21} = W_2/W_1$	—	—
электромагнит күші	F -1 эМ	$P_{\text{эи}} \sim CMB1$	ньютон	н
Тербелістердің жиілігі: бұрышы				
Бұрышты	03	$\phi) = 2\pi f$	Радиян секундына	1/с
Циклды	/	1/T	герц	Гц
Период	t	—	секунда	С
Полус жұптарының саны	p	—	—	—
Синхронды жылдамдық	III	60//p	Минутқа айналым	об/мин
Ығысу	S	$(\psi - \Pi)/li$	—	—

ҚОСЫМША 2

Көбейтілген және бөлінген өлшем бірлігін белгілеу

Көбейткіш	Префикс	Белгіленуі		Көбейткіш	Префикс	Белгіленуі	
		Орысша	Латынша грекше			Орысша	Латынша грекше
10 ¹²	тера	Т	T	10 ⁻¹	деци	д	d
10 ⁹	гига	Г	G	10 ⁻²	санти	с	c
10 ⁶	мега	М	M	10 ⁻³	милли	м	m
10 ³	кило	к	k	10 ⁻⁶	микро	мк	μ
10 ²	гекто	г	h	10 ⁻⁹	нано	н	n
10 ¹	дека	да	da	10 ⁻¹²	пико	п	p

ҚОСЫМША 3

Негізгі электрлік материалдардың электр кедергісі мен қарсылықтың температуралық коэффициенті

Өткізгіш материалы	Нақты электрлік кедергі ρ , Ом • мм ² /м	Кедергі температуралық коэффициент α , 1/°C	Материал	Нақты электрлік кедергі ρ , Ом • мм ² /м	Кедергі температуралық коэффициент α , 1/°C
Күміс	0,016	0,004	Сталь	0,12	0,006
Мыс	0,0175	0,004	Манганин	0,42	0,000006
Алюминий	0,029	0,004	Константан	0,48	0,00004
Вольфрам	0,056	0,005	Нихром	1,1	0,0001
Платина	0,1	0,004	Фехраль	1,4	0,0002

ҚОСЫМША 4

Негізгі электротехниканың салыстырмалы диэлектрлік тұрақты е орташа мәні

Материал	ϵ	Материал	ϵ
Ауа	1	Текстолит	7
Трансформатор майы	2,2	Шыны	8
Қағаз	3,5	Шифер	10
Слюда	5	Спирт	33
Фарфор	6	Су	81

ҚОСЫМША 5

Қарапайым электр тізбегі

Есептеу үлгісі

Керекті параметрлер тізімі бар электр тізбегіне жол беріңіз

$$R_1 = R_2 = R_8 = 20 \text{ Ом}; R_3 = R_4 = R_5 = R_{12} = 30 \text{ Ом}; R_6 = R_9 = R_{13} = 40 \text{ Ом}; \\ R_7 = 10 \text{ Ом}; E = 2 \text{ В}; r_0 = 1 \text{ Ом}.$$

R4 резисторы арқылы тоқты және R4 кедергісімен бөлінген қуатты табыңыз.

Есептеулер алгоритмге сәйкес орындалады. 1.1.3.

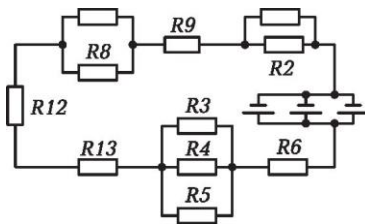
Шешім.

1. ЭЦ баламалы жүктемелік кедергісі

$$R_3 = 1/(1/R_1 + 1/R_2) + R_9 + 1/(1/R_7 + 1/R_8) + R_{12} + R_{13} + 1/(1/R_3 + 1/R_4 + \\ + 1/R_5) + R_6 = 10 + 40 + 6,66 + 30 + 40 + 10 + 40 = 176,66 \text{ Ом}.$$

2. Қуат көзінің баламалы ЭДЦ

$$E_{\Sigma} = E = 2 \text{ В}.$$



Сурет. П1. Қарапайым тізбек схемасы

3. Қуат көзінің баламалы ішкі кедергісі

$$z_{03} = 1/(1/r_0 + 1/z_0 + 1/r_0) = 0,33 \text{ Ом.}$$

4. ЭЦ тұтынатын жалпы ток,

$$I = E_0/(R_0 + r_{03}) = 2/(176,66 + 0,33) = 0,011 \text{ A.}$$

5. R3, R4 және R5 резисторларында кернеудің төмендеуі

$$U_3 = I R_3 + 1/R_4 + 1/R_5 = 0,011 \cdot 10 = 0,11 \text{ В.}$$

6. R4 кедергісі арқылы ток I4

$$I_4 = U_{3-4-5}/R_4 = 0,11/30 = 0,0037 \text{ A.}$$

7. R4 кедергісіндегі қуаттың диссипациясы P4

$$P_4 = I_4^2 R_4 = 0,0037^2 \cdot 30 = 0,0004 \text{ Вт.}$$

Жауап: R4 кедергісі арқылы ток 3,7 мА; қуаттың диссипациясы - 0,4 мВт. Бұл ЭЦ есептеуін аяқтайды, бірақ мұғалімнің ұсынысы бойынша немесе қажет болса, оқушылар алгоритмнің қалған бөлігін толтыра алады, мысалы, энергия үнемдеу заңын қолданып есептеулердің дұрыстығын тексеріңіз $P_{уст} = P_{отр} + P_{вн.ист}$:

$$E_0 I = 12(R_{1-2} + R_9 + R_{7-8} + R_{12} + R_{13} + R_{3-4-5} + R_6) + I^2 R_0 + I^2 r_{03};$$

$$2 \cdot 0,011 = 0,011^2 (176,66 + 0,33); 0,022 \text{ Вт} = 0,0214 \text{ Вт.}$$

Осылайша, есептеу қатесі

$$(P_{уст} - (P_{отр} + P_{вн.ист})) \cdot 100/P_{уст} = (0,022 - 0,0214) \cdot 100/0,022 = 2,7 \%,$$

Бөлшек электр тізбегі

Есептеу мысалы

ЭЦ үшін, сур. P2, жабдықтау конфессиялар кедергісі және EMF көздерін белгілі.

Контурдың ағымдық әдісін пайдаланып, филиалдардағы ағымдарды анықтаңыз.

Есептеулер кіші бөлімде келтірілген жүйе бойынша жүзеге асырылады. 1.5.3:

- 1) ЭЦ схемасын шығарамыз;
- 2) Схема шартты оң бағыт Контурлық токтар (и, IJJ) және филиалдарында ағымдардың (II, I2, I3) өтініш;
- 3) тор талдауын пайдалана отырып, біз Кирхгофа екінші заңына сәйкес теңдеу Контурлық токтар үшін жазады. Теңдеулерді шешу кезінде циклдың токтарының мәндерін табамыз;
- 4) Кирхгофтің бірінші заңына сәйкес филиалдардағы ағымдарды табамыз.

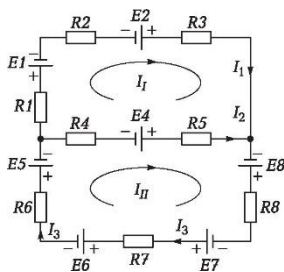
Шешім

1. Электр тізбегі үш тізбектен тұрады. Сондықтан циклдік токтар әдісімен оны есептеу үшін, I_j және I_{jj} циклдары үшін екінші Кирхгоф заңына сәйкес екі теңдеу жасаймыз:

$$E_4 + E_8 + E_7 - E_6 - \mathcal{E}5 = I_{jj} (R_4 + R_5 + R_8 + R_j + R_6) - I_j (R_4 + R_5).$$

2. Біз ЭДС белгілі мәндерін және теңдеулерге кедергісін ауыстырамыз:

Берілген



Дано:

$R_1 = 120 \text{ Ом}$	$E_1 = 10 \text{ В}$
$R_2 = 100 \text{ Ом}$	$E_2 = 12 \text{ В}$
$R_3 = 80 \text{ Ом}$	
$R_4 = 50 \text{ Ом}$	$E_4 = 20 \text{ В}$
$R_5 = 30 \text{ Ом}$	$E_5 = 16 \text{ В}$
$R_6 = 150 \text{ Ом}$	$E_6 = 8 \text{ В}$
$R_7 = 90 \text{ Ом}$	$E_7 = 24 \text{ В}$
$R_8 = 40 \text{ Ом}$	$E_8 = 27 \text{ В}$

Сурет. P2. Тармақталған электр тізбегінің сызбасы

$$\begin{aligned}
 -10 + 12 - 20 &= I_j (120 + 100 + 80 + 50 + 30) - I_n (50 + 30); \\
 -18 &= 380 I_j - 80 V \\
 20 + 27 + 24 - 8 - 16 &= I_n (50 + 30 + 40 + 90 + 150) - I_j (50 + 30); \\
 47 &= 360 I_n - 80 I_j.
 \end{aligned}$$

3. Екінші секциядағы бірінші циклдік ток білдіретін теңдеулерді шешіңіз:

$$\begin{aligned}
 I_j &= (80 I_n - 18)/380; 47 = 360 I_n - (80 I_j - 18) - 80/380; \\
 47 &= 360 I_n - 16,8 I_{jj} + 3,8; I_{jj} = 0,126 A; I_j = -0,02 A.
 \end{aligned}$$

4. Кирхгофтің бірінші заңына сәйкес филиалдардағы ағымдар есептеледі:

$$I_j = I_j = -0,02 A; I_2 = I_n - I_j = 0,146 A; I_3 = I_{jj} = 0,126 A.$$

Жауап

Қазіргі кездегі ион $= 0,02 A$ шартты түрде қабылданатын бағытқа ағып келеді, $I_2 = 0,146 A$, $I_3 = 0,126$ ағымдары шартты түрде қабылданған бағытта сәйкес келеді.

ҚОСЫМША 7

Сызықсыз электр тізбегі

Есептеу мысалы

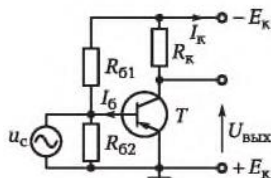
Суретте. P3 RK = 70 Ом коллекторлық тізбектегі резисторы бар биполярлы транзистор КТ3107В р-п-р түріндегі күшейткіш тізбегін және қосымша қуат көзі $E_k = 9 B$ -ды көрсетеді.

$U_c = 0$ кезінде, ток $I_6 = 0.8$ мА базалық схемада ағады базалық бөлгіш ДБ1 - ДБ2. Жұмыс режимінде кіріс сигналы негізгі токпен 0,2-ден 1,6 мА-ға дейін өзгереді.

Шығу кернеуінің мәнін анықтаңыз, $u_c = 0$ -дегі жаңа және коллекторлы ток I_K , сондай-ақ жұмыс режимінде кернеу мен токтың диапазоны.

Есептеулер сызықтық және сызықты емес элементтердің нақты вольт-ампер сипаттамаларын қолдана отырып графикалық-аналитикалық әдіспен орындалады.

Сурет. Р3. Күшейткіш тізбегі

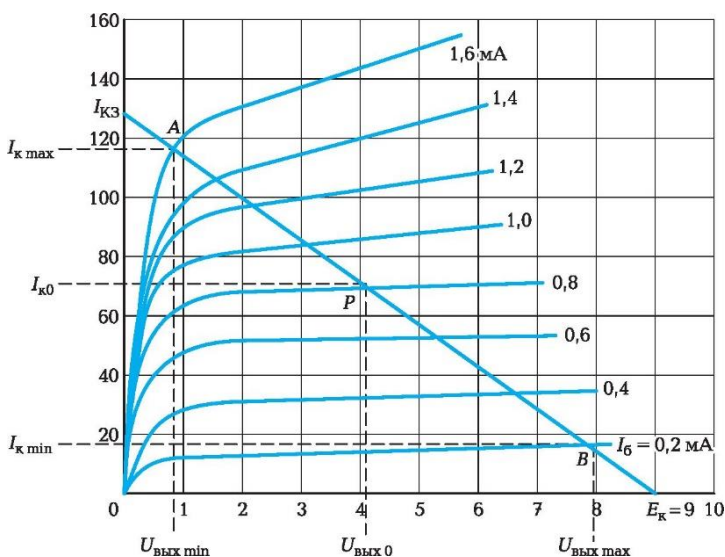


Жауап

Қалыпты жұмыс барысындағы $E_k = 9 \text{ В}$ және қысқа тұйықталу $7KZ = EK / KР = 9/70 = 0,129 \text{ А}$. IV транзисторлар қиылысында тән нүктелерін және CVC Резистор бізге коллектор тогы және шығыс кернеу құндылығын анықтауға мүмкіндік аударылып: екі ұпай соңғы.

$7vuh0$ шығыс кернеуі $= 4.1 \text{ В}$. - $I_b 2. = 0,8 \text{ мА}$, біз қиылысуы Р нүктесін тауып, жинаушы токтың осі ағымдағы құны туралы проекциясы 72 мА және осінде кернеу $= 1K0$ береді

16 тиісті транзисторлық кіріс U_c кезінде сигнал ең төменгі мәні $= 0,2 \text{ мА}$, CVC $1Kmin = 17 \text{ мА}$ және P_{vuytah} анықтау үшін токтар мен кернеулердің осінде нүктесі В осы нүктенің проекциясы қиылысады $= 7,9 \text{ В}$.



Сурет. П4. Транзисторлық және коллекторлық резистордың вольт-ампер сипаттамалары

Сигналдың максималды мәні $I_b = 1.6$ мА транзистордың кіруіне келеді, ВАС нүктесінде өтеді. Бұл нүктенің кернеуі мен кернеуі осіне проекциясы $I_{K\max} = 118$ мА және $U_{BX\min} = 0.8$ В анықтайды.

Жауап

Кіріс сигналы болмаған жағдайда, коллекторлық ток 72 мА, шығыс кернеуі 4.1 В болады. Берілген кіріс сигналымен коллектор ток 17-ден 118 мА-ға дейін, ал шығыс кернеуі 7,9-дан 0,8 В-ға дейін болады.

ҚОСЫМША 8

Айнымалы ток электр тізбегі

Есептеу мысалы

Үш синусоидалды токтар бірдей жиіліктер ағынына түйінге а (5-сурет, а) және біреуі. Кіріс ағындарының лездік мәндері белгілі:

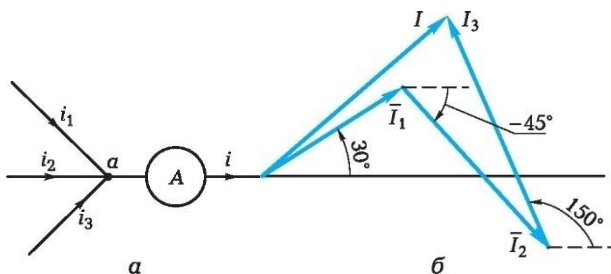
$$i_1 = 3 \sin(\omega t + 30^\circ); i_2 = 4 \sin(\omega t - 45^\circ); i_3 = 5 \sin(\omega t + 150^\circ).$$

Электр тогының i ағымының және электромагниттік жүйенің амметрлік көрсеткіштерінің лездік құнын анықтаңыз.

Біз векторлық диаграммаларды пайдалана отырып есептеуді орындаймыз.

Шығарылуы

1. Біз ағымдардың ауқымын $m_j = 0,1$ А / мм деп таңдаймыз.



Сурет. П5. Электр тізбегінің торабы (а) және ағымдардың векторлық диаграммасы (б)

2. Тиісті бұрыштардан көлденең осьтен векторларды құрастыратын токтардың топографиялық векторлық схемасын құрастырамыз (5-сурет, б).

3. Бірінші вектордың басын қосу арқылы соңғы векторды құрып, оның ұзындығын (42 мм) анықтаймыз - нәтижелендірілетін ток амплитудасының мәні, полярлық бұрыш (40°) ток және кернеу арасындағы фазалық бұрыш болып табылады және ағып кету токтарының лездік мәніне жазыңыз:

$$i = m_j \cdot 42 \text{ мм} \cdot \sin(\omega t + 40^\circ) = 0,1 \text{ A/мм} \cdot 42 \text{ мм} \cdot \sin(\omega t + 40^\circ) = 4,2 \sin(\omega t + 40^\circ).$$

4. Өткізілген ток i -тармағында көрсетілген амперметр, ағымдағы $I = 4 \text{шA} / 2 = 2,97 \text{ A}$.

Жауабы

$I = 4.2 \sin(\omega t + 40^\circ)$ ағымының ағымдық мәні, амперме ток $I = 2.97 \text{ A}$ ағымдық мәнін көрсетеді.

ҚОСЫМША 9

Өшу сыйымдылығы

Есептеу мысалы

$U_{раб} = 36 \text{ V}$ және $P = 40 \text{ W}$ параметрлері бар қыздыру шамын 50 Гц жиілігі бар $U = 220 \text{ В}$ кернеумен желіге қосу керек. Сөндіру кедергісі ретінде конденсаторды қолданыңыз. Конденсатордың сыйымдылығы мен жұмыс кернеуін анықтаңыз.

Есеп шығару

1. жүктің таза белсенділігін ($\cos \varphi = 1$) ескере отырып, шам арқылы өтетін жұмыс істейтін ток есептелеміз: $I = P / U_{раб} = 40/36 = 1,1 \text{ A}$

2. Конденсатор мен шамдан тұратын ЕО кедергісін есептеңіз: ол $Z = U / I = 220 / 1,1 = 200 \text{ Ом}$.

3. Шамның қарсылығын есептеңіз: $R_A = U_{раб} / I = 36 / 1,1 = 32,7 \text{ Ом}$.

4. Қарсылық үшбұрышынан сыйымдылықтың кедергісін анықтаймыз: $X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = 197 \text{ Ом}$.

5. $X_C = 1 / (\omega C)$ өрнегінен конденсатордың сыйымдылығын анықтаймыз

$$C = 1/(wX_C) = 16,1 \text{ мкФ}.$$

6. $U_C = X_C$ конденсаторының жұмыс кернеуі $\cdot I = 197 - 1.1 = 216.7$
 V. Ең жоғары жұмыс кернеуі 250 В болатын конденсаторды таңдаңыз.

Жауабы

Артық кернеуді өшіру үшін 16 фунт сыйымдылығы бар қуаттылықты және 250 В жұмыс кернеуін қосу үшін қыздыру шамымен кезекпен қажет.

ҚОСЫМША 10

Электірлік өлшеу

Есептеу мысалдары

Бірнеше амперметрлермен ток өлшеу

220 В желісіне $P = 3$ кВт күші бар қыздырғыш қосылады. Сынақ кезінде ЕС-де жылытқышпен ағымын бақылап отыру керек. Зертханада $I_{НОМ} = 5$ А номиналы ток номиналы бар төрт амперметр бар, бірақ әр түрлі ішкі кедергілер: $r_1 = 0,15$ Ом; $r_2 = 0,18$ Ом; $r_3 = 0,16$ Ом; $r_4 = 0,2$ Ом. Схемаға қалай және қанша құрылғылар енгізілуі керек және олардың әрқайсысының құны қандай болады?

Шешім

1. Жылытқыштың тұтынатын ток есептеңіз: $I = P / (U \cos \varphi) = 3000 / (220 - 1) = 13.64$ А.

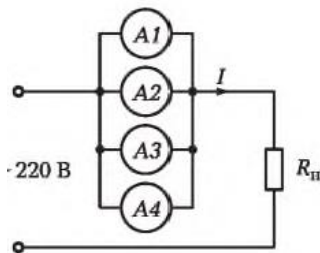
2. Алынған ағымдағы мәнді өлшеу үшін кемінде үш амперметр параллель қосылған. Дегенмен, олардың ішкі кедергілерінің айтарлықтай таралуы ескерілгенде, біз барлық төрт құрылғыны тізбеге қосамыз (сур.Р6)

3. Параллельде қосылған барлық амперметрлердің балама қарсылығын есептеңіз: $G_E = 1 / (1 / r_1 + 1 / r_2 + 1 / r_3 + 1 / r_4) = 1 / (6.67 + 5.56 + 6.25 + 5) = 0.043$ ом.

4. Жылытқыш арқылы ағып жатқан амперметрлердегі кернеудің төмендеуін есептеңіз: $U_A = I \cdot G_E = 13.64 \cdot 0.043 = 0.58$ В

5. Осы кернеудің әрекет етуі бойынша, әрбір амперметрде ток ағып, оның ішкі қарсыласуына кері пропорционалды болады. 3.22 А, үшінші А3 - - 3,62 Төртінші А4 - 2,9 А. Сондықтан, бірінші амперметр А1 ағымдағы айналмалы $= U_A / R_1 = 0,58 / 0,15 = 3,87$ Екінші А2 көрсетеді сомасы, барлық төрт шамамен есептелген тоғы сәйкес келеді А 13,62 амперметр.

Сурет П6. Токты әртүрлі амперметрлармен өлшеу схемасы



Жауабы

Жылытқыштың тұтынатын ток шамасын 13,64 А шамасында өлшеу үшін параллельді төрт амперметрді қосу ұсынылады. Олар бірге есептелетін уақытқа жақын уақытты көрсетеді, бірақ олардың әрқайсысы құрылғының ішкі қарсыласуына байланысты оның мәнін көрсетеді.

Электромеханика өлшеу ауқымын кеңейту өлшеу құралдары

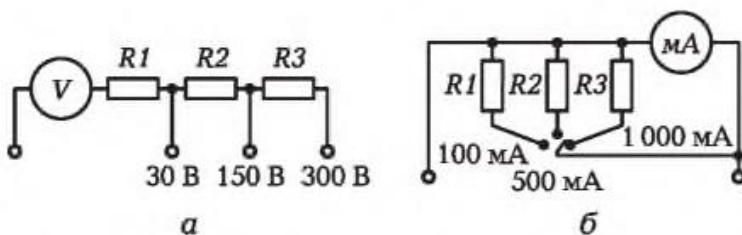
20 Ом және максималды milliamp ағымдағы И.А. = RV = ішкі кедергісі = 20 мА ішкі кедергісі PA 15 Ом = 30 мА IV ең ток вольтметр: құрылғыларды шектеу стендтерде электротехника зертханаларда көптеген жүйелер Магнитэлектрлік пайдаланылады.

Үш кернеу өлшеу ауқымын қамтамасыз ету үшін төзімділігі вольтметр қосымша резисторы есептеңіз: $U_j = 30 \text{ В}$; $U_2 = 150 \text{ В}$; $U_3 = 300 \text{ В}$, және ағымдағы өлшем үш ауқымын қамтамасыз ету миллиамперметр қарсылық шунттаушы: айналмалы = 100 мА; $I_2 = 500 \text{ мА}$; $I_3 = 1000 \text{ мА}$.

Шешім

1. вольтметр (сур. P7, а) сериясы қосымша резисторлар. - RV, екінші - $R_2 = U_2 / IV - (RV + R_j)$ және т.б. бірінші қосымша резистор есептеу өрнек $R_j = U_j / IV$ пайдалануға болады арналған Бұл жағдайда $R_j = 30 / 0,03 - 20 = 980 \text{ Ом}$; $R_2 = 4 \text{ кОм}$; $R_3 = 5 \text{ кОм}$.

2. Шунттардың миллиамперге кедергісін есептеу үшін (P7, b), ең жоғары ток бойынша кернеудің төмендеуін анықтаймыз, яғни. - $IA \text{ } U_A = I_{ara} = 0,02 \text{ А}$ ■ 15 = формуласы $R_{01} = U_A / I_{m1} = U_A / (I_1 \text{ арқылы бірінші ауқымын анықтау үшін осы кернеу шунт болуы керек болғандықтан } 0,3 \text{ В., шунттаушы кедергісі: максималды иілуі құрылғы жебелер кезінде }) = 0,3 / (0,1 - 0,02) = 3,75 \text{ Ом. Сол сияқты } R_{m2} = 0,63 \text{ Ом есептеңіз; } R_{03} = 0,3 \text{ Ом.}$



Сурет. Р7. Вольтметр (а) үшін қосымша резисторларды және амметрдің шунттарын қосу сұлбалары (б)

Жауабы

Өлшеу лимиттерін кеңейтіп, көп өлшемді шоғырсымдарды жасау үшін вольтметрмен және шунтталумен (3.75 ohm, 0.63 ohm, 0.3 ohm) сериялы қосылған қосымша резисторлар (кедергі 0,98 кОм, 4 кОм, 5 кОм) , амметрге параллель қосылады.

ҚОСЫМША 11

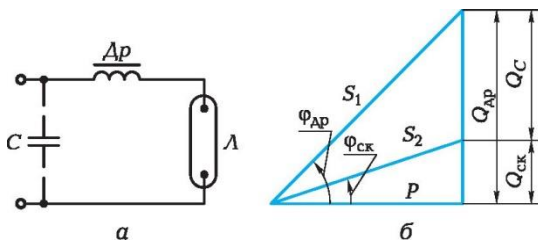
Параллельді осцилляторлық схема

Есептеу мысалы

Люминесцентті лампалар желіге реттелетін жабдықтар (балласттар) арқылы қосылған. Оның негізі шам L (сур. А8 а) сериясы енгізілуі Dr. тұншықтырып табылады. Демек, ток индуктивті компоненті маңызды және қуат коэффициенті кіші емес. Қуат коэффициентін арттыру үшін C конденсаторы балластқа енгізіледі.

Конденсатор қуаты Р ықшам люминесцентті шамдар үшін L13.813H бренд шуцерде егер 0,95 дейін J COS арттыруды қамтамасыз ету бағалауға = 40 Вт J = 0,42 COS бар.

Есептеу қуат үшбұрышының көмегімен жүзеге асырылады (Сурет П8, б).



Сурет. Р8. Қуат коэффициентін есептеу үшін: * 1
 а - шамды қосудың тізбегі; б - қуат үшбұрышы; А - шам; Дг - дроссель; С - конденсатор; Од - дроссель арқылы тұтынылатын реактивті қуат; Qc - конденсатор арқылы тұтынылатын реактивті қуат; Оск - өтемдік реактивті қуаты; S1 және S2 - өтемақы алдындағы және кейінгі жалпы қуаты; фд және фск - ток пен кернеу арасындағы өтемақы алдындағы және кейінгі фазалық ауысу бұрыштары;

Шешім

1. Үшбұрыштан

$$\begin{aligned}
 Q_C &= Q_{AP} - Q_{CK} = P(\operatorname{tg} \varphi_{AP} - \operatorname{tg} \varphi_{CK}) = \\
 &= P((\sin \varphi_{AP} / \cos \varphi_{AP}) - (\sin \varphi_{CK} / \cos \varphi_{CK})) = \\
 &= P((\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{AP}} / \cos \varphi_{AP}) - (\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{CK}} / \cos \varphi_{CK})) = \\
 &= 40(2,16 - 0,33) = 73,2 \text{ вар.}
 \end{aligned}$$

Осылайша, конденсатор қуаттылығы $Q_c = 73,2$ бар беруге тиіс.

2. Кернеудің қуатын $U = 220$ В жұмыс кернеуінде есептеп шығарамыз

$$Q_c = U^2 / X_C = U^2 / (1 / (\omega C)) = U^2 \omega C.$$

Сосында $C = Q_c / U^2 \omega = 73,2 / (220^2 \cdot 314) = 0,0000048$ Ф = 4,8 мкФ аламыз.

Жауап беру

Электр қуатымен бірге басқару тетігін күшейту коэффициентін арттыру үшін сыйымдылығы 4,8 фунт болатын конденсаторды қосу керек.

Үш фазалы электр тізбегі

Есептеу мысалы

Үш қабатты үй үш фазалы трансформатормен жұмыс істейді: кернеуі - $U_A = 380$ В. Сонымен қатар барлық жүктеме (жарықтандыру қондырғылары, электр плиталары, жылыту құрылғылары, бейне және радио жабдықтары, «ақылды үйдің» басқа электр жабдығы) белсенді деп санауға болады.

Бірінші қабат А фазасына қосылып, $P_a = 8,8$ кВт қуатын тұтынады.

Екінші қабат В фазасына қосылып, $P_b = 4,4$ кВт қуатты тұтынады;

Үшінші қабат С фазасына қосылып, $P_c = 2,2$ кВт қуатты тұтынады.

Нейтралды сымның In ағымын анықтаңыз және бейтарап сым үзілген кездегі жағдайды бағалаңыз.

Шешімі

1. Фазалық кернеулерді есептеп шығарамыз: $\psi_\phi = \pi / 3 = 120^\circ$

2. Жүктің таза белсенділігін ескере отырып, фазалық токтар есептеледі:

$$I_a = P_a / U_\phi = 8\,800 / 220 = 40 \text{ А};$$

$$I_b = P_b / U_\phi = 4\,400 / 220 = 20 \text{ А};$$

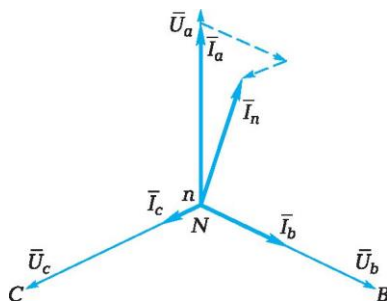
$$I_c = P_c / U_\phi = 2\,200 / 220 = 10 \text{ А}.$$

3. Фазалық кернеулер мен токтардың векторлық схемасын құрай отырып, ағымдардың ауқымын ескере отырып, $m_b = 0,7 \text{ А / мм}$ (сурет Р9).

4. Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес, n нүктесіне арналған, біз токтардың топографиялық диаграммасын салып, бейтарап сымның ағымын анықтаймыз: $I_n = m_b \cdot 40 \text{ мм} = 0,7 \cdot 40 = 28 \text{ А}$

Жауабы

Бейтарап сымның ағымы $I_n = 28 \text{ А}$ ағып кетеді. Эгер бейтарап сым үзілсе, фазалар «қисық» болып, қабылдағыштың бейтарап нүктесі ағымдық вектордың бағыты бойынша жылжиды. Бұл А фазасындағы кернеудің төмендеуіне әкеледі және шамдар нашарлайды, ал С фазасындағы кернеу күрт артады және шамдар өртеніп кетуі мүмкін.



Сурет. П9. Кернеулер мен токтардың векторлық диаграммасы * 1

ҚОСЫМША 13

Жұлдыздың қосқан асимметриялық жүктемесі бар үшфазалы үш сымды ЭЦ есептеудің алгоритмі

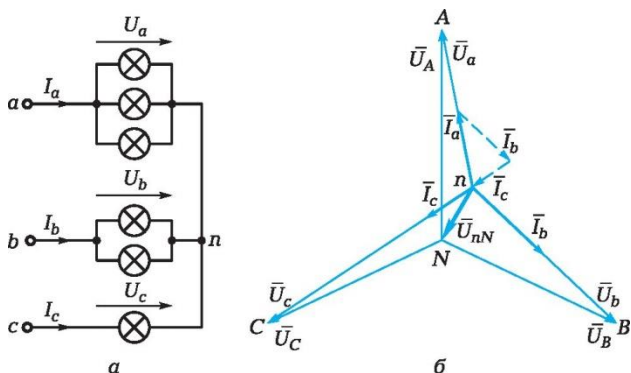
1. U_A ығысу кернеуі анықтау үшін ($I_a + I_b + I_c = 0$ болжанғанда) кернеулер мен токтардың векторлық диаграммасын пайдаланып жақындатылған (әдетте белсенді R_a, R_b, R_c) желілік кернеу және жүктеме кезеңдерін көрсетіңіз U_{nn} бейтарап және күтілетін фазалы жүктеме кернеуінің U_a, U_b, U_c .

Ол кем дегенде қарсылық фазалық кернеулер векторлар шектелген аймағына бейтарап нүкте N өзгерістер деп қарастыру пайдалы болып табылады.

Түрлі шам жүктеме фазалардың бар үш сымды ЕС (сур. P10 сондай) делік. Жүктемедегі фазалық кернеулерді анықтау қажет.

Есептеулер келесі ретпен жүзеге асырылады:

- 1) генератор $U_A = U_B = U_C = U_J$ 3 (сурет 10, б) генераторының фазалық кернеулерінің жұлдызына арналған масштабта құрастырамыз;
- 2) нүктенің позициясын таңдап, оны A, B, C нүктелерімен байланыстырсақ, U_a, U_b, U_c жүктемелеріндегі фазалық кернеулердің алдын-ала мәндерін табамыз;
- 3) фазалық токтарды $I_a = U_a / R_a$ есептеңіз; $I_b = U_b / R_b$; $I_c = U_c / R_c$ және масштабтағы m_b векторлық ток диаграммасын құрастыру;



Сурет. П10. Теңестірілмеген жүктемесі бар үш сымды үшфазалы ЭЦ:
a - ЭЦ схемасы; b - кернеулер мен токтардың векторлық диаграммасы

4) $I_a + I_b + I_c = 0$ теңдігі қанағаттандырылғанын тексереміз, егер ол сақталмаса, нүктені n басқа орынға жылжытып, сипатталған әрекеттерді қайталаңыз. Теңдеу қанағаттандырылған кезде, n с N нүктесін жалғап, бейтарап керілу кернеуін және « U_a, U_b, U_c жүктемелеріндегі x және фаза кернеулерін анықтаңыз.

2. Фазадағы U_a, U_b, U_c , фаза токтарының I_a, I_b, I_c және сызықтық кернеуінің тәжірибелік фазалық кернеулерінен фазаларда асимметриялық белсенді жүктеме үшін векторлық диаграммалар келесі ретпен құрылуы мүмкін:

1) N шкала бойынша N нүктесінен U_A, U_B, U_C фазалық кернеулерінің жұлдызын құрастырамыз;

2) A, B, C нүктелерінен компастың көмегімен бірдей масштабтағы өрнектер арқылы үш жолды сызық үшін U_a, U_b, U_c фазалық кернеулерінің мәндерін анықтаймыз және қабылдағыштың бейтарап нүктесін табамыз. N және N нүктелерін қосу арқылы бейтарап U_{nN} -нің кернеуінің векторын аламыз;

3) масштабта mb нүктесінен n, I_a, I_b, I_c фазалық токтарының векторлық диаграммасын саламыз. Олардың геометриялық сомасы нөлге тең болуы тиіс; (Белсенді жүктеме үшін фазалық ток векторы фазалық кернеу векторымен сәйкес келеді.)

4) төрт сымды желі үшін $U_{nN} = 0$, яғни, n нүктесі N нүктесімен сәйкес келеді. Сондықтан біз N нүктесінен шкала mb бойынша токтардың векторлық диаграммасын саламыз. Бұл жағдайда токтардың геометриялық сомасы бейтарап сымның ток шамасын анықтайды. Симметриялық жүктеме кезінде бұл сома нөлге тең және бейтарап сымның асимметриялық ток үшін ол нөл емес және векторлық диаграммадан табылуы мүмкін.

Электрмагнитті магниттік схемасын есептеу

Есептеу мысалы

Құрылымдық сұлбасы суретте көрсетілгендей электромагнитты есептейміз. П11, а. Суретте. Р11, в магниттік индукция В электр магнитті құрылысында пайдаланылатын екі материал үшін магнит өрісінің күшіне тәуелділігін көрсетеді.

Ферромагниттік секциялардың көлденең қималары, ұзындығы және материалдары берілген:

$$S_j = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2, l_1 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м} — \text{материал Э42};$$

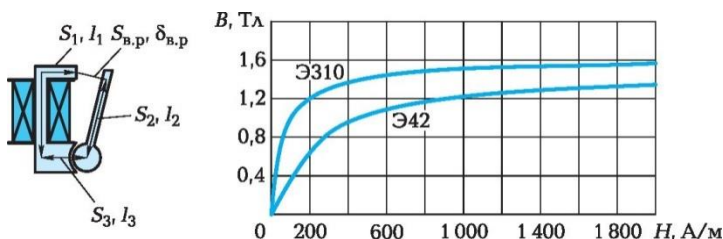
$$S_2 = 10^{-5} \text{ м}^2, l_2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м} — \text{материал Э310};$$

$$S_3 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2, l_3 = 10^{-2} \text{ м} — \text{материал Э42}$$

және екі ауамен:

$$\text{жұмыс } S_{вр} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2, \delta_{вр} = 10^{-3} \text{ м};$$

$$\text{техникалық } S_{вТ} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2, S_{вТ} = 10^{-4} \text{ м}.$$



Сурет. П11. Электр магнитті (а) конструкциялық диаграммасы және ядролық материалдардың магнитизациялау қисықтары (б)

Берілген көлем ағымын қамтамасыз ететін магниттау күші және бастапқы жағдайда якорьде жұмыс істейтін электромагниттік күшті есептеңіз.

Шешімі

1. Магниттік схеманың әр секциясында индукцияны есептейміз:

$$B_1 = F/S_1 = 1,6 \cdot 10^{-5} / (2 \cdot 10^{-5}) = 0,8 \text{ Тл}; B_2 = 1,6 \text{ Тл}; B_3 = 0,27 \text{ Тл}; \\ B_{\text{в.р}} = 0,8 \text{ Тл}; B_{\text{в.т}} = 0,27 \text{ Тл}.$$

2. Ферромагниттік кернеу бөліктеріне арналған кестеге сәйкес (11-суретті қараңыз):

$$H_1 = 270 \text{ А/м}; H_2 = 2000 \text{ А/м}; H_3 = 70 \text{ А/м}.$$

Ауа аудандарында кернеу

$$H_{\text{в.р}} = 8 \cdot 10^4 \text{ В/р} = 8 \cdot 10^5 \cdot 0,8 = 6,4 \cdot 10^5 \text{ А/м}; J_{\text{в.т}} = 2,16 \cdot 10^5 \text{ А/м}.$$

3. магниттік тізбектің кейбір бөліктеріндегі магниттік кернеудің төмендеуін есептеңіз:

$$H_1 l_1 = 270 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 8,1 \text{ А}; H_2 l_2 = 40 \text{ А}; H_3 l_3 = 0,7 \text{ А}; J_{\text{в.р}} \delta_{\text{в.р}} = 640 \text{ А}; \\ J_{\text{в.т}} \delta_{\text{в.т}} = 21,6 \text{ А}.$$

4. Толық ток заңына сәйкес ағынның берілген мәнін қамтамасыз ететін жалпы магниттелетін күш:

$$I_w = J_{\text{Д}} + H_2 l_2 + H_3 l_3 + H_{\text{в.р}} \delta_{\text{в.р}} + J_{\text{в.т}} \delta_{\text{в.т}} = 710,4 \text{ А}.$$

5. Зәкірде әрекет ететін электромагниттік күшті есептеңіз:

$$F_{\text{а.н}} = m^2 \omega^2 m^{\wedge} \text{в.р} / (28; \text{в.р}) = (H_{\text{в.р}} \delta_{\text{в.р}})^2 \mu_0 \text{Дв.р} / (28^2 \text{в.р}) = \\ = 640^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-5} / (2 \cdot 10^{-6}) = 5,14 \text{ Н}.$$

Жауабы

Берілген электр магнитінің есептелуі магниттік тізбектің жекелеген учаскелерінің және олардың материалының өлшемдері сындарлы түрде таңдап алынғандығын көрсетеді, өйткені жалпы магнитизация күшінің 90% -ы жоғары тиімділік пен маңызды электромагниттік күшін алуға мүмкіндік беретін ауаның жұмысының аралықта шоғырланған.

Түзеткіш

Есептеу мысалы

220 В кернеуі мен 50 Гц жиілігі бар өнеркәсіптік желідегі ДСМ-30-Н2 тұрақты ток қозғалтқышын пайдалану үшін түзеткіш қолданылады. Тұрақты магниттен қозғалатын қозғалтқыш келесі негізгі электрлік параметрлерге ие: $U_H = 27 \text{ В}$; $I_H = 0,7 \text{ А}$

Түзеткіш схеманы таңдау және оның негізгі элементтерін есептеу қажет.

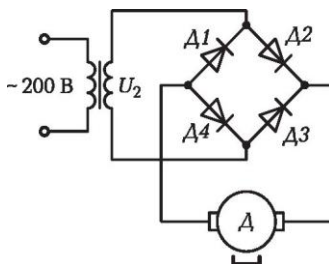
Шешімі

Бұл жағдайда қозғалтқышты қуаттандыру үшін тек екі элемент бар: трансформатор және клапан. Бұл жеткілікті жоғары толқындардың жиілігі тек орташа түзетілген U_{Hcp} кернеуіне ғана жауап беретін қозғалтқыштың жұмысына әсер етпейді.

Қозғалтқыштың сипаттамаларына сүйене отырып, КС402 сериясының түзеткіш блогын көпірді қосу схемасы және $U_{обр\max} = 100 \text{ В}$, $I_{пр\max} = 1 \text{ А}$ параметрлері бар клапан ретінде таңдаймыз. Қозғалтқыштың өзі пульсирленген кернеумен бірге көпірдің диагональына тікелей ауысуы мүмкін, ал екінші диагональ трансформатордың екінші орамасы (Сурет Р12).

$U_{H.cp} = 0,9U_2$ толқынды бір фазалы түзеткіш үшін, $U_2 = U_{H.cp} / 0,9 = 27 / 0,9 = 30 \text{ В}$ екінші трансформатордағы кернеу.

Осылайша, түзеткіштің кернеуі $U = 220 \text{ В}$ және қайталама $U_2 = 30 \text{ В}$ болатын трансформатор қажет.



Сурет. П12. Тұрақты ток қозғалтқышы үшін
ректификаторлық схема

Трансформатордың номиналды қуаты $P_{nom} = U_2 I_2 = 30 \cdot 0.7 = 21 \text{ W}$.

Жауабы

ДС электр қозғалтқышын 220 В айнымалы кернеу көзінен басқару үшін, кернеуі $U_2 = 30 \text{ В}$ болатын трансформатормен бірге жұмыс істейтін КС402 сериясының түзеткіш блогынан тұратын бірфазалы толқындық түзеткішті қолдану ұсынылады.

ҚОСЫМША 15

Күшейткіш

Есептеу мысалы

Кіріс кедергісі бар резисторы бар $R_1 = 20 \text{ кОм}$ болатын жұмыс күшейткіші $K_i = 100,000$ күшейткішке ие .. Қысым түрлендіргішінің сигналдарын күшейту үшін 1000-ға жеткен күшейткішке жеткілікті болуы мүмкін Қолданыстағы күшейткішті қолдануға болады және бұл үшін не істеу керек?

Шешімі

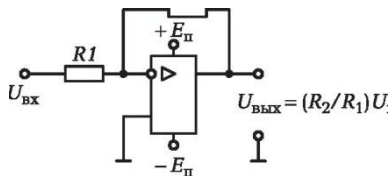
Суретте. P13 - шығу және кері кіріс арасындағы кері байланыс (кері байланыс) бар жедел күшейткіштің диаграммасы. Бұл кері байланыс әрдайым теріс, яғни теріс кері байланыс күшейткіштің күшейту коэффициентін азайтуға мүмкіндік береді.

Күшейткіштің кері байланыспен пайда болуы $K_{oc} = K_{UR2} / R_1$ өрнегімен анықталады. Осылайша, КУ пайдасында қажетті азайту үшін R_2 резисторын дұрыс таңдау жеткілікті. Біздің жағдайда

$$R_2 = R_1 K_{oc} / K_U = 20\,000 \cdot 1\,000 / 100\,000 = 200 \text{ Ом}.$$

Жауабы

Қажетті кірісті алу үшін, бар амплифердің схемасына 200 Ом қарсылықпен R_2 кедергісі арқылы кері кіріс контурына теріс кері байланыс енгізу керек.



Сурет. П13. Теріс кері байланыспен жұмыс күшейткіші

ҚОСЫМША 17

Параметрлік тұрақтандырғыш

Есептеу мысалы

Тұрақтандырғышты есептеу Zener диодтың D түрін таңдауға және R6 балласты резисторының кедергісі мен қуатын анықтауға дейін азаяды (14-сурет). Бұл жағдайда R_H жүктемесіне кедергі келтірілуі тиіс: R_H = 120 Ом болсын; U_{BX} ± DU кіріс кернеуінің ауытқуы - U_{BX} = 8 ± 2 В, яғни U_{BXmin} = 6В, U_{BXmax} = 10В;
шығыс кернеуі U_{BHX} - U_{BHX} = 4 В.

Шешуі

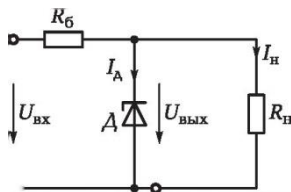
1. Жүктеме токтарын есептеу:

$$4 = U_{BHX}/R_H = 4/120 = 0,033 \text{ A.}$$

2. Балласты қарсылығын есептеңіз:

$$R6 = (U_{BX \text{ min}} - U_{BHX})/4 = (6 - 4)/0,033 = 60 \text{ Ом.}$$

Сурет. П14. Параметрлік тұрақтандырғыш схемасы



3. ЭЦ тұтынатын максималды ток анықтаңыз:

$$I_{\max} = (U_{B\max} - U_{BHX})/R_6 = (1^\circ - 4)/60 = 0,1 \text{ A.}$$

4. Зенердің диод арқылы максималды ток есептеңіз:

$$I_{d\max} = I_{\max} - 4 = 0,1 - 0,033 = 0,067 \text{ A.}$$

5. Каталогқа сәйкес зенердің түрін таңдап алыңыз

$$U_b \text{ БХ} = 4 \text{ В и } I_{d\max} = 0,067 \text{ A.}$$

Бұл талаптарды KS 139A тұрақтандырғышы $E_g = 3.9 \text{ V}$ және $I_{d\max} = 70 \text{ mA}$ кездестіреді.

6. балласты резисторының максималды қуатын есептеңіз

Db:

$$P = I_{\max}^2 R = 0,01 - 60 = 0,6 \text{ Вт.}$$

Жауабы

Көрсетілген шектерде кернеуді тұрақтандыру үшін KS139A зенгер диод баласты резисторымен бірге пайдаланылуы мүмкін, мысалы, MLT-1-60 Ом.

ҚОСЫМША 18

Трансформатор

Есептеу мысалы

Электротехника зертханасы үшін келесі параметрлермен үш фазалы трансформатор сатып алынды: $S = 2 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $U_1 = 380 \text{ В}$; $U_2 = 36 \text{ В}$; $f = 50 \text{ Гц}$; $\cos \varphi = 0.75$.

Негізгі және қайталама орамаларда токтардың номиналды мәндерін есептеңіз, екі орамның бұрылыстарын, трансформация коэффициентін және трансформатордың тиімділігін анықтаңыз.

Шешімі

1. Ағындардың номиналды мәндерін анықтаңыз:

$$I_{1н} = S/(\sqrt{3} U_1) = 2000/(\sqrt{3} \cdot 380) = 3 \text{ А};$$

$$I_{2н} = S/(\sqrt{3} U_2) = 2000/(\sqrt{3} \cdot 36) = 32 \text{ А.}$$

2. Әр орамның бұрылыстарының санын анықтау үшін бастапқы және қайталама орамалардан трансформаторлық шыбықтардың бірінде белгілі бір бұрылыс саны бар қосымша ораманы қолдану қажет. Кезек саны 20 болсын.

3. Трансформатордың фазаларының біреуі үшін бос сынақ барысында (7.1.3-кіші бөлімін қараңыз) төмендегілер анықталады:

$U_{10} = 220$ В; $U_{20} = 21$ В; $U_{A0n} = 4$ В; $P_{10} = 40$ Вт мұнда P_{i0} - магниттік ысыраптарға тең емес бос уақытта шығындар.

Трансформатордың сол фазасының қысқа тұйықталу сынағы кезінде төмендегілер анықталады:

$I_{1K3} = 20$ В; $P_{1K3} = 60$ Вт; $I_{K3} = 3$ А; $T_{ГK3} = 32$ А, где P_{1K3} — потерих қысқа тұйықталу тәжірибесіндегі шығындар электр энергиясының шығындарына тең.

4. Трансформатордың трансформациялық коэффициентін анықтаңыз:

$$k_{21} = U_{20}/U_{10} = 21/220 = 0,095.$$

5. Бастапқы және қайталама орамалардың бұрылыстарының санын есептеңіз:

$$W = w_{A0n} U_{10}/U_{A0n} = 20 \cdot 220 / 4 = 1100;$$

$$W = w_{A0n} U_{20}/U_{A0n} = 20 \cdot 21 / 4 = 105.$$

6. Трансформатор жүктеменің белсенді қуатын есептеңіз:

$$P_2 = S \cos j = 2\,000 \cdot 0,75 = 1\,500 \text{ Вт}.$$

7. Трансформатордың магниттік және электрлік шығындар бір фаза үшін өлшенгенін ескере отырып, тиімділігін есептеңіз:

$$h = p_2/p_1 = P_2/(P_2 + 3P_{10} + 3P_{1K3}) = 1\,500/(1\,500 + 120 + 180) = 0,83.$$

Жауабы

Тестілеу және үшфазалы трансформатор үшін есептеулер процесінде анықталады:

- Номиналды токтар $I_{1n} = 3$ А; $I_{2n} = 32$ А;
- айналым коэффициенті $k_{21} = 0,095$;
- $w_1 = 1100$ орамдарының саны; $w_2 = 105$;
- Трансформатордың тиімділігі $h = 0,83$.

Тұрақты тоқ машинасы

Есептеу мысалы

Тұрақты магниттермен қозғалтқыш DCM-25-H3-16 DC қозғалтқышы, $n_{НОМ} = 5\,200$ айн / мин; $U_{НОМ} = 27$ В; $40m = 0,5$ А; $Yя + Yщ = 0,5$ Ом, индукциялық қозғалтқыштың айналу жиілігін бақылау үшін тахогенератор ретінде қолданылады. Индукциялық қозғалтқыштың жылдамдығымен машина щеткалары бойынша күтілетін ЭМӨ анықтау $n = 2,970$ айн / мин.

Шешімі

Қозғалтқыш режимінде машинаның жұмыс істеуі кезінде қарсы электр қозғалтқыш күші анықталады:

$$E = U - (Yя + Yщ) \cdot I_{ном} = 27 - 0,5 - 0,5 = 26,75 \text{ В.}$$

Бұл электр қозғалтқышында номиналды кернеу мен номиналды жылдамдықта пайда болады. E бастап $= seFv$ пропорционалдық коэффициент $k = seFv = E / N = 26,75 / 5200 = 0,005$ есептеу мүмкін. Бұл коэффициент машина жұмыс істеп тұрған кезде және генераторлық режимде бірдей болып қалады. Шындығында c коэффициенті машинаның дизайны бойынша анықталады, ал F ағыны статордың магниттік сипаттамасымен анықталады. Генератор режимінде де, қозғалтқыш режимінде де осы параметрлердің екеуі де өзгеріссіз қалады.

Демек, қозғалтқыш тахо режимінде жұмыс істейтін кезде, ротордың асинхронды қозғалтқышы бар, қылқаламдағы күтілетін ЭМӨ - $E = seFv = k \cdot n = 0,005 \cdot 2\,970 = 14,85 \text{ В}$

Жауабы

Қозғалтқыш тензомотор ретінде асинхронды қозғалтқышпен бірге жұмыс істеп тұрғанда, күтілетін ЭМӨ 14,85 В құрайды.

Асинхронды қозғалтқыш

Есептеу мысалы

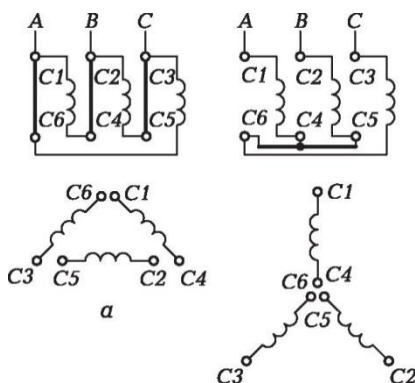
Үш фазалы асинхронды электр қозғалтқышы бар, түйіспелі торлы ротормен және терминалдағы алты терминалмен келесі сипаттамалар берілген: 220/380 В; D / Y; 50 Гц; 1 450 айн / мин; 2,5 кВт; $\cos \varphi = 0.8$; $\eta = 0.85$.

Қозғалтқыш үшбұрыш пен жұлдыз арқылы қосылса, өтпелердің орнын көрсетіңіз. Қозғалтқыштың шығу қуаты әртүрлі коммутациялық тізбектерге және сол кернеу кернеуге қанша рет ерекшеленетінін анықтаңыз. Статор орамасының жұмыс токін, полюстер жұптарының санын және индукциялық қозғалтқыштың сырғасын есептеңіз.

Шешімі

1. Үшбұрыш қосылса, C4 бірінші орамасының соңы екінші C2 басталуына және т.б. Орамалардың басы А, В, С желілік сымдарымен жалғанған (15-сурет, а). Жұлдыз қосылса, C4, C5, C6 орамдарының ұштары біріктіріледі және ұштар А, В, С сызықтық сымдарына қосылады (Сурет 15, б).

2. Асинхрондық қозғалтқыштың орамдары үшбұрышқа қосылған кездегі жалпы қуат, $S_{dd} = 3S < 3 = 3U_{\phi} / Z$, $\hat{=} = 3U_{\phi} / Z_{\phi}$. Жұлдыз қосылу кезде: $B_{dd} = 35\phi = 3U_{\phi} / Z$, $\xi = UV - f\phi$.



Сурет. П15. Индукциялық қозғалтқыштың қалқаны бойынша бөгеттер орнату: а - үшбұрыш схемасына сәйкес; б - жұлдыз схемасына сәйкес

$S_j / S_j^* = 3$ қатынасы.

3. Статор тоқын есептеу үшін статор орамасының жұмыс режимінде тұтынатын белсенді қуатын анықтаймыз:

$$P_a = p_2 / \eta = 2\,500 / 0,85 \approx 2\,940 \text{ Вт.}$$

$$\text{теңдеуден табамыз } P_a = V_3 \cdot U I \cos j$$

$$I = P_a / (U_3 \cdot U \cos j) = 2\,940 / (380 \cdot 0,8) = 9,6 \text{ А.}$$

4. Магнит өрісінің синхронды айналу жиілігінің өрнегінен, $n = 60 f / p$, полюстердің жұп жұптарының саны n p n нақты ротордың жылдамдығы $n = 1,450$ айн / мин жылдамдығына жақын. Бұл жағдайда $p = 2$ болады. Бұл жағдайда $\omega = 60 \cdot 50 / 2 = 1,500$ айн / мин.

5. Индукциялық қозғалтқыштың сырғағын есептеңіз:

$$S = (\psi - p) / \psi = (1\,500 - 1\,450) / 1\,500 = 0,033.$$

Жауабы

Үшбұрышты асинхронды қозғалтқышты іске қосу үшін C1 - C6, C2 - C4, C3 - C5 қысқыштары мен C6 - C4 - C5 қысқыштарын біріктіріп, екі секіргішті көлденең орналастырыңыз.

Қозғалтқыштың шығыс қуаты статор орамдары бірдей сызықтық кернеуге қосылса, үшбұрышта 3 есе жоғары жұлдыз қосылуы болғанға қарағанда.

Жұмыс режимінде стационарлық ток 9,6 А құрайды.

Полюстер жұптарының саны - 2.

Слайд 3,3% құрайды.

ҚОСЫМША 21

Синхронды генератор

Есептеу мысалы

Гидрогенератордың паспортының деректері белгілі: номиналды қуаты $P_{2n0m} = 690$ МВт; номиналды кернеуі $U_{НОМ} = 16$ кВ; 50 Гц кернеудің номиналды жиілігі; номиналды айналу жылдамдығы $n_{НОМ} = 142,8$ айн / мин;

тиімділік $\eta = 98\%$;

қуат коэффициенті $\cos j = 0,83$.

7-ном турбогенераторының номиналды моментін есептеңіз, полюстердің жұптарының саны.

Шешімі

1. Турбинаны қозғалтатын номиналды сәтін есептеңіз:

$$M_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / (0,105 \eta_{\text{номц}}) = 690 \cdot 10^6 / (0,105 \cdot 142,8 \cdot 0,98) = 47 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Гидрогенератордың номиналды тоғын есептеңіз:

$$I_{\text{ом}} = P_{\text{ном}} / \sqrt{3} U^{\text{ос}} = 690 \cdot 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 16 \cdot 10^3 \cdot 0,83) = \\ = 30 \cdot 10^3 \text{ А} = 30 \text{ кА}.$$

3. Полюстер жұптарының санын анықтаңыз:

$$p = 60f/n = 60 \cdot 50 / 142,8 = 21.$$

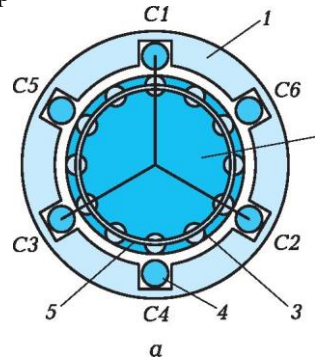
Жауабы

Турбинаның номиналды моменті $47 \text{ МН} \cdot \text{м}$, гидрогенератордың номиналды ток - 30 кА , полюс жұптарының саны - 21 .

Негізгі есепті салыстырмалы бағалау

Атауы
Құрамы

Электрлік тұрақты тоқ машиналары
Асинхронды машина
Статор ротор



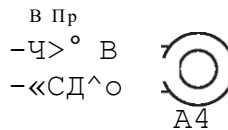
Жұмыс принципі

1 - статор; 2 - ротор; 3 - ротордың орамасы; 4 - статор орамасы; 5 - сырғу сақиналары

Қосылу схемасы

Айналмалы магнит өрісінің өзара әрекеті статор орамаларының ротордың орамасындағы осы өріске енгізілген токтармен өндіріледі

A B C



электр машиналарының түрлері (қозғалтқыш режимі)

Синхронды машина

Статор

Ротор

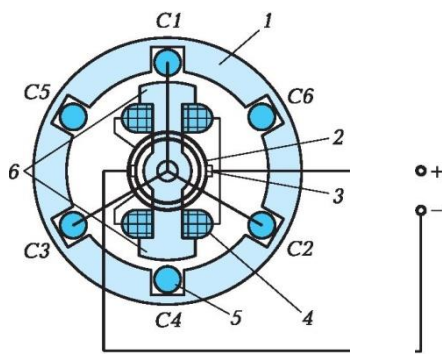
Қылқалаған коллектор

Тікелей ток машинасы (МРТ)

Статор

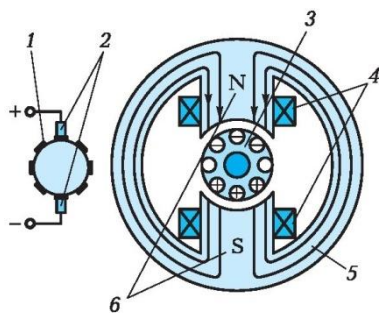
Ротор

Екі қылшақпен қылқалам



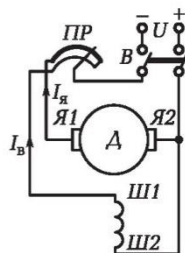
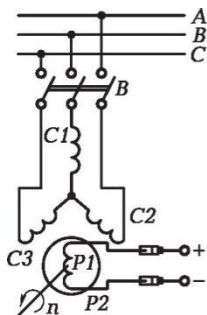
1 - статор; 2 - сақина; 3 - қылқалам; 4 - ротордың орамасы; 5 - статор орамасы; 6 - ротордың тіректері

Ротор орамасының тұрақты магниттік өрісі бар статор орамдарының көмегімен айналдырылатын айналмалы магнит өрісінің өзара әрекеттестігі



1 - коллектор; 2 - қылқалам; 3 - орамасы бар ротор; 4 - статор орамасы; 5 - статор; 6 - полюстер

Тұрақты магнит өрісінің өзара әрекеттесуі статор орамдарының ток өткізгіштегі ротордың орамдарына щеткалар мен коллектор арқылы жіберілетін токпен



Атауы	Асинхронды машина
Негізгі қолданыс	Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш - металл кесетін машиналардың басты қозғалтқышы және көтеру механизмдері
Негізгі параметрлер	Айналдыру жылдамдығы $n = 60 / (1\text{-ші}) / p$ қуаты $P = 0.105 \text{ MWp}$

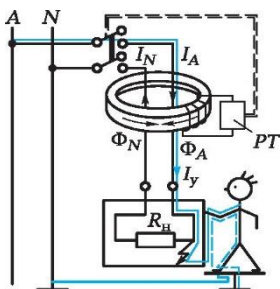
ҚОСЫМША 23

Қауіпсіздікті өшіру құрылғысы

Қалдық ток құрылғысы (RCD) - жоғары жылдамдықты сөндіргіш. Адамдарды ток соғудан және сымдардағы қысқа тұйықталудан туындаған салдарларға жол бермеу үшін, электр жабдықтары бұзылған немесе электр құрал-жабдықтардың ашық өткізгіш бөліктерімен кездейсоқ байланыста болған адамдарға арналған.

ҰБТ-ның негізгі бөліктері:

- дифференциалдық ток трансформаторы;
- ағымдағы реле;
- Актuator.



А сатысы және бейтарап N сымдар, электр жабдығына (RH) қосылған, бастапқы орамдардың рөлін атқарады, ток трансформаторы мен ішіне кіреді. Трансформатордың қосалқы орамасы RT ток релесіне қосылады (Сурет 16).

Сурет. P16. Желіге RCD арқылы электр жабдықтарын қосу схемасы

Синхронды машина	тұрақты ток машинасы (ТТМ)
Үш фазалы синхронды генератор - ауыспалы ток электр энергиясының негізгі көзі	Тұрақты ток қозғалтқышы - көлік құралдарының негізгі қозғалтқышы; DC генераторы - тікелей ток көзінің негізгі көзі
ЭДС $E = c_e \Phi n$ Қуаты $P = *I_3 U I \cos \varphi$	Айналу жиілігі $\Pi = \omega / (C_e \Phi) \cdot (D \varphi / C_e \Phi)^{1/2}$ я Қуаты $P = 0,105 M_{\text{врт}}$

Кәдімгі тәртіпте қорғасын сымдарының токі бірдей және трансформатордың магнит схемасында магнит ағындарын бірдей етеді. Олар кері бағытта бағытталғандықтан, нәтижесінде алынған магниттік ағын нөлге тең және Екінші реттік орамдағы ЕМҚ тудырмайды.

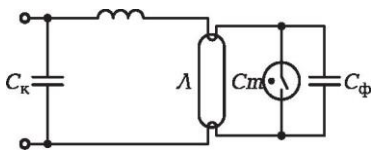
Мысалы, адам оқшаулаудың бұзылуы және корпусқа қысқа болатын РН электр қондырғысы корпусына тигенде, фазалық өткізгіштің ағып кету тогы 1-ші болады. Бұл магнит ағындарының теңдігін бұзуға, ток трансформаторының қайталама орамасына әкелетін айырмашылық ағынының пайда болуына әкеледі. Егер бұл ЭМӨ шекті мәннен асып кетсе, атқарушы электр желісін орнатудан ажыратып, ажыратады.

Жетектің рөлі, әдетте, қуат контактілерін ашады және электр тізбегін күшейтетін іске қосу механизмі бар көктемде жүзеге асырылады.

ҚОСЫМША 24

Люминесцентті шамдарды қосудың ерекшеліктері

Люминесцентті лампалардың жұмыс істеу принципі - газдың ағып кетуінен пайда болатын көрінбейтін ультракүлгін сәулеленуді фосфор қаптамасы арқылы айырбастау. Осылайша, люминесцентті лампаларда, электр энергиясы, жарық сәулесі термоэффектінің салдары болып табылатын қыздыру шамдарынан айырмашылығы тікелей жарыққа айналады, электр тогы ол арқылы өтеді.



Сурет. Р17. Люминесцентті шамды қосу схемасы

Люминесцентті лампалар жоғары тиімділік, ұзақ қызмет ету мерзімі, бетінің төмен температурасы, табиғиға жақын жарық алу мүмкіндігі арқасында кеңінен қолданылады. Дегенмен, олар өте күрделі тізбекті және арнайы іске қосу жабдығын талап етеді.

Шамның жарықтандыруы (электродтарды ажырату) электродтар арасындағы кернеудің екі есе артық жұмыс кернеуін талап етеді. Сонымен бірге, лампаны иондағаннан кейін электродтардағы кернеу жарты жұмыс кернеуі болуы керек. Бұл міндет дроссель арқылы өңделеді, ол шамдармен Л-шамдарымен ауысады, светящий разряды C_m стартерімен жұмыс істейді (Сурет П17).

Схема қосылса, стартер электродтарды қыздыратын жарық шығаратын шығарады. Электродтардың біреуі биметалдан жасалғандықтан, жылу әсерінен ол басқа электродқа қарай бұрылып, онымен жабылады. Жаркылдың ағуы кетеді, электродтар суытып, ашылады. Дроссельдегі старт электродтарын ашу кезінде елеулі ЭМӨ индуцирленген, шамның электродтарын қыздырып, онда газдың иондалуы қамтамасыз етіледі. Индуктивті ЭМӨ импульсінің ұзақтығын арттыру және стартерге параллель шамды сенімді тұтату үшін шағын сыйымдылықтың конденсаторы орнатылған.

Шам жалындағаннан кейін электродтардағы кернеу дроссельдің индуктивті реактивтілігінің мәнімен шектеледі

Қуат коэффициентін арттыру үшін басқару тізбегіне қосыңыз, компенсациялық конденсатор C_k қосылады.

1. Арестов К.А. Основы электроники / К. А.Арестов, Б. С. Яковенко. – М. : Радио и связь, 1988.
2. Бутырин П.А. Электротехника / П. А. Бутырин, О.В.Толчеев, Ф.Н.Шакирзянов; под ред. П.А. Бутырина. – М. : Издательский центр «Академия», 2015.
3. Касаткин А. С. Основы электротехники / А. С. Касаткин – М. : Высш. шк., 1986.
4. Китаев В. Е. Электротехника с основами промышленной электроники / В. Е. Китаев. – М. : Высш. шк., 1985.
5. Константинов В. И. Сборник практических примеров и задач по общей электротехнике / В. И. Константинов, А. Ф. Симонов. – М. : Высш. шк., 1971.
6. Корякин-Черняк С. Л. Справочник домашнего электрика / С. Л. Корякин-Черняк. – СПб. : Наука и техника, 2005.
7. Лихачев В.Л. Электротехника: справочник. – Т. 1. / В. Л. Лихачев. – М. : СОЛОН-Р, 2001.
8. Полещук В. И. Задачник по электротехнике и электронике / В. И. Полещук. – М. : Издательский центр «Академия», 2014.
9. Прошин В. М. Лабораторно-практические работы по электротехнике / В. М. Прошин. – М. : Издательский центр «Академия», 2014.
10. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники / Ю. Г. Синдеев. – Ростов н/Д : Феникс, 2004
11. Электротехника и электроника / Б. И. Петленко, Ю. М. Иньков, А. В. Крашенинников и др.; под ред. Б. И. Петленко. – М. : Издательский центр «Академия», 2014.
12. Электротехника / А. Я. Шихин, Н. М. Белоусова, Ю. Х. Пухляков и др.; под ред. А. Я.Шихина – М. : Высш. шк., 1991.

Кіріспе.....	4
1-тарау. Тікелей ток тізбегінің электр тізбектері.....	10
1.1. Негізгі электрлік шамалар.....	10
1.1.1. Электр тогының физикасы	10
1.1.2. Негізгі электрлік шамалардың түсінігі	11
1.1.3. Электрлік шамаларды өлшеу бірліктері	15
1.2. Электр қуаты және электр тізбегі. Заңдар	
Электротехника	15
1.2.1. Электр қуат көздерінің түрлері	15
1.2.2. Электр тізбегі туралы түсінік	18
1.2.3. Электротехниканың негізгі заңдары.....	20
1.3. Электр энергиясын алушылар мен көздер. Қарапайым есептеу	
электр тізбегі.....	21
1.3.1. Электр энергиясын алушылардың қосылу әдісі	21
1.3.2. Электр энергиясының көздерін қосу әдістері	24
1.3.3. Қарапайым несбалансирленген электрді есептеудің алгоритмі	
Тізбектер.....	25
1.4. Электр аспаптары туралы жалпы ақпарат	27
1.4.1. Электр өлшеу әдістері	27
1.4.2. Кернеуді өлшеу.....	28
1.4.3. Ағымдағы өлшеу	29
1.4.4. Қуатты өлшеу.....	30
1.4.5. Қарсылықты өлшеу	31
1.4.6. Электр құрылғыларының негізгі көрсеткіштері	31
1.4.7. Электрлік өлшеу құралдарының жүйесі.....	32
1.5. Электр тізбектерінің жұмыс режимдері. Сымдар есептеу.	
Бөлшек электр тізбегі.....	34
1.5.1. Электр тізбектерінің жұмыс режимдері	34
1.5.2. Кернеу жоғалту және жылыту үшін сымдарды есептеу	35
1.5.3. Бөлшек электр тізбегі. Контурдың әдісі	
Ағымдар	36
1.6. Сызықты емес электр тізбектері	38
1.6.1. Сызықтық емес вольт-ампер сипаттамалары	
Элементтері.....	38
1.6.2. Сызықсыз элементтердің дәйекті қосылуы	40
1.6.3. Сызықсыз элементтерді параллель байланыстыру.....	41

2-тарау. Айнымалы электр тізбектері.....	43
2.1. Ауыспалы ток электр тізбектерінің түсінігі. Вектор диаграммалар.	
Бйдыстық және индуктивті кедергілер туралы түсінік	43
2.1.1. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар	43
2.1.2. Векторлық диаграммалар.....	45
2.1.3. Сыйымдылығы.....	46
2.1.4. Индуктивтілік	48
2.2. Белсенді белсенді айнымалы электр тізбектері	
қарсылық, индуктивтілік және сыйымдылық	50
2.2.1. Белсенді кедергісі бар тізбек	50
2.2.2. Индуктивтілік бар схема.....	51
2.2.3. Индуктивтілік және белсенді кедергісі бар тізбек.....	52
2.2.4. Сыйымдылығы бар тізбек.....	53
2.2.5. Сыйымдылығы мен белсенді кедергісі бар тізбек.....	54
2.3. Айнымалы ток тізбегі бар электр тізбегі	
конденсатор мен индуктивті қосу. Резонанс резонансы	55
2.3.1. Кернеу тізбегі.....	55
2.3.2. Индуктивтілік катушкалардың дәйекті қосылуы	
және конденсатор	55
2.3.3. Резонанс резонансы.....	56
2.4. Конденсатордың және индуктордың параллель қосылымымен	
айнымалы электр тізбегі.	
Резонанстық токтар	59
2.4.1. Ауыстырылатын ток өткізгіштері туралы түсінік	59
2.4.2. Резонанстық токтар	60
2.4.3. Қуат факторы және оны ұлғайту жолдары.....	61
2.5. Нонсиозоидальді токтар. Сызықтық өтпелі кезеңдер	
электр тізбектері	62
2.5.1. Нонсиозоидальді токтар.....	62
2.5.2. Фурье қатарлары ең типтік түрлерге арналған	
синусоидалы емес кернеулер	64
2.5.3. Өтпелі үдерістің ұғымы	65
2.5.4. JC тізбегінде өтпелі процесс.....	66
2.5.5. PL тізбегінде өтпелі кезең.....	66
3-тарау. Үш фазалы электр тізбектері	69
3.1. Үш фазалы кернеу алу. Фазаларды қосу жолдары көзі.....	69
3.1.1. Үш фазалы электр тізбектерінің негізгі ұғымдары	69
3.1.2. Көздің фазаларын қосу әдістері	70
3.2. Үш фазалық жүктеме схемалары.....	73
3.2.1. Жүктің түрлері	73
3.2.2. Үшбұрышқа енгізілген симметриялық жүктеме	74
3.2.3. Үшбұрышқа енгізілген теңгерімсіз жүктеме	75
3.2.4. Жұлдызды симметриялы жүктеме	76
3.2.5. Теңгерімсіз жүктеме, жұлдызға енгізілген.....	77

3.3. Үш фазалы электр тізбегін есептеу. Схемотехника және өлшеу әдістері.....	78
3.3.1. Үш фазалы электр тізбектерін есептеу әдістері.....	78
3.3.2. Үш фазалы электр тізбегінің күші мен әдістері оның өлшемдері.....	80
4-тарау. Магнит тізбектері	82
4.1. Тік токпен магниттік тізбектер	82
4.1.1. Магнит өрісінің индукция және күшіне әсері.....	82
4.1.2. Магнит өрісінің негізгі параметрлері	83
4.1.3. Ферромагниттік материалдардың физикасы	84
4.1.4. Толық ток заңы	86
4.2. Электромагниттік құрылғылар. Магниттік ұқсастығы және электр тізбектері.....	87
4.2.1. Электромагнетиктер.....	87
4.2.2. Электромагниттік реле.....	89
4.2.3. Электр машиналары	89
4.2.4. Магниттік және электр тізбектерінің ұқсастығы	91
4.3. Тікелей магнит тізбектерін есептеу. Магниттік тізбектер айнымалы ток.....	93
4.3.1. Есептеу тапсырмалары.....	93
4.3.2. Есептеу алгоритмі.....	93
4.3.3. Есептеу мүмкіндіктері.....	94
4.3.4. Ауыспалы токпен магниттік тізбектер. Магниттік шығындар	95
5-тарау. Электрлік өлшемдер	98
5.1. Электромеханикалық өлшеудің конструктивті элементтері Аспаптар.....	98
5.1.1. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар	98
5.1.2. Құрылымдық элементтер	101
5.2. Магнитэлектриктің электрлік өлшеу құрылғыларының конструкциялық схемалары және жұмыс принципі және электромагниттік жүйелер	103
5.2.1. Магнитэлектрлік құрылғылар	103
5.2.2. Электромагниттік құрылғылар.....	106
5.3. Электродинамикалық электрлік өлшеу құралдарының конструкциялық схемалары және жұмыс принципі индукциялық жүйелер. Жазу және жазу құралдары	108
5.3.1. Электродинамикалық құрылғылар	108
5.3.2. Индукциялық құрылғылар.....	110
5.3.3. Жазу және жазу құралдары.....	111
5.4. Электрондық өлшеу құралдары.....	112
5.4.1. Электрондық өлшеу құралдарының ерекшеліктері.....	112
5.4.2. Электрондық сәуленің осциллографы	113
5.4.3. Электрондық вольтметр	116

5.4.4. Электрондық генератор	118
5.5. Индуктивтілікті өлшеу және сыйымдылық. Өлшеу	
Электрлік емес әдістер бойынша электрлік емес мөлшерде	119
5.5.1. Мультиметрлер	119
5.5.2. Индуктивтілікті өлшеу және сыйымдылық	120
5.5.3. Электрлік емес шамаларды өлшеу	121
6-тарау. Өндірістік электроника негіздері	124
6.1. Өндірістік электронның сызықты және сызықты емес	
элементтері	124
6.1.1. Негізгі ұғымдар	124
6.1.2. Өндірістік электрониканың сызықтық элементтері	124
6.1.3. Өндірістік электрониканың сызықты емес элементтері.	
Физика жартылайөткізгіштердің өткізгіштігі	128
6.1.4. Р- және р-типті жартылай өткізгіштер негізіндегі құралдар	129
6.1.5. Электронды тесік өтпелі қасиеті	131
6.2. Біртұтас жартылай өткізгіш құрылғылар	132
6.2.1. Диодтар	132
6.2.2. Өріс эффектісінің транзисторлары	135
6.3. Көп транзисторлы жартылай өткізгіш құрылғылар. Интегралды	
схемалар және микроэлектроника	138
6.3.1. Биполярлық транзисторлар	138
6.3.2. Тиристорлар	141
6.3.3. Біріктірілген тізбектер	142
6.4. Ректификациялық құрылғылар. Бір фазалы редукторлар	144
6.4.1. Түзеткіш элементтерінің құрамы мен мақсаттары	
Құрылғылар	144
6.4.2. Толық толқынды фазалы түзеткіш	146
6.4.3. Толық толқынды фазалы түзеткіштер	146
6.5. Үшфазалы түзеткіштер. Тегістегіш сүзгілер. Инверторлар	148
6.5.1. Үш фазалы түзеткіш тізбектер	148
6.5.2. Тегістегіш сүзгілер	150
6.5.3. Инверторлар	152
6.6. Тұрақты кернеу тұрақтандырғыштары	154
6.6.1. Тұрақтандырғыштың мақсаты, түрлері және негізгі	
Параметрі	154
6.6.2. Параметрлік тұрақтандырғыш	155
6.6.3. Тұрақтандырғышты компенсациялау	156
6.7. Күшейту құрылғылары. Жұмыс режимдері және жұмыс принципі	
Күшейткіш	158
6.7.1. Мақсаты және жіктелуі	158
6.7.2. Параметрлер мен сипаттамалар	159
6.7.3. Жұмыс режимдері	160
6.7.4. Жұмыс принципі	160
6.8. Күшейткіштерде кері байланыс. Кері байланыстың әсері	

күшейткіштің сипаттамалары бойынша	162
6.8.1. Кері байланыс түрлері	162
6.8.2. Термостабилизация қағидасы	164
6.9. Көп сатылы қуат күшейткіштері	165
6.9.1. Ішкі байланыстың түрлері	165
6.9.2. N-С байланысымен күшейткіштер	166
6.9.3. Трансформаторлық қосылыстары бар күшейткіштер	166
6.9.4. Гальваникалық байланысы бар күшейткіштер	168
6.10. DC күшейткіштер және қуат күшейткіштері	169
6.10.1. Операциялық күшейткіштер	169
6.10.2. Қуатты күшейткіштер	171
6.11. Синусоидалды тербелістердің электронды осцилляторы	173
6.11.1. Электрондық генераторларды жіктеу	173
6.11.2. LC генераторлары	174
6.11.3. NR-генераторлары	175
6.12. Синусоидалы емес тербелістердің электронды генераторлары	176
6.12.1. Релаксация генераторлары	176
6.12.2. Мультивибратор	177
6.12.3. Электрондық реле (триггер)	179
7-тарау. Электр машиналары	181
7.1. Электр машиналары туралы жалпы ақпарат. Кездесу және трансформатор құрылысы	181
7.1.1. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар	181
7.1.2. Электр жұмысының негіздері машиналар	182
7.1.3. Трансформатордың мақсаты мен дизайны	183
7.2. Бірфазалы трансформатордағы негізгі қатынастар. Трансформатордың жоғалуы және тиімділігі	186
7.2.1. Трансформатор жұмысының принципі	186
7.2.2. Стрелік теңдеу және коэффициент түрлендірулер	187
7.2.3. Шығындар және тиімділік	189
7.3. Трансформатордың сыртқы сипаттамасы. Үш фазалы трансформаторлар, арнайы трансформаторлар	191
7.3.1. Трансформатордың сыртқы сипаттамасы	191
7.3.2. Үш фазалы трансформаторлар	192
7.3.3. Автотрансформатор	194
7.3.4. Өлшеуіш трансформаторлар	195
7.3.5. Пісіру трансформаторы	196
7.4. Асинхрондық машиналар туралы жалпы ақпарат	197
7.4.1. Асинхронды машинаны салу	197
7.4.2. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың жұмыс принципі	200
7.5. Асинхронды қозғалтқыштың сипаттамасы	202
7.5.1. Механикалық және қозғалтқыштың өнімділігі	202
7.5.2. Асинхронды машиналарда жоғалту. Энергия диаграмма	204
7.6. Асинхронды басталу және жылдамдықты басқару қозғалтқыш	205

7.6.1. Кері және старт-схемалар	205
7.6.2. Жылдамдықты басқару	207
7.7. Бір фазалы және әмбебап асинхронды қозғалтқыштар	208
7.7.1. Бір фазалы асинхронды қозғалтқыштар	208
7.7.2. Әмбебап асинхронды қозғалтқыштар.....	211
7.8. Синхронды машиналар туралы жалпы ақпарат	212
7.8.1. Құрылыс	212
7.8.2. Жұмыс кезінде синхронды машиналардың жұмыс істеу принципі қозғалтқыш режимінде.....	213
7.8.3. Синхронды машина жұмысының принципі генератор режимінде	214
7.9. Қозғалтқыш режимінде синхронды машинаның ерекшеліктері	215
7.9.1. Синхронды қозғалтқышты іске қосу мүмкіндіктері.....	215
7.9.2. Төмен қуатты синхронды машиналар	217
7.10. Тұрақты ток машиналары туралы жалпы ақпарат	218
7.10.1. Тұрақты emf алу принципі.....	218
7.10.2. Дизайн және жұмыс принципі.....	219
7.10.3. ЭМО және электромагниттік сәт.....	220
7.11. Тікелей ток генераторы	221
7.11.1. Тұрақты ток машинасын режимде пайдалану генератор...221	
7.11.2. Баяу сипаттамасы	223
7.11.3. Сыртқы сипаттамасы.....	223
7.12. DC қозғалтқышы	224
7.12.1. Қозғалтқыш режимінде Тұрақты ток машинасының жұмысы	224
7.12.2. Жылдамдықты басқару	226
7.13. Тұрақты токтың қозғалтқышын іске қосу ерекшеліктері. Қозғалтқыш жүйелі қоздыру және әмбебап коллекторлы қозғалтқыштармен.....	228
7.13.1. Қозғалтқышты және бастапқы реостаттың рөлін бастаныз	228
7.13.2. Тұрақты ток қозғалтқышы үгіт	229
7.13.3. Әмбебап коллекторлық мотор.....	230
8-тарау. Электр энергиясын өндіру және бөлу.	232
8.1. Электр энергиясын өндіру	232
8.1.1. Электр энергиясының дәстүрлі көздері.....	232
8.1.2. Дәстүрлі емес жаңартылатын энергия көздері.....	235
8.2. Электр энергиясын беру және тарату.....	236
8.2.1. Электр энергиясын беру	236
8.2.2. Электр энергиясын бөлу	238
1-қосымша. Негізгі электрлік қондырғылар	242
2-қосымша. Өлшем бірлігі мен өлшем бірлігін белгілеу	246
3-қосымша. Тұрақты электр төзімділігі	

және магистральдық қарсылықтың температуралық коэффициенті электротехникалық материалдар.....	246
4-қосымша. Магистральді электротехникалық құрылғылардың салыстырмалы өткізгіштігінің орташа мәні материалдар ..	247
5-қосымша. Қарапайым несбаланбаған электр тізбек	247
6-қосымша. Бөлінген электр тізбегі	249
7-қосымша. Сызықты электр тізбегі	250
8-қосымша. Айнымалы электр тізбегі.....	252
9-қосымша. Судың құйылуы.....	253
10-қосымша. Электрлік өлшемдер	254
11-қосымша. Параллельді осцилляторлық схема.....	256
12-қосымша. Үш фазалы электр тізбегі	258
13-қосымша. Үшфазалы үш сымды ЕС есептеу үшін алгоритм асимметриялық жүктемемен бірге жұлдыз қосылды.	259
14-қосымша. Электр магнитті магниттік схемасын есептеу	261
15-қосымша. Ректификатор.....	263
16-қосымша. Күшейткіш	264
17-қосымша. Параметрлік тұрақтандырғыш	265
18-қосымша. Трансформатор	266
19-қосымша. Тұрақты ток машинасы	268
20-қосымша. Индукциялық мотор.....	269
21-қосымша. Синхронды генератор	270
22-қосымша. Негізгі түрлерге қысқаша салыстырмалы бағалау электр машиналары (қозғалтқыш режимі)	272
23-қосымша. Қорғаныс сөндіргіш	274
24-қосымша. Флуоресцентті шамдарды қосу ерекшеліктері	275
Әдебиеттер тізімі	277

Прошин Владимир Михайлович

Электрлік техника

Кітап

6-шы басылым, стереотипті

Редактор Т. П. Манухина

Техническалық редактор О.Н.Крайнова

Компьютерлі верстка: Е. Ю. Назарова

Түзеткіш А.П. Сизов

Ed. № 106113433. 2016 жылы 30 тамызда баспасөзде қол қойылған.
Формат 60 x 90/16.

Гарнитура Baltika. Қағаздар. №1. Офсалды басып шығару. Usl. принтер. л.
18.0. Айналымы 1 000 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы »ЖШС. www.academia-moscow.ru 129085,
Мәскеу қаласы, Мира даңғылы, 101Б, 1-б.

Тел. / Факс: (495) 648-05-07, 616-00-29.

Санитарлық-эпидемиологиялық есеп № РОСС RU.ПЩ01.Н00695
31.05.2016 ж.

Idel-Press басылған.