

Н.Ю.МОРОЗОВА

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНИКА

Оқулық

*«Білім беруді дамытудың федералдық институты»
федералды мемлекеттік мекемесімен («БДФИ» ФММ) «Ғимараттар мен құрылыстарды
салу және пайдалану», «Гидротехникалық құрылыстар» мамандықтары бойынша бастапқы
кәсіби білім беру бағдарламаларын жүзеге асыратын білім беру мекемелерінің оқу үрдісінде
қолдануға арналған оқу құралы ретінде
ҰСЫНЫЛҒАН.*

Пікірдің тіркеу нөмірі №51. «БДФИ» ФММ 2010 жыл

6-шы басылым, стереотипті



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы,
2014

ӨОЖ 621.38(075.32)

КБЖ 32.85я723

М801

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 берушілер:

Е. О. Фадеева, биология ғылымдарының кандидаты, ММПУ география және геоэкология кафедрасының доценті, *Г. Н. Сидоренко*, геология және минералогия ғылымдарының кандидаты, Гидрология және инженерлік геология ЖҒЗИ (ЖОГИНГЕО) аға ғылыми қызметкері, *Р. И. Плотникова*, «Республикалық политехникалық колледж» МО ОКБ МБМ оқытушысы.

Морозова Н.Ю.

М801 Электротехника және электроника: орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқу құралы/ Н. Ю. Морозова. — 6 - басылым., стереотипті. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2014. — 288 б.

ISBN 978-601-333-399-1(каз.) ISBN 978-5-4468-1407-7(рус.)

Оқулықта тұрақты және айнымалы тоқтың электр тізбектерін есептеу теориясының негіздері көрсетілген. Мәселен, трансформаторлар, электр машиналары және электрлік өлшеу әдістері сипатталған. Жартылай өткізгіш аспаптардың жұмыс істеу принциптері қарастырылған. Сонымен қатар күшейткіштер, генераторлар, түзеткіштер, электр сүзгілерінің практикалық схемаларының электр тізбектерінің құрылысы талданған. Электр желілеріне, электрмен жабдықтау және электрлік қауіпсіздігі схемаларына, құрылыс алаңындағы электр технологияларына, құрылыс қрандары мен көтергіштердің электр жабдығына және т.б. көп көңіл бөлінген.

Оқу құралы «Құрылыс» мамандығында оқитын студенттер үшін ОКБ ФМБС сәйкес «Электротехника негіздері» және «Электротехника және электроника» жалпы кәсіби пәндерін оқыту кезінде қолданылады.

Орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӨОЖ 621.38(075.32)

КБЖ 32.85я723

ISBN 978-601-333-399-1(каз.)
ISBN 978-5-4468-1407-7(рус.)

© Морозова Н.Ю., 2011
© «Академия» Білім беру-баспа орталығы, 2011
© Рәсімдеу. «Академия» баспа орталығы, 2011

Оқулық құрылыс бағытындағы мамандықтар бойынша оқу-әдістемелік кешенінің бір бөлігі болып табылады.

Оқулық «Электротехника және электроника» жалпы кәсіби пәнді оқуға арналған.

Жаңа буынды оқу-әдістемелік кешендер дәстүрлі және инновациялық оқу материалдарын қамтиды. Бұл еңбек жалпы білім беретін және жалпы кәсіби пәндер мен кәсіби модульдермен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Әрбір жинақта жалпы және кәсіби, оның ішінде жұмыс берушінің талаптарын ескере отырып құзыреттіліктерді меңгеру үшін қажеттілік туындап отыр. Оқулықтар мен оқу құралдары, оқыту және бақылау құралдары осы мәселе төңірегінде айқындалды.

Оқу басылымдары электрондық білім беру ресурстарымен толықтырылады. Электрондық ресурстар интерактивтік жаттығулар мен жаттығу құралдары бар теориялық және практикалық модульдермен қамтылды. Сонымен қатар мультимедиялық объектілер, интернеттегі қосымша материалдар мен ресурстарға сілтемелерді қамтиды. Оларға терминологиялық сөздік және оқу үрдісінің негізгі параметрлерін тіркейтін электрондық журнал кіріп отыр. Жұмыс уақыты, бақылау және практикалық тапсырмаларды орындау нәтижесінде күтілген біліктілік шығады. Электрондық ресурстар оқу үрдісіне оңай енгізіледі және әртүрлі оқу бағдарламаларына бейімделе алады.

«Электротехника және электроника» пәні бойынша оқу-әдістемелік кешен «Электротехника және электроника» электрондық білім беру ресурсын қамтиды.

Электротехника — бұл электр және магниттік құбылыстарды зерттеумен және оларды практикалық мақсаттарда қолданумен айналысатын ғылым мен техниканың саласы.

Халық шаруашылығының барлық салаларын электрлендірусіз ғылыми-техникалық прогреске жету мүмкін емес.

Электр қуаты техниканың барлық салаларының даму негізі, өнеркәсіп, көлік, ауыл шаруашылығы, коммуналдық-тұрмыстық міндеттелген объектілер мен құрылыстың даму базасы болып табылады.

Электр энергиясының негізгі үлесі электр станцияларында өндіріледі. Мұнда алғашқы тасығыштардың (көмір, мұнай, газ) энергиясы үлкен қашықтықтарға тасымалдануға ыңғайлы электр энергиясына айналдырылады.

Электр энергиясының негізгі ағыны бүгінгі күні айнымалы тоқтың электр тасымалдайтын әуе желілерінің (ЭТЖ) көмегімен тасымалданады. Кейбір кемшіліктерге қарамастан, бұл әзірге электр энергиясын тасымалдаудың ең көп таралған және үнемді түрі болып табылады. Бірақ қазіргі уақытта тұрақты тоқтың ЭТЖ, электр энергиясын тасымалдаудың жаңа әдістері мен құрылғыларын жасау жұмыстары жүргізіліп жатыр.

Құрылыс алаңдарында электр энергиясын кеңінен қолданады. Мысалы, тұрғын, қоғамдық, өнеркәсіптік ғимараттар мен құрылыстарды салу кезінде белсенді түрде қажет етеді.

Құрылысты электрмен жабдықтау мәселелерін дұрыс және уақытылы шешуге, яғни оны электр энергиясымен жеткілікті көлемде, жоғары сапада және белгіленген мерзімде қамтамасыз етуіне байланысты көп жағдайда құрылыс-монтаждық жұмыстарды жүргізу қарқыны, құрылыс машиналары мен механизмдердің тиімді жұмысы және түбінде, құрылыс бағдарламасының сәтті жүзеге асырылуына тәуелді болады.

Электр энергиясын құрылыста тұтыну үнемі өсіп келеді. Ресейдің халық шаруашылығының барлық басқа салаларында да электр энергиясын пайдалану қажеттілігі біртіндеп артып келеді. Ресейде жаңа қуатты электр энергетика объектілері іске қосылып жатқанымен, электр станциялары қазіргі кезде толық жүктемемен жұмыс істеп жатыр.

Сондықтан электр энергиясын үнемдеу - ең маңызды жалпы мемлекеттік міндет.

Электр энергиясын пайдалану мәселелерін дұрыс және техникалық тұрғыдан сауатты шешу «Электротехника және электроника» курсын оқу кезінде шешілетін негізгі міндеттердің бірі болып табылады.

Қазіргі ғылым мен техникадағы электрониканың рөлін асыра бағалау мүмкін емес. Ол ғылыми-техникалық прогрестің катализаторы болып дұрыс есептеледі. Электроникасыз ғарыш пен мұхит тереңдіктерін игерудегі жетістіктер де, атомдық энергетика мен компьютерлік техниканың дамуы да, өндірісті автоматтандыру да, радио хабарларын тарату мен телевидениенің жұмыс істеуі де мүмкін емес.

Электрондық аппаратураны кеңінен пайдалану оның жылдам әрекет етуімен, дәлдігімен, жоғары сезімталдығымен, энергияны аз тұтынуымен, үнемі өсіп келе жатқан үнемділікпен байланысты.

Электр технологиясы - металдарды алу мен өңдеудің электротермиялық және электролиттік тәсілдері қарқынды дамып келе жатыр.

Халық шаруашылығының түрлі салаларында электротехникалық және электрондық құрылғыларды кең пайдалану білікті кадрларсыз мүмкін емес. Осы курсты меңгеретін болашақ мамандар:

- электр энергиясын алудың заманауи тәсілдерімен, өнеркәсіптік және басқа объектілерді электрмен жабдықтау жүйелерін дамыту тенденцияларымен, сондай-ақ, олардың ішінде қолданылатын электр жабдықтармен, отандық және әлемдік электр энергетикасының жай-күйімен танысу;
- электр жабдықтарының, электр құрылғыларының құрылысын, жұмыс істеу принципін, негізгі пайдалану сипаттамаларын, қолдану саласын, артықшылықтары мен кемшіліктерін оқу, оларды практикалық қызметте пайдалануды үйрену;
- электр тізбектері мен құрылғыларын есептеу әдістерін, электр жабдықтары жұмыс істеген кезде электр энергиясын оңтайлы пайдалану тәсілдерін меңгеру және олардың орындалуын басқаруды үйрену;
- мердігерлік ұйымдардың өкілдерімен және құрылыста немесе шаруашылықтың басқа салаларында жұмыс істейтін электршілермен ортақ тіл табу үшін электротехникалық символиканы және терминологияны оқу керек.

Осы оқулықтың авторы «Электротехника. Құрылыс алаңдарын электрмен жабдықтау, электр технологиясы және электр жабдықтары» оқу құралының авторлары В.Е.Зайцевқа және Т.А.Нестероваға оқу материалын ұсынып, көрсеткен көмектері үшін алғысын білдіреді.

ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

1.1. ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ ТУРАЛЫ НЕГІЗГІ

Электр тізбегі деп электромагниттік процестер электр қозғаушы күш (ЭҚК), тоқ және кернеу туралы ұғымдардың көмегімен сипатталуы мүмкін жағдайда орын алады. Сонымен қатар электр тоғына арналған жолды түзетін, құрылғылар мен объектілердің сымдарымен қосылған жиынтықты айтады.

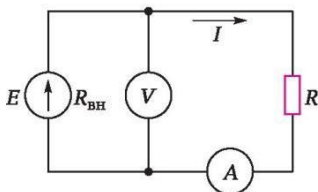
Электр тізбегінің схемасы — бұл оның элементтерінің және олардың қосылыстарының шартты белгілерінің көмегімен тізбектің графикалық көрінісі.

Тұрақты тоқ тізбектері деп қазіргі техникада тоқ өзінің бағытын өзгертпейтін, яғни ЭҚК көзінің полярлығы тұрақты болатын тізбектерді айтады.

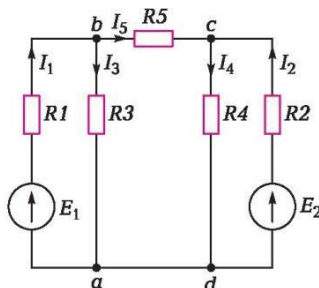
Электр тізбегі міндеті бойынша үш топқа бөлуге болатын жеке құрылғылардан немесе элементтерден тұрады. Бірінші топ - электр энергиясын генерациялауға (өндіруге) арналған электр энергия элементтері (қуат көздері немесе ЭҚК көздері). Екінші топ — электр энергиясын басқа энергия түрлеріне (механикалық, жылулық, жарықтық, химиялық және т.б.) айналдыратын элементтер. Бұл элементтер электр энергиясын қабылдағыштар немесе электр қабылдағыштар деп аталады. Үшінші топ - бұл электр энергиясын қуат көзінен электр қабылдағышқа тасымалдайтын элементтер (кернеудің деңгейін және сапасын қамтамасыз ететін сымдар, құрылғылар және т.б.).

Тұрақты тоқ тізбегінің қуат көздері — бұл гальваникалық элементтер, электр генераторлары, термоэлектрлік генераторлар, фотоэлементтер және т.б. Барлық қуат көздерінің Л ішкі кедергісі бар, оның мәні электр тізбегінің басқа элементтерінің кедергісімен салыстырғанда үлкен емес.

Тұрақты тоқтың электр қабылдағыштары электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін электр қозғалтқыштар,



1.1-сурет. Электр тізбегінің ең қарапайым схемасы



1.2-сурет. Көп контурлы электр тізбегінің схемасы

жылыту және жарықтандыру аспаптары, электролиздік қондырғылар болып табылады. Барлық электр қабылдағыштар электрлік параметрлерімен сипатталады. Олардың ішінде негізгілері кернеу мен қуат болып табылады. Электр қабылдағыш дұрыс жұмыс істеу үшін оның қысқыштарында номиналды кернеуді сақтау керек.

Әр түрлі элементтердің кез келген санынан тұратын электр тізбегінің жұмысын есептеу және талдау үшін, бұл тізбекті графикалық түрде ұсыну ыңғайлы. ЭҚК көзінен E және R кедергісі бар резистордан тұратын ең қарапайым электр тізбегінің схемасы (1.1-суретте) көрсетілген.

Бойымен бірдей тоқ өтетін электр тізбегінің бөлігі *тармақ* деп аталады. Электр тізбегінің тармақтары қосылған жер *түйін* деп аталады. Электр схемаларында түйін нүктемен белгіленеді (1.2-сурет).

Бірнеше тармақтан өтетін кез келген тұйық жол *электр тізбегінің контуры* деп аталады. Ең қарапайым электр тізбегінің бір контурлы схемасы бар (1.1-суретті қараңыз), күрделі электр тізбектерінің бірнеше контуры бар (1.2-суретті қараңыз).

1.2. ЭЛЕКТР ТОҒЫ. ЭЛЕКТР ТОҒЫНЫҢ БАҒЫТЫ МЕН КҮШІ

Өткізгіште электр өрісін ұстап тұру үшін оған электр энергиясының көзін қосу керек. Өрістің күштерінің әсерінен өткізгіштің электр зарядталған бөлшектері өрістің кернеулік сызықтары бойымен реттеліп қозғала бастайды.

Бос *зарядталған* бөлшектердің электр өрісінің әсерінен бағытталған қозғалысы *электр өтімділік тоғы* деп аталады.

Әдетте электр тоғы оң зарядталған бөлшектердің қозғалысымен бағыттас, яғни электрондардың немесе теріс иондардың қозғалысына қарама-қарсы деп есептеледі.

Электр тоғының қарқындылығы электр тоғының күші (немесе ток) деп аталатын физикалық шамамен бағаланады.

Қандай да өткізгіштегі ток күші өткізгіштің көлденең қимасы арқылы уақыт бірлігі ішінде өтетін зарядқа тең. Егер Q — өткізгіш қимасынан t уақыт ішінде өткен заряд болса, онда тұрақты ток күші

$$I = Q/t.$$

Тұрақты ток электролиз кезінде кеңінен қолданылады. (гальванопластика — оңай ажырайтын дәл металл көшірмелерді алу), қала көлігінде (электрпоездар, трамвайлар, троллейбустар), жарықтандырғыш аспаптарда, автоматика, байланыс құрылғыларында, өнеркәсіптік электроника және есептегіш техника.

СИ жүйесінде заряд кулонмен (Кл), уақыт — секундпен (с), ток күші — ампермен (А) белгіленеді. Токтың ірілеу бірлігі килоампер ($1 \text{ кА} = 10^3 \text{ А}$), ал ұсақ бірлігі — миллиампер ($1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$) мен микроампер ($1 \text{ мкА} = 10^{-6} \text{ А}$) болып табылады.

Практикада ондаған килоамперден микроампер үлестеріне дейінгі тоқтар кездеседі. Ең таралған қыздыру шамдарының тоғы - $0,2 \dots 1,0 \text{ А}$, электр плитканың тоғы - $3 \dots 5 \text{ А}$, қуаты орташа электр қозғалтқыштардың тоғы - $5 \dots 25 \text{ А}$.

1.3. ЭЛЕКТР КЕДЕРГІСІ

Энергия көзі бар тұйықталған электр тізбегінде бос электрондардың бағытталған қозғалысы немесе электр тоғы туындайды. Бос электрондардың ағыны өткізгіштің атомдарымен немесе молекулаларымен соқтығысады.

Соқтығысқан кезде электрондардың кинетикалық энергиясы металдардың кристалл торына беріледі. Өткізгіш қызады, яғни электр энергиясының жылуға түрленуі жүреді. Осылайша, өткізгіш электр тоғына қарсы әсер етеді. Ол өткізгіштің электр кедергісін сипаттайды.

СИ жүйесінде электр кедергісінің бірлігі ретінде Ом қабылданды. Электр кедергісінің үлкендеу бірліктері килоом ($1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$) және мегаом ($1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$) болып табылады.

Өткізгіштің 20°C температура кезіндегі R кедергісі келесі формула бойынша анықталады:

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

мұндағы ρ — материалдың меншікті кедергісі, $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; l — өткізгіштің ұзындығы, м ; S — көлденең қима ауданы, мм^2 .

Электр кедергісі өткізгіштің материалына, ұзындығына, көлденең қимасына және температурасына байланысты. Жалғағыш сымдардың, қабылдағыштардың және электр энергиясы көздерінің электр кедергісі бар.

Электр тізбектерін есептеу кезінде кейде кедергіні емес, кедергіге қарсы шамамен, яғни электр өтімділікпен пайдаланған ыңғайлы:

$$g = 1/R.$$

Электр өтімділігінің бірлігі - сименс (См) болып табылады.

Электр тізбектерінде *резисторлар* — кедергісі бар және тоқты шектеу немесе реттеу үшін электр тізбегіне қосылатын құрылғылар кеңінен қолданылады. Резисторлар реттелетін, реттелмейтін, сымды және сымсыз болады.

1.4. ЭЛЕКТР ҚОЗҒАУШЫ КҮШ ЖӘНЕ КЕРНЕУ

Электр энергиясының көзі E және R тұтынушы бар ең қарапайым электр тізбегін қарастырамыз (1.1-суретті қараңыз). Айталық, электр энергиясының көзінде қандай да энергия түрі электр энергиясына түрлендіріледі. Бұл қайнар көздің ішінде зарядтардың бөлінуін жүзеге асыратын бөгде күштердің (электр емес) есебінен жүреді. Егер тізбек тұтынушы арқылы тұйықталған болса, онда бөлінген зарядтар туындаған электр өрісінің әсерінен бірігуге тырысады. Зарядтардың қозғалысы салдарынан тізбекте ток пайда болады және тұтынушыда қайнар көзбен жинақталған энергия шығындалады. Көрсетілген энергетикалық түрлендірулерді сандық бағалау үшін қайнар көзде *электр қозғалтқыш күш* деп аталатын шама алынады.

Электр қозғағыш күш E қайнар көздің ішінде оң бірлік заряд немесе қайнар көздің өзі оң бірлік зарядты тұйық тізбек бойымен тасымалдаған кезде, бөгде күштер сандық жағынан атқаратын жұмысқа тең.

ЭҚК өлшем бірлігі вольт (В) болып табылады.

Зарядтардың тізбек бөлігімен қозғалысы энергия шығынымен ілеседі. Қайнар көздің бірлік оң зарядты тізбектің осы бөлігі арқылы өткізгенде атқаратын жұмысына сандық жағынан тең шама U кернеуі деп аталады. Тізбек сыртқы және ішкі бөліктерден тұратындықтан, сыртқы U және ішкі U_0 аумақтардағы кернеулер түсініктерін бөледі. Анықтамалардан көрінетіндей, қайнар көздің ЭҚК тізбектің сыртқы және ішкі бөліктеріндегі кернеулер сомасына тең екендігі анық:

$$E = U + U_0. \quad (1.1)$$

Формула (1.1) электр тізбегі үшін энергияны сақтау заңын білдіреді.

Тізбектің әртүрлі бөліктеріндегі кернеуді тізбек тұйық болғанда ғана өлшеуге болады. Қысқыштар арасындағы ЭҚК тұйықталмаған тізбек кезінде өлшенеді.

1.5.

ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ ҮШІН ОМ ЗАҢЫ

1.1-суретте тармақталмаған электр тізбегі көрсетілген; E — энергия көзінің электр қозғалтқыш күші; R_m — қайнар көздің ішкі кедергісі; R — тізбектің сыртқы кедергісі. Яғни энергия қабылдағыштың кедергісі; I — тізбектегі тоқ күші. Тармақталмаған тізбектің барлық бөліктері арқылы бірдей тоқ өтеді. Барлық аталған шамалар бір-бірімен байланысты. Бұл байланысты алғашқы рет 1827 жылы неміс физигі Г.С.Ом анықтады және Ом заңы деп аталды. Ол мынадай түрде тұжырымдалған: электр тізбегіндегі тоқ күші I электр энергия көзінің электр қозғалтқыш күшіне E тура пропорционал және тізбектің толық кедергісіне $R_{\text{тол}}$ кері пропорционал.

$$I = \frac{E}{R_{\text{тол}}}$$

Яғни тізбектің толық кедергісі электр энергия көзінің күші ішкі кедергісінің $R_{\text{іш}}$ сомасына тең болады және сыртқы тізбектің үлкен кедергісіне R салыстырмалы:

$$R_{\text{тол}} = R_{\text{іш}} + R$$

(1.2) формуладан қайнар көздің ЭҚК анықтаймыз:

$$E = IR_{\text{тол}} = I(R_{\text{іш}} + R) = IR_{\text{іш}} + IR = U_{\text{іш}} + U,$$

мұндағы $U_{\text{іш}}$ — кернеудің ішкі түсуі; U — генератор қысқыштарындағы сыртқы кернеу.

1.1-мысал ЭҚК $E = 100$ В және ішкі кедергісі $R_{\text{іш}} = 1$ Ом электр энергия көзіне кедергісі $R = 9$ Ом электр энергия қабылдағышы жалғанған. Анықтау: а) тізбектегі тоқты; б) энергия көзінің қысқыштарындағы кернеудің ішкі түсуін және сыртқы кернеу.

Шешімі: а) тізбектің жалпы кедергісі $R_{\text{тол}} = R_{\text{іш}} + R = 1 + 9 = 10$ Ом, ал тұйық тізбектегі ток $I = \frac{E}{R_{\text{тол}}} = \frac{100}{10} = 10\text{А}$; б) кернеудің ішкі

түсуі $U_{\text{іш}} = IR_{\text{іш}} = 10 \cdot 1 = 10$ В, ал энергия көзінің қысқыштарындағы кернеу $U = IR = 10 \cdot 9 = 90$ В, немесе $U = E - U_{\text{іш}} = 100 - 10 = 90$ В.

Тізбек аумағындағы токты былай анықтауға болады:

$$I = \frac{U_{\text{іш}}}{R_{\text{іш}}}; I = \frac{U}{R} \quad (1.3)$$

(1.3) формулалары тізбек бөлігі үшін Ом заңын белгілейді: тізбек бөлігіндегі ток күші осы бөліктегі кернеудің түсуіне тура пропорционалды және оның кедергісіне кері пропорционал. Осылайша, қарапайым тармақталмаған тізбекте токты I оның кез келген бөлігі үшін барлық тізбекке арналған Ом заңымен анықтауға болады. (1.3) формуладан тізбек аумақтарындағы кедергіні анықтаймыз:

$$R_{\text{іш}} = \frac{U_{\text{іш}}}{I}; R = \frac{U}{I}$$

1.6. ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІНІҢ ЖҰМЫС РЕЖИМІ

Электр тізбектері және олардың элементтері кернеулердің, токтар мен қуаттардың шамаларына қатысты әртүрлі режимдерде жұмыс істей алады. Ең сипатты номиналды және үйлесімді режимдер, сондай-ақ бос жүріс пен қысқа тұйықталу режимдері болып табылады.

Электр тізбегі элементінің номиналды жұмыс режимі оның номиналды параметрлермен жұмыс істейтін режимін айтады.

Үйлесімді режим деп қайнар көздің шығаратын немесе қабылдағышпен тұтынатын қуаты максималды мәнге тең болатын режимді айтады. Бұл мән тізбек параметрлерінің белгілі бір қатынасында (үйлесімінде) алынады.

Бос жүріс режимі деп қайнар көз немесе қабылдағыш арқылы электр тоғы өтпейтін режимді айтады. Бұл жағдайда қайна көз тізбектің сыртқы бөлігіне энергияны шығармайды, ал қабылдағыш оны тұтынбайды. Қозғалтқыш үшін бұл біліктегі механикалық жүктемесі жоқ режим болады.

Қысқа тұйықталу режимі деп түрлі қайнар көздің немесе пассивті элементтің (белсенді кедергі R , индуктивтілік L , сыйымдылық C), сондай-ақ кернеу астындағы электр тізбегінің бөлігінің әртарапты қысқыштарын өзара жалғаған кезде пайда болатын режимді айтады.

1.7. ЭНЕРГИЯ ҚАБЫЛДАҒЫШТАРДЫҢ ТІЗБЕКТЕЙ ҚОСЫЛЫСЫ. ТІЗБЕКТІҢ ЖЕКЕ АУМАҚТАРДАҒЫ ТОҚ ЖӘНЕ КЕРНЕУ

Энергия қабылдағыштарды тізбектей, параллель және аралас жалғауға болады. Энергия қабылдағыштардың *тізбекей жалғануы* кезінде бірінші қабылдағыштың шартты ұшы екінші қабылдағыштың шартты ұшымен жалғанады, ал екіншісінің ұшы — үшіншісінің ұшымен және т.с.с. 1.3-суретте $R1$, $R2$, $R3$ резисторлары бар энергия қабылдағыштар тізбектей жалғанған және U кернеуі бар энергия көзіне қосылған.

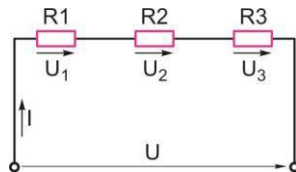
Тізбектелген электр тізбегінің барлық бөліктері арқылы бірдей ток I өтеді. Ом заңы бойынша жеке кедергілердегі кернеулер тең:

$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3. \quad (1.4)$$

Осылайша, тізбектей жалғанған кедергілердегі кернеулердің түсуі кедергілердің мәндеріне пропорционал. $R_1 > R_2 > R_3$ кезіндегі кернеу $U_1 > U_2 > U_3$. U_1 , U_2 және U_3 кернеулері R_1 , R_2 және R_3 кедергілері бірдей болғанда ғана тең болады. Қабылдағыштар тізбектей жалғанғанда жеке қабылдағыштардағы кернеулер сомасы тізбек қысқыштарындағы кернеуге тең болады:

$$U_1 + U_2 + U_3 = U. \quad (1.5)$$

1.3-сурет. Энергия қабылдағыштардың тізбектей қосылысы



Тізбектей жалғанған қабылдағыштардың қатарын (1.3-суретті қараңыз) баламалы (жалпы) кедергімен R ауыстыруға болады. Осы кедергінің мәні осындай ауыстыру кезінде қысқыштардағы кернеу U өзгермегенде тізбектегі тоқты I өзгертпеу керек. Келтірілген схема үшін

$$U = IR. \quad (1.6)$$

Тізбектің жеке бөліктеріндегі кернеу ((1.4)-формула) мен қайнар көздің алынған кернеуді ((1.6)-формула) ((1.5)-формулаға) қоямыз:

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 = IR.$$

I -ға қысқартқан соң $R = R_1 + R_2 + R_3$ тең болады.

Осылайша, тізбектей қосылу кезінде тізбектің кедергісі оның жеке бөліктеріндегі кедергілердің сомасына тең. Егер (1.5)-формуланың барлық мүшелерін I тоққа көбейтсе, онда $U_1I + U_2I + U_3I = UI$ немесе $P_1 + P_2 + P_3 = P$ алынады. Яғни, барлық тізбектің қуаты P жеке бөліктердің қуат сомасына тең.

1.2-мысал. Қабылдағыштардың кедергілері $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом және $R_3 = 30$ Ом. Тізбек қысқыштарындағы кернеу $U = 120$ В. Әрбір қабылдағыштың эквивалентті кедергісін R , U_1 , U_2 , U_3 кернеулерін және P_1 , P_2 , P_3 қуаттарын, сондай-ақ тізбектің P қуатын анықтау.

Ш е ш і м і . Тізбектің эквивалентті кедергісі $R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 20 + 30 = 60$ Ом. Тоқ $I = \frac{U}{R} = \frac{120}{60} = 2$ А. Кернеу: $U_1 = IR_1 = 2 \cdot 10 = 20$ В; $U_2 = IR_2 = 2 \cdot 20 = 40$ В; $U_3 = IR_3 = 2 \cdot 30 = 60$ В. Қабылдағыштардың қуаты: $P_1 = U_1I = 20 \cdot 2 = 40$ Вт; $P_2 = U_2I = 40 \cdot 2 = 80$ Вт; $P_3 = U_3I = 60 \cdot 2 = 120$ Вт. Тізбектің қуаты $P = P_1 + P_2 + P_3 = 40 + 80 + 120 = 240$ Вт.

Энергия қабылдағыштарының тізбектей қосылуы әдетте қабылдағыштың есептік (немесе номиналды) кернеуі электр энергия көзінің кернеуінен аз болатын жағдайларда қолданылады. Тізбектей жалғанғаны, мысалы, тұрақты тоқ вольтметрінде қолданылады. Оның өлшегіш механизміне тізбектей қосымша кедергі $R_{\text{қос}}$ қосылады.

Қабылдағыштардың тізбектей жалғануының кемшілігі олардың әрқайсысындағы кернеудің басқа қабылдағыштардың кедергілеріне тәуелділігі болып табылады. Егер бір қабылдағыш істен шықса, басқа қабылдағыштардағы тоқ өшіріледі.

1.8. ЭНЕРГИЯ ҚАБЫЛДАҒЫШТАРДЫҢ ПАРАЛЛЕЛЬ ҚОСЫЛЫСЫ. КИРХГОФТЫҢ БІРІНШІ ЖӘНЕ ЕКІНШІ ЕРЕЖЕЛЕРІ

Энергия қабылдағыштарын тізбектей жалғануымен басқа, практикада энергия қабылдағыштардың параллель жалғануы кеңінен қолданылады (1.4-сурет).

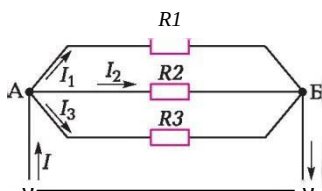
Энергия қабылдағыштарын *параллель жалғануы* — бұл электр тізбегінің бірдей екі торабына бірнеше қабылдағыш (тармақ) жалғанған қосылу. Энергия көзінің тоғы үш тармақ бойынша А торабында I_1 , I_2 , I_3 тоқтарға тармақталады. Осылайша,

$$I = I_1 + I_2 + I_3. \quad (1.7)$$

(1.7) формула Кирхгофтың бірінші ережесінің математикалық белгіленуі болып табылады: электр тізбегінің торабына бағытталған тоқтардың сомасы одан кері бағытталған тоқтардың сомасына тең. 1.4-суретте А торабына тек бір тоқ I бағытталған, ал тораптан кері — үш тоқ бағытталған: I_1 , I_2 , I_3 . Егер (1.7) формуланың барлық мүшелерін сол жаққа ауыстырса, онда алатынымыз:

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

Бұл түрде Кирхгофтың бірінші ережесін келесі түрде тұжырымдауға болады: торапқа шоғырланған тармақтардағы тоқтардың алгебралық сомасы нөлге тең. Бұл жағдайда торапқа бағытталған тоқтар оң, ал тораптан кері бағытталған тоқтар - теріс деп есептеледі (немесе керісінше). Кирхгофтың бірінші ережесі — бұл электр қуаты мөлшерін сақтау заңының салдары:



1.4-сурет.
Қосылысы

Қабылдағыштардың параллель

белгілі бір уақыт интервалы ішінде торапқа келіп түсетін заряд сол уақыт интервалы ішінде тораптан шығатын зарядқа тең, яғни тораптағы электр заряды жинақталмайды және жоғалмайды. Бұл заң электр тізбегінен бөлінген кез келген бөлік үшін дұрыс.

Параллель жалғанған кезде барлық энергия қабылдағыштары бірдей түйіндерге қосылады, сондықтан бір кернеудің U астында орналасады.

Қабылдағыштардың токтары $I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, I_3 = \frac{U}{R_3}$ олардың кедергілеріне кері пропорционал. Параллель жалғанған қабылдағыштардың қатарын бір эквивалентті кедергіге R ауыстыруға болады. Эквивалентті қабылдағыштағы ток сондай кернеу U кезіндегі параллель тармақтардағы токтардың сомасына тең:

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

Егер екі қабылдағыш параллель қосылса, онда эквивалентті кедергі

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Үш параллель жалғанған қабылдағышы бар тізбектің эквиваленттік кедергісі

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

Егер n тең қабылдағыштар параллель жалғанса, онда тізбектің эквивалентті кедергісі R бір тармақтың кедергісінен n есе аз болады:

$$R = \frac{R_1}{n}$$

Параллель қосылыстардың барлық жағдайларында эквивалентті кедергі параллель жалғанған кедергілердің барлығының ішіндегі ең кішісінен аз болады. (1.7) формуланың барлық мүшелерін U -ға көбейтеміз:

$$UI = UI_1 + UI_2 + UI_3, \text{ немесе } P = P_1 + P_2 + P_3.$$

Демек, тармақталған тізбектің қуаты P оның барлық қабылдағыштарының қуат сомасына тең. Параллель жалғанудың тізбектей жалғануға қарағанда келесі артықшылықтары бар: кернеу өзгермеген жағдайда бір немесе бірнеше энергия қабылдағыштарды ажырату жалғанып қалған қалған қабылдағыштардың жұмыс режимін бұзбайды.

Осы артықшылықтарды ескере отырып, энергия қабылдағыштардың басым бөлігін (шамдар, электр қозғалтқыштары және т.б.) желіге параллель қосады.

1.3-мысал Параллель жалғанған тізбекте кедергілер $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 30$ Ом және кернеу $U = 120$ В белгілі. Анықтау керек: а) тоқтар I_1, I_2, I ; б) эквивалентті кедергі R ; в) қуаттар P_1, P_2, P_3 .

Ш е ш і м і : а) тоқтар: $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{120}{20} = 6$ А; $I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{120}{30} = 4$ А;
 $I = I_1 + I_2 = 6 + 4 = 10$ А; б) эквиваленттік кедергі $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} =$

12 Ом; в) жеке тармақтардың қуаттары: $P_1 = UI_1 = 120 \cdot 6 = 720$ Вт; $P_2 = UI_2 = 120 \cdot 4 = 480$ Вт; бүкіл тізбектің қуаты $P = UI = 120 \cdot 10 = 1200$ Вт.

Кирхгофтың екінші ережесі: тармақталған электр тізбектің кез келген контурында әрекет ететін ЭҚК алгебралық сомасы осы контурдың барлық белсенді кедергілеріндегі кернеудің төмендеуінің алгебралық сомасына тең (1.5-сурет):

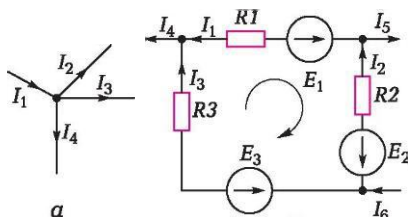
$$\sum E = \sum IR$$

Осы формуланы құрастыру әдістемесі:

- контурды айналып өту бағытын контур ішіндегі стрелка арқылы көрсету;
- алгебралық қосу кезінде, белгісі «+» ЭҚК-ді және бағыты айналып өту бағытымен сәйкес келетін кернеу түсулерін алу; қарама-қарсы бағытталған «-» белгісі ЭҚК алу.

1.5-суретте көрсетілген контур үшін Кирхгофтың екінші ережесі мына түрде жазу керек

$$E_1 + E_2 - E_3 = R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_3 I_3.$$



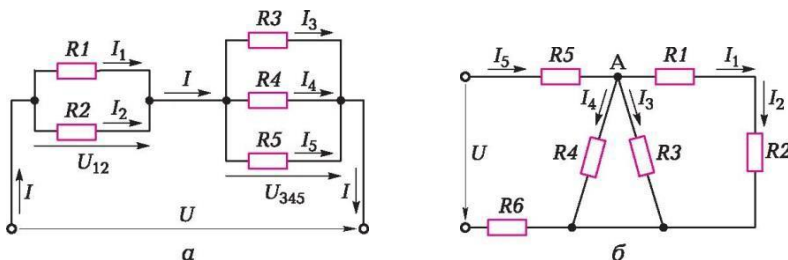
1.5-сурет. Электр тізбегінің торабы (а) және ЭҚК көздері бар контур (б)

Тармақталмаған тұйық тізбек үшін Кирхгофтың екінші ережесіне және Ом заңына сәйкес жазылған өрнектер сәйкес келеді; және де осындай тізбектің барлық пассивті элементтері арқылы жалғыз ток I өтеді.

1.9. ЭНЕРГИЯ ҚАБЫЛДАҒЫШТАРЫНЫҢ АРАЛАС ҚОСЫЛЫСЫ

Энергия қабылдағыштарының *аралас қосылуы* қарастырылған тізбектей және параллель қосылыстардың үйлесімі болып табылады. Осы қосылыстардың алуан түрлілігі тізбектің эквивалентті кедергісін анықтау үшін жалпы формуланы шығаруға мүмкіндік бермейді. Әрбір нақты жағдайда, тізбектей немесе параллель қосылған аумақтарды белгілеп, оларды белгілі формулалар бойынша эквивалентті кедергілермен ауыстыру керек. Тізбекті біртіндеп оңайлатып, бір кедергісі бар қарапайым түрге келтіреді. Бұл жағдайда тізбектің жеке аумақтарының тоқтары мен кернеулері Ом заңы бойынша анықталады.

1.6-суретте көрсетілген *a* тізбекті қарастырайық, онда аумақтардың кедергілері $R_1 \dots R_5$ және тізбектің қысқаштарындағы кернеу U берілген, барлық аумақтардағы тоқтар мен кернеулерді анықтау қажет. Алдымен тізбектің эквивалентті кедергісін анықтаймыз. R_1, R_2 кедергілері бар аумақтар параллель қосылған; олардың эквивалентті кедергісі $R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ кедергілері бар аумақтарда R_3, R_4, R_5 параллель қосылған; олардың эквивалентті кедергісі мына формуламен анықталады $\frac{1}{R_{345}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$. Бұл формуланы өтімділік үшін келесі түрде жазуға болады:



1.6-сурет. Қабылдағыштардың аралас қосылысы:

a — бес резистормен; *б* — алты резистормен

$g_{345} = g_3 + g_4 + g_5$. Яғни электр тізбегінің элементтерінің параллель қосылысы кезінде эквивалентті өткізгіштік оның жеке параллель қосылған тармақтарының сомасына тең.

R_{12} және R_{345} эквивалентті кедергілері бар аумақтар тізбектей жалғанған.

Яғни, барлық тізбектің эквивалентті кедергісі $R = R_{12} + R_{345}$.

Қайнар көздің тоғы $I = \frac{U}{R}$ эквивалентті кедергілері R_{12} және R_{345} аумақтар арқылы өтеді. Яғни, осы аумақтардағы кернеу $U_{12} = IR_{12}$ және $U_{345} = IR_{345}$; тізбек аумақтарындағы тоқтар: $I = \frac{U_{12}}{R_{12}}, I = \frac{U_{12}}{R_2}, I =$

$$\frac{U_{12}}{R_3}, I = \frac{U_{12}}{R_4}, I = \frac{U_{12}}{R_5}.$$

14-мысал Тізбектің келесі шамалары белгілі: $R_1 = 30$ Ом; $R_2 = 60$ Ом; $R_3 = 20$ Ом; $R_4 = 30$ Ом; $R_5 = 60$ Ом; $U = 120$ В. Тізбектің эквивалентті кедергісін және барлық аумақтарының тоқтарын анықтау (1.6, а-суретті қараңыз).

Шешімі. Кедергі $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = 20$ Ом; $\frac{1}{R_{345}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$

$\frac{1}{R_5} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} = \frac{6}{60} = \frac{1}{10}$ (1/Ом), ал $R_{345} = 10$ Ом. Тізбектің

эквиваленттік кедергісі $R = R_{12} + R_{345} = 20 + 10 = 30$ Ом. Тоқ $I = \frac{U}{R} = \frac{120}{30} = 4$ А. R_{12} және R_{345} кедергілердегі кернеуді былай

анықтайды: $U_{12} = IR_{12} = 4 \cdot 20 = 80$ В; $U_{345} = IR_{345} = 4 \cdot 10 = 40$ В.

Тоқтар: $I = \frac{U_{12}}{R_1} = \frac{80}{30} = 2,67$ А; $I = \frac{U_{12}}{R_2} = \frac{80}{60} = 1,33$ А; $I = \frac{U_{345}}{R_3} = \frac{40}{20} = 2$ А; $I = \frac{U_{345}}{R_4} = \frac{40}{30} = 1,33$ А; $I = \frac{U_{345}}{R_5} = \frac{40}{60} = 0,67$ А;

Кейбір тапсырмаларда тізбектің барлық аумақтарының кедергісі және оның бір тармағындағы тоғы (немесе кернеуі) белгілі. Мысалы, 1.6, б-суретте көрсетілген тізбекте R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 кедергілері және бірінші аумақтағы тоқ I_1 белгілі. Бұл жағдайда тізбектің қалған аумақтарындағы тоқтар мен кернеулерді Ом заңын және Кирхгофтың бірінші ережесін пайдаланып анықтауға болады. Бұл мысалда осы аумақтардағы $U_1 = I_1 R_1, U_2 = I_2 R_2$, а $U_{12} = U_1 + U_2$. R_{12}, R_3, R_4 кедергілері бар аумақтар параллель жалғанған. Яғни, $U_{12} = U_3 = U_4$,

ал тоқтар $I_3 = \frac{U_3}{R_3}, I_4 = \frac{U_4}{R_4}$. Тоқты I_5 Кирхгофтың бірінші ережесі бойынша

анықтауға болады: $I_5 = I_1 + I_3 + I_4$. R_5 және R_{1234} кедергілері бар аумақтар тізбектей жалғанғандықтан, тізбектің жалпы кернеуі $U = U_5 + U_{12}$.

15-мысал Тізбекте тоқ $I_1 = 2$ А және кедергілер белгілі: $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 15$ Ом; $R_3 = 25$ Ом; $R_4 = 50$ Ом; $R_5 = 5$ Ом; $R_6 = 1$ Ом. I_3 , I_4 , I_5 тоқтарды және тізбектің қысқыштарындағы кернеуді анықтау.

Ш е ш і м і . R_1 және R_2 кедергілері бар аумақтардағы кернеулер: $I_1 = I_2$; $U_1 = I_1 R_1 = 2 \cdot 10 = 20$ В; $U_2 = I_2 R_2 = 2 \cdot 15 = 30$ В. Осы кернеулердің сомасын анықтаймыз: $U_{j2} = U_1 + U_2 = 20 + 30 = 50$ В. R_{12} , R_3 және R_4 кедергілері бар аумақтар параллель жалғанған, яғни,

$U_{12} = U_3 = U_4 = 50$ В. Параллель тармақтардағы тоқтар: $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{50}{25} = 2$ А; $I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{50}{50} = 1$ А. Тоқ $I_5 = I_1 + I_3 + I_4 = 2 + 2 + 1 = 5$ А.

Кернеу $U_5 = I_5 R_5 = 5 \cdot 5 = 25$ В, $U_6 = I_5 R_6 = 5 \cdot 1 = 5$ В, ал тізбек қысқыштарындағы кернеу $U = U_5 + U_{j2} + U_6 = 25 + 50 + 5 = 80$ В.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. ЭҚК, кернеу және тоқ қандай бірліктермен өлшенеді?
2. Металл өткізгіштің кедергісі неге тәуелді?
3. Тұйық электр тізбегі және оның аумағы үшін Ом заңын айтып беріңіз.
4. Энергия көзінің қысқыштарындағы ЭҚК және кернеу арасындағы қатынас қандай?
5. Кирхгофтың бірінші және екінші ережелерін айтып беріңіз.
6. Энергия тұтынушылары тізбектей, параллель және аралас жалғанған жағдайда эквивалентті кедергі қалай анықталады?
7. Электр тізбектерінде қолданылатын негізгі өткізгішті және оқшаулағыш материалды атаңыз.

АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

2.1. СИНУСОИДТЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

Айнымалы ток ұзақ уақыт бойы практикалық қолданысқа ие болмады. Бұл алғашқы электр энергия генераторлары тұрақты ток өндіруімен байланысты. Бұл электрохимияның технологиялық үрдістерін толығымен қанағаттандырды, ал тұрақты ток қозғалтқыштары жақсы реттеу сипаттамаларына ие болды. Бірақ өндіріс дамыған сайын тұрақты ток электр энергиясын үнемді қамтамасыз ету талаптарының үнемі артуы себебінен ол біртіндеп қанағаттандыра алмады. Айнымалы ток электр энергиясын тиімді бөлшектеу және трансформаторлардың көмегімен кернеуді өзгерту мүмкіндігін берді. Ірі электр станцияларында электр энергиясын өндіріп, оны тұтынушыларға үнемді үлестіру мүмкіндігі пайда болды. Электр энергиясымен жабдықтау радиусы артты.

Қазіргі уақытта электр энергиясын орталық өндіру және үлестіру негізінен айнымалы токта жүзеге асырылады. Өзгермелі (айнымалы) тоқтары бар тізбектермен салыстырғанда тұрақты ток тізбектерінің бірқатар ерекшеліктері бар. Айнымалы токтар мен кернеулер айнымалы электр және магнит өрістерін тудырады. Осы өрістердің өзгеруі нәтижесінде тізбектерде өзіндік индукция және өзара индукция құбылыстары туындайды, олар тізбектерде өтетін процестерге елеулі әсерін тигізеді, оларды талдауды қиындатады.

Синусоидалық (айнымалы) токтың электротехникалық құрылғылары түрлі салаларда қолданылады. Олар электр энергиясын шығару, тасымалдау және трансформациялау кезінде, электр жетегінде, тұрмыстық техникада, өнеркәсіптік электроникада және т.б. Синусоидалық токтың электротехникалық құрылғыларда кеңінен таралуы бірқатар себептерге байланысты.

Қазіргі заманғы энергетика электр тоғының көмегімен энергияны алыс қашықтықтарға тасымалдауға негізделген. Электр энергиясын ұзақ қашықтықтарға тасымалдаудың міндетті шарты тоқтың қарапайым және аз шығындармен түрлендіруді қолдану мүмкіндігі болып табылады. Осындай түрлендіру айнымалы тоқтың электротехникалық құрылғыларында - трансформаторларда ғана мүмкін.

Трансформациялаудың зор артықшылықтарына байланысты қазіргі заманғы электр энергетикасында, ең алдымен, синусоидалық тоқ қолданылады. Аса жоғары кернеудің тұрақты тоқты тасымалдау желілері және кейбір технологиялық қондырғылар жатпайды, бірақ олар синусоидалық тоқ тізбектерінің жүйесінде ажырамас бөлік болып табылады.

Ең қарапайым және арзан электр қозғалтқыштарына синусоидалы тоқтың асинхронды қозғалтқыштары жатады, олардың қозғалмалы электр контактілері жоқ.

Ресейде және әлемнің көптеген елдерінде энергетикалық қондырғылар үшін (атап айтқанда, барлық электр станциялары үшін) 50 Гц стандартты өнеркәсіптік жиілік қабылданды (АҚШ пен Жапонияда - 60 Гц). Осындай таңдаудың себептері:

- жиілікті одан әрі төмендетуге болмайды, себебі 40 Гц кезінде қызарған шамда көзге елеулі көрінетіндей жыпылықтайды;
- жиіліктің ұлғаюы жағымсыз, себебі жиілікке пропорционал өзіндік индукцияның ЭҚК өседі, ол электр сымдары арқылы энергияның тасымалдануына және көптеген электротехникалық құрылғылардың жұмысына кері әсерін тигізеді.

Өртүрлі техникалық және ғылыми мәселелерді шешу үшін басқа жиіліктердегі синусоидалық тоқты қолданады. Мысалы, қиын балқитын және аса таза металлдарды қорытуға арналған электр пештерінің синусоидалық тоғының жиілігі 0,5 - 50 кГц құрайды, ал электроакустикалық қондырғыларда синусоидалық тоқтың жиілігі бірнеше герц болуы мүмкін.

Радиотехниканың дамуы айрықша жоғары жиілікті (мегагерцтер) құрылғыларды құруға әкелді: антенналар, генераторлар, түрлендіргіштер және т.б. Осы құрылғылардың көпшілігі айнымалы тоқтың электромагниттік өрісті генерациялау қасиетіне негізделген, оның көмегімен энергияның сымсыз бағытталған тасымалдануын жүзеге асыруға болады.

Бұдан әрі біз негізінен өнеркәсіптік жиіліктің синусоидалық тоғының электротехникалық құрылғыларын және олардың жұмыс режимдерін талдау әдістерін қарастырамыз.

Электротехника және радиотехника саласында периодты уақыт функциялары болып табылатын айнымалы кернеулер мен тоқтар көп таралған. ЭҚК, кернеулер және тоқтар синусоидалық заң бойынша өзгертін электр тізбектер *синусоидалық тоқтың айнымалы тізбектері* деп аталады.

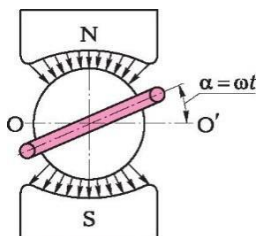
Айнымалы тоқ деп өзгеруі шамасы мен бағыты бойынша тең уақыт аралықтары сайын мерзімді түрде өзгеріп отыратын және амплитудамен, периодпен, жиілікпен және фазамен сипатталатын тоқты айтады.

Техниканың әртүрлі салаларындағы айнымалы тоқтың кеңінен қолданылуы оны алу және түрлендіру жеңілдігімен, сондай-ақ айнымалы тоқ генераторлары мен қозғалтқыштарының құрылысының қарапайымдылығымен және трансформаторларды қолдану қажеттілігімен түсіндіріледі.

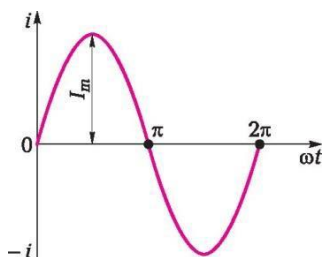
Электромагниттің немесе тұрақты магниттің полюстерінің арасында (2.1-сурет) электротехникалық болаттың беттерінен жиналған цилиндрлік ротор (зәкір) орналасқан. Зәкірге сымның белгілі бір орам санынан тұратын катушка бекітілген. Осы катушканың ұштары зәкірмен бірге айналатын түйіспелі сақиналармен жалғанған. Түйіспелі сақиналарымен қозғалмайтын контактілер (қылшақтар) байланысқан, олардың көмегімен катушка сыртқы тізбекпен қосылады.

Полюстер мен зәкір арасындағы ауа саңылауын оның ішіндегі магнит өрісінің индукциясы синусоидалық заң бойынша өзгертіндей етіп профильдейді:

$$B = B_m \sin \alpha,$$



2.1-сурет. Айнымалы тоқ генераторының үлгісі



2.2-сурет. Синусоидты айнымалы тоқтың графигі

мұндағы α - катушка жазықтығы мен OO' бейтарап жазықтық арасындағы бұрыш.

Зәкір магнит өрісінде бұрыштық жиілікпен айналғанда және, катушаның белсенді бөліктерінде ЭҚК индукциясы пайда болғанда (генератордың магнит өрісінде орналасқан тараптар белсенді деп аталады):

$$e_L = B l v \sin \beta,$$

мұндағы B — магнит өрісінің индукциясы; l — катушка орамдарының белсенді жақтарының ұзындығы; v — жылдамдық; β — магнит өрісінің және жылдамдықтың векторлар бағыттарының арасындағы бұрыш.

Саңылаудағы магнит өрісі ω бұрышы:

$$e_L = B l v = B_m l v \sin \alpha = B_m l v \sin \omega t.$$

Катушка орамдарының саны ω болғанда, катушканың белсенді жақтарының саны 2ω тең болады. Онда катушкадағы ЭҚК

$$e = e_L 2\omega = 2 B_m \omega l v \sin \omega t = E_m \sin \omega t,$$

мұндағы E_m — ЭҚК максималды мәні, $E_m = 2 B_m \omega l v$.

Осылайша, генератор ЭҚК синусоидалық заң бойынша өзгереді. Егер генератордың қысқыштарына жүктеме қоссақ, онда ол арқылы синусоидалық заң бойынша өзгертін ток ағады. Синусоидалық токтың графигі $i = I_m \sin \omega t$ 2.2-суретте келтірілген.

2.3. АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Айнымалы токтың сандық сипаттамалары үшін келесі параметрлер қолданылады.

1. Токтың I , кернеудің U және ЭҚК E лезде мәндері — кез келген уақыт мезетіндегі олардың мәндері: $i = I_m \sin \omega t$; $u = U_m \sin \omega t$; $e = E_m \sin \omega t$.

2. Токтың I_m , кернеудің U_m , ЭҚК-нің амплитудалық мәндері E_m — i , u және e лезде шамаларының максималды мәндері.

3. T периоды — ток толық тербеліс жасайтын және шамасы мен белгісі бойынша бастапқы лезде мәнін алатын уақыт аралығы. Периодты секундпен (с), миллисекундпен (мс) және микросекундпен (мкс) өлшейді.

4. Бұрыштық жиілік ω - магнит өрісіндегі генератор катушкасының айналу жылдамдығын сипаттайды: $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Тәжірибе жүзінде генератордың бұрыштық айналу жылдамдығы салыстырмалы аз болған кезде қажетті жиілікті алу үшін генераторларда p полюстердің бірнеше жұптары болады.

5. Циклдік жиілік — периодқа T қарама-қарсы шама: $f = 1/T$. Ол токтың 1 с ішінде толық тербелістер санын сипаттайды. Циклдік жиілік бірлігі Герц (Гц) болып табылады. Сондай-ақ циклдік жиіліктің келесі туынды бірліктері таралған: килогерц (кГц), мегагерц (МГц) және гигагерц (ГГц): $1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц}$; $1 \text{ МГц} = 10^6 \text{ Гц}$; $1 \text{ ГГц} = 10^9 \text{ Гц}$.

ю және f үшін формулаларды салыстырып, $\omega = 2\pi f$ аламыз.

6. Айнымалы токты, кернеуді және ЭҚК өлшеу үшін ағымдағы мән түсінігін енгізеді. Амплитудалық мәннен $\sqrt{2}$ есе аз ток күшінің (кернеудің, ЭҚК) мәні айнымалы токтың *ағымдағы мәні* деп аталады:

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

Айнымалы токтың, кернеудің және ЭҚК ағымдағы мәндері сәйкесінше I , U , E деп белгіленеді. Айнымалы токтың ағымдағы мәнінің шамасы қарастырылып отырған айнымалы ток сияқты бірдей уақыт ішінде бірдей кедергі арқылы өтетін тұрақты токтың шамасына тең, және оған тең жылу мөлшерін бөліп шығарады.

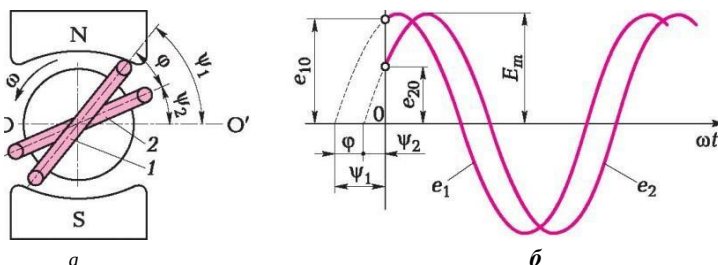
Лезде мәндері белгілі бір уақыт аралығы сайын қайталанатын ток *периодты* деп аталады.

2.4. АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ФАЗАСЫ. ФАЗАЛАР ЫҒЫСУЫ

Зәкір айналған кезде орамдарда жиілігі ω және амплитудасы E_m бірдей ЭҚК пайда болады (2.3, а-сурет), себебі орамдар бірдей магнит өрісінде бірдей бұрыштық жылдамдықпен айналады.

Орамдардың орналасуы кез келген уақыт мезеті үшін ψ_1 және ψ_2 бұрыштармен берілген, оны $t = 0$ деп алуға болады. Орамдар саны OO' бейтарап жазықтықпен сәйкес келмейді. Уақыт функциясы ретінде ЭҚК лездік мәндері келесі өрнектермен анықталады:

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + \psi_1); e_2 = E_m \sin(\omega t + \psi_2).$$



2.3-сурет. Генератор үлгісі (а) және есептеу графиктері (б):

1, 2 — тарамдар

Яғни, $t = 0$ мезетінде ЭҚК нөлге тең емес:

$$e_{10} = E_m \sin \psi_1; e_{20} = E_m \sin \psi_2.$$

ψ_1 және ψ_2 электр бұрыштары басқақы уақыт мезетіндегі ЭҚК мәндерін анықтайды және *бастапқы фазалық бұрыштар*, немесе *бастапқы фазалар* деп аталады.

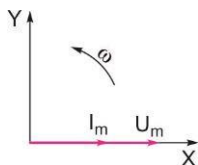
Бастапқы ЭҚК фазалары әртүрлі болғандықтан, орамдардағы ЭҚК максимал мәндері бір уақытта болмайды, белгілі бір уақыт ығысуымен болады. Уақыт ығысуы бастапқы фазалардың айырмашылығымен анықталады және *фазалық ығысу* деп аталады. Бір аттас синусоидалық шамалар арасындағы фазалық ығысу, мысалы екі ЭҚК немесе екі ток арасындағы фазалық ығысуды ϕ деп белгілейді. Ток және кернеу синусоидтары арасындағы немесе олардың максималды векторларының арасындағы фазалардың ығысу бұрышы ϕ әрпімен белгіленеді (2.3, б-сурет):

$$\phi = \psi_1 - \psi_2$$

Егер синусоидалық шамалар үшін фазалар айырмашылығы $\pm\pi/2$ болса, онда олар фаза бойынша қарама-қарсы; егер фазалар айырмашылығы $\pm\pi$ болса, онда олар квадратурада орналасқан деп айтады. Егер бір жиіліктегі синусоидалық шамалар үшін бастапқы фазалар бірдей болса, олар фаза бойынша сәйкес келеді дегенді білдіреді.

2.5. ВЕКТОРЛАРДЫҢ КӨМЕГІМЕН СИНУСОИДТЫ ШАМАЛАРДЫ КЕСКІНДЕУ

Айнымалы ток тізбектерін есептегенде жиі токтар мен кернеулерді қосу және алу операцияларын жиі орындауға тура келеді. Токтар мен кернеулер аналитикалық тұрғыдан немесе уақыт диаграммалары арқылы



2.4-сурет. Кернеудің u және тоқтың i векторлық диаграммасы

Синусоидалық шамалармен орындалатын әрекеттерді айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік беретін векторлық диаграммаларды құрудың әдісі бар.

Бірдей жиілікті синусоидалық ЭҚК, кернеу және тоқты сипаттайтын нөлдік уақыт мезетіне сәйкес келетін векторлардың жиынтығы *векторлық диаграммалар* деп аталады. Векторлық диаграммаларды құруды вектордың бастапқы қалпы бастапқы фазасымен анықталатын сәттен бастау ұтымды болып табылады. Бастапқы фаза $u = 0$ болғанда, вектор бастапқы мезетте абциссала осімен орналасады. Қысқаштарында кернеу u және ток i әрекет ететін, бір элементтен тұратын, фазасы бойынша сәйкес келетін қарапайым электр тізбегі үшін векторлық диаграмма 2.4-суретте келтірілген.

Синусоидалық шамаларды векторлардың көмегімен сипаттау осы шамалардың бастапқы фазаларын және олардың арасындағы фазалық ығысуды көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік береді. Бұл әдісте шамалардың лездік мәндерін қосу және азайтуды олардың векторларын қосу және азайтумен алмастыруға болады. Векторлық диаграммалардағы векторлардың ұзындықтары токтың, кернеудің және ЭҚК-нің ағымдағы мәндеріне сәйкес келеді, себебі олар осы шамалардың амплитудаларына пропорционал.

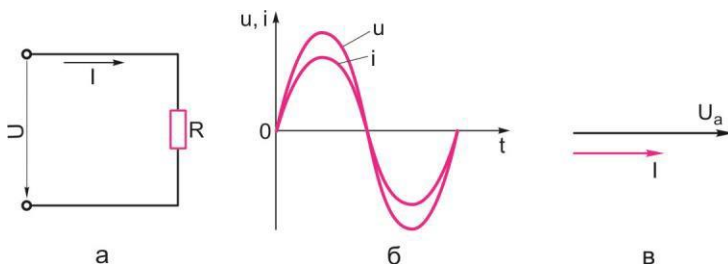
Векторлық диаграммада векторлар бұрыштық жиіліктері ω бірдей токтарды (кернеулерді) сипаттайтынын ескеру қажет. Сондықтан олардың сызбадағы өзара орналасуы өзгермейді. Салдарынан векторлық диаграммаларды құру кезінде бір векторды еркін түрде жіберуге болады. Ал қалғанын фазалық ығысудың тиісті бұрыштарына тең бұрышпен біріншісіне қатысты орналастыруға болады. Және координаталар осін сызбауға болады. Көп жағдайда айнымалы ток тізбектерінің векторлық диаграммалары кернеулер мен токтардың ағымдағы мәндерінің арасындағы қатынасты анықтау үшін қолданылады. Сондықтан диаграммаларды әдетте амплитудалық емес, ағымдағы мәндер үшін салады. Бұл векторлар ұзындығының $\sqrt{2}$ есе рет азаюына себеп болады.

Векторлық диаграммалар айнымалы токтың электр тізбектерін талдау кезінде кеңінен қолданылады.

Синусоидалық тоқтың электр тізбегінде тұрақты тоқ тізбегінің функционалдық ұқсас құрылғыларының міндетіне сәйкес келетін электротехникалық құрылғылармен қатар (энергия көздері, өлшегіш аспаптар, коммутациялық аппараттар және т.б.), синусоидалық тоқ тізбектеріне ғана тән аспаптар кіреді. Трансформаторлар, конденсаторлар, индуктивтілік катушкалары және басқалары.

Айнымалы тоқ параметрлері (белсенді кедергі R , индуктивтілік L және сыйымдылық C) айнымалы кернеу кезінде тізбекте пайда болатын айнымалы тоқтың мәніне және бастапқы фазасына әсер етеді. Белсенді кедергісі бар тізбектің элементтерінде электр энергиясы жылуға түрлендіріледі. Индуктивтілігі және сыйымдылығы бар тізбек элементтерінде энергия жылу түрінде шығарылмайды. Мезгілді түрде магниттік және электр өрістерінде жинақталады, содан кейін электр энергиясының көзіне қайта оралады. Тізбектің осындай элементтері *реактивті* деп аталады. Осындай элементтердің айнымалы тоққа әсері реактивті деп аталатын кедергілермен ескеріледі. Айнымалы тоқтың электр тізбегінің кейбір параметрлерін кейбір жағдайларда ескермеуге болады. Мысалы, қыздыру шамдары, резисторлар, қыздырғыш аспаптар әдетте белсенді кедергімен R , жүктелмеген трансформаторлар — индуктивтілікпен L , ал жүктелмеген кәбіл желілері — сыйымдылықпен C сипатталады.

Кедергісі бар тізбек. Қандай да R кедергісі бар тізбек (2.5, а-сурет) кернеуі синусоидалық өзгеретін қуат көзіне жалғынған делік.



2.5-сурет. Белсенді кедергісі бар электр тізбегі:

а — схема; б — ток пен кернеудің уақыт диаграммасы; в — векторлық диаграмма

Белсенді кедергісі бар тізбектегі кернеу мен тоқ фаза бойынша сәйкес келеді ($\phi = 0$). Кернеу мен тоқ графиктері және кедергісі бар тізбектің векторлық диаграммасы 2.5, б, в-суретте көрсетілген:

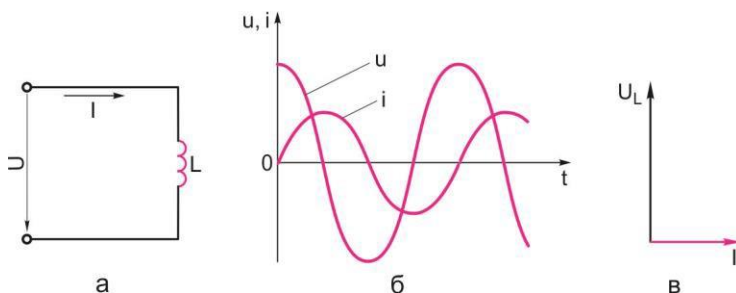
$$I = \frac{U_a}{R} \quad (2.1)$$

(2.1) формуласы Ом заңының кедергісі бар тізбекке арналған математикалық өрнегі болып табылады, оның тұрақты тоқ формуласынан еш айырмашылығы жоқ. Бірақ (2.1) формулаға айнымалы тоқ пен кернеудің тұрақты емес, ғымды мәндері кіреді. Период ішіндегі орташа қуатты белсенді деп атайды және P_a деп белгілейді. Белсенді кедергісі бар тізбектегі белсенді қуат лезде қуаттың тұрақты қосылғышына тең:

$$P_a = U_a^2 \frac{1}{R} \quad (2.2)$$

(2.2) формуласы тұрақты тоқ тізбегіндегі қуатты есептеу формуласынан еш ерекшеленбейді. СИ жүйесіндегі белсенді қуат бірлігі — ватт (Вт). Одан ірілеу бірліктер: $1 \text{ МВт} = 10^6 \text{ Вт}$; $1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$.

Индуктивтілігі бар ТІЗБЕК. Айнымалы тоқтың электр машиналары, трансформаторлар, электромагниттер, реле, контакторлардың орамалары (катушкалары) бар. Кез-келген катушканың қандай да индуктивтілігі L , кедергісі R және сыйымдылығы C бар. Кейбір жағдайларда R және C параметрлері елеусіз және электр тізбегіндегі физикалық процестерге айтарлықтай әсер етпейді.



2.6-сурет. Индуктивтілігі бар электр тізбегі

а — схема; б — тоқ пен кернеудің уақыт диаграммасы; в — векторлық диаграмма

Осындай катушкалар тек индуктивтілікті ғана ескеретін мінсіз катушкаға жақын (2.6, а-сурет).

Индуктивтілігі бар тізбекте кернеу тоқтан фаза бойынша 90° бұрышқа алға жүреді. Индуктивтілігі бар тізбек үшін векторлық диаграмма 2.6, б, в-суретте көрсетілген:

$$I = \frac{U_L}{\omega L}. \quad (2.3)$$

(2.3)- формула Ом формуласына ұқсас және айнымалы тоқ пен кернеудің ағымдағы мәндері үшін құрастырылған. ωL көбейтіндісінің кедергі өлшемділігі бар, индуктивтіліктің реактивті кедергісі немесе индуктивті кедергі деп аталады (X_L деп белгіленеді), және келесі формула бойынша есептеледі

$$X_L = \omega L = 2\pi fL.$$

2.1-мысал Кернеуі $U_L = 120$ В және жиілігі $f = 50$ Гц ағымдағы мәндері бар желіге индуктивтілігі $L = 0,127$ Гц және елеусіз азғантай кедергісі бар катушка кіргізілген. Катушка тоғын I анықтау.

Ш е ш і м і . Катушканың индуктивті кедергісі $X_L = \omega L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,127 \approx 40$ Ом. Катушка тоғы $I = \frac{U_L}{X_L} = \frac{120}{40} = 3$ А

Индуктивтілігі бар тізбек энергияны біресе тұтынады, біресе оны сол мөлшерде шығарады. Айнымалы тоқтың бір кезеңі ішіндегі қуаттың орташа мәні нөлге тең. Катушка арқылы реактивті тоқ деп аталатын айнымалы тоқ өтеді. Реактивті тоқтар электр тасымалдау желісін және электр генераторын пайдасыз жүктейді, бұл генераторлық белгіленген қуатының толық пайдаланылмауына және жалғағыш сымдардағы энергия шығынының ұлғаюына әкеледі. Сондықтан осындай қабылдағыштарды айнымалы тоқ желісіне қосу қажет емес.

Индуктивтілігі бар тізбектегі қуаттың максимал мәні *реактивті қуат* деп аталады және Q_L деп белгіленеді. Реактивті қуат неғұрлым үлкен болса, бірлік уақыт ішінде электр энергиясы көзінен катушкаға дейін және кері қарай энергия көп мөлшерде жіберіледі. Реактивті қуат

$$Q_L = U_L I = I^2 X_L \quad (2.4)$$

Реактивті қуаттың бірлігі реактивті вольт-ампер (вар) болып табылады. Реактивті қуаттың одан ірі бірлігі реактивті киловольт-ампер болып табылады: квар = 10^3 вар.

Сыйымдылығы бар тізбек. 2.7, *a*-суретте электр тізбегіне C сыйымдылығы бар конденсатор қосылған. Конденсатордың белсенді кедергісі мен индуктивтілігі аз болғаны сонша, оларды ескермейді. Оған синусоидалық кернеуді әкелеміз.

Сыйымдылығы бар тізбекте ток кернеуді фаза бойынша 90° бұрышқа озады (2.7, *б*-сурет). Сыйымдылығы бар тізбек үшін векторлық диаграмма 2.7, *в*-суретте көрсетілген:

$$I = \frac{U_C}{X_C} \quad (2.5)$$

(2.5) формула ток пен кернеудің арасындағы қатынасты көрсетеді және сондықтан сыйымдылығы бар тізбек үшін Ом заңы деп шартты аталады.

Мәні кедергімен өлшемдес болады (Ом) $\frac{1}{\omega C}$

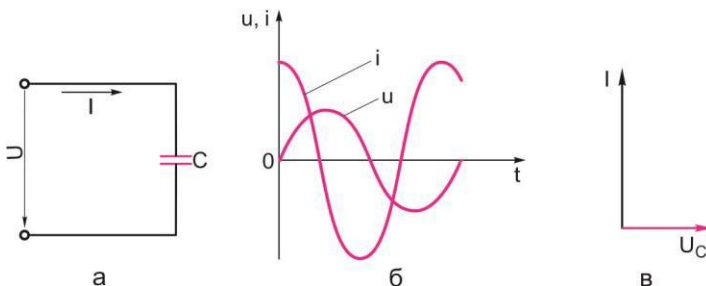
және реактивті кедергі деп аталады (X_C деп белгіленеді):

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C},$$

мұндағы ω — бұрыштық жиілік, рад/с; C — конденсатор сыйымдылығы, Ф.

Жиілік ұлғайған сайын сыйымдылықты кедергі де азаяды. Тізбектегі қуаттың амплитудалық мәні *реактивті қуат* Q_C деп аталады. Ол генератор мен сыйымдылығы бар тізбек арасындағы энергия алмасу жылдамдығын сипаттайды:

$$Q_C = U_C I = I^2 X_C. \quad (2.6)$$



2.7-сурет. Сыйымдылығы бар электр тізбегі:

a — схема; *б* — ток пен кернеудің уақыт диаграммасы; *в* — векторлық диаграмма

2.2-мысал. Сыйымдылығы $C = 63,7$ мкФ конденсаторға жиілігі $f = 50$ Гц кернеу $U = 100$ В салынған. Конденсатордың тоғы мен реактивті қуатының ағымдағы мәнін анықтау.

Ш е ш і м і . С ы й ы м д ы л ы қ т ы к е д е р г і $X_C = \frac{1}{2\pi fC} =$
 $= \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 63,7} \approx 50 \text{ Ом.}$ Ток $I = \frac{U_C}{X_C} = \frac{100}{50} = 2 \text{ А.}$ Реактивті қуат
 $Q_C = U_C I = 100 \cdot 2 = 200 \text{ вар.}$

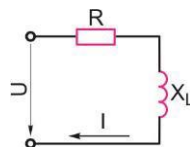
2.7. АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ ТАРМАҚТАЛМАҒАН ТІЗБЕКТЕРІ

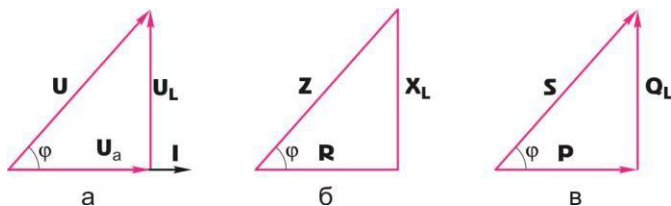
Белсенді сыйымдылығы және индуктивтілігі бар тізбек. Кез келген электротехникалық құрылғының нақты катушкасының екі параметрі бар: белсенді кедергі R және индуктивтілік L . Сондықтан ауыстыру схемасында нақты катушканы тізбектей жалғанған белсенді R және реактивті L элементтерімен көрсетуге болады (2.8-сурет). Нақты катушкада кездесетін құбылыстар 2.8-суретте көрсетілген, тізбекте болатын құбылыстармен бірдей. Тоқтың лездік мәні тек салынған кернеуге U мен кедергіге ғана емес, сонымен қатар тізбекте туындайтын өзіндік индукцияның ЭҚК-не де байланысты.

Белсенді кернеу белсенді кедергіні R асып өтеді, ал реактивті кернеу - өзіндік индукцияның ЭҚК-н теңдестіреді. Бұрын алынған қорытындыларға сәйкес, белсенді кернеу фаза бойынша токпен сәйкес келеді, ал реактивті кернеу - 90° -қа тоқтан озып түседі. Бұны тізбектің векторлық диаграммасын құру кезінде ескеру керек (2.9, а-сурет). Бастапқы вектор ретінде ток векторын I алады, оны абсциссалар осінің оң бағытымен біріктіреді. Белсенді кернеу векторын $U_a = IR$ ток векторының I бағытымен салады, ал реактивті (индуктивтік) кернеу векторын $U_L = IX_L$ ток I векторына 90° салады.

Осылайша, кернеу векторлары U_a , U_L , U кернеулер үшбұрышы деп аталатын тік бұрышты үшбұрыш түзеді.

2.8-сурет. Белсенді кедергісі мен индуктивтілігі бар электр тізбегі





2.9-сурет. Векторлық диаграмма және үшбұрыштар:

a — R және L бар айнымалы ток тізбегі үшін векторлық диаграмма; $б$ — кедергілер үшбұрышы; $в$ — қуаттар үшбұрышы*¹

(2.9, а-суретті қараңыз). Векторлық диаграммада көрінетіндей, катушка қысқыштарындағы кернеу U тоқты I фаза бойынша φ бұрышқа озады. Осы бұрыштың шамасын $\cos \varphi = \frac{U_a}{U}$, өрнегінен анықтауға болады.

Кернеулер үшбұрышынан Пифагор теоремасын пайдаланып, катушканың қысқыштарындағы кернеуді анықтаймыз:

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L)^2} = I\sqrt{R^2 + X_L^2}.$$

Яғни тізбектегі ток

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}.$$

Бұл қатынас Ом заңын білдіреді. Осылайша, тізбектің толық кедергісі

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

Яғни,

$$I = \frac{U}{Z}.$$

Белсенді, индуктивті және толық кедергілер тікбұрышты үшбұрыштың жақтары сияқты қатынаспен өзара байланысқан (2.9, б-сурет), мұндағы R және X_L — осы үшбұрыштың катеттері, ал Z — гипотенуза.

Кедергілер үшбұрышын кернеулер үшбұрышының барлық жақтарын I есе азайтқанда алуға болады. Шынында, $\frac{U}{I} = Z$;

$\frac{U_a}{I} = R$; $\frac{U_L}{I} = X_L$. Тізбектің кедергілері тұрақты, сондықтан оларды вектормен белгілеуге болмайды.

Кернеулер үшбұрышының жақтарын тізбектегі тоққа көбейтеміз. Нәтижесінде жақтары қуаттарға сәйкес келетін ұқсас үшбұрышты аламыз (2.9, *В*-сурет). Қуаттар үшбұрышының бірінші катеті тізбектің белсенді қуатын P_a , ал екіншісі — реактивті қуатын Q_L сипаттайды. Қуаттар үшбұрышының гипотенузасы жалпы қуатты білдіреді:

$$S = UI = \sqrt{P_a^2 + Q_L^2}. \quad (2.7)$$

Толық қуат — генераторлардың, трансформаторлардың және басқа электр құрылғылардың тән шамасы. СИ жүйесінде толық қуаттың бірлігі вольт-ампер ($V \cdot A$) болып табылады. Толық қуаттың ірілеу бірлігі киловольт-ампер болып табылады: $1 \text{ кВ} \cdot A = 10^3 V \cdot A$. (2.2), (2.4), (2.6) және (2.7) формулалары айнымалы тоқтың кез келген тізбегіндегі сәйкес қуаттарды есептеу үшін жарамды.

2.3-мысал Кернеуі 50 В және жиілігі 50 Гц желіге индуктивтілігі $L = 0,0127$ Гц және белсенді кедергісі $R = 3$ Ом катушка қосылды. Катушканың тоғын, белсенді, реактивті және толық қуаттарын анықтау.

Шешімі. Катушканың индуктивті кедергісі $X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,0127 \approx 4$ Ом, катушканың толық кедергісі

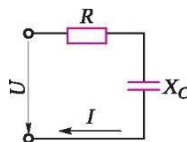
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ Ом. Тоқ } I = \frac{U}{Z} = \frac{50}{5} = 10 \text{ А. Кернеудің}$$

белсенді және индуктивті құлауы: $U_a = IR = 10 \cdot 3 = 30 \text{ В}$; $U_L = IX_L = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В}$. Катушканың белсенді, реактивті және толық қуаттары: $P_a = U_a I = 30 \cdot 10 = 300 \text{ Вт}$; $Q_L = U_L I = 40 \cdot 10 = 400 \text{ вар}$; $S = UI = 50 \cdot 10 = 500 \text{ В} \cdot \text{А}$.

Белсенді кедергісі және сыйымдылығы бар тізбек. 2.6-тарауда сыйымдылығы бар тізбек қарастырылды (идеалды конденсатор). Шын мәнінде, кез келген конденсатордың шығындары, яғни, белсенді қуаты P_a бар, сондықтан нақты конденсаторды тізбектей жалғанған белсенді кедергі R және сыйымдылықты кедергі X_c тізбектей жалғану схемасы арқылы көрсетуге болады (2.10-сурет). R кедергі шығындар қуатын анықтайды:

$$R = \frac{P_a}{I^2}. \text{ Белсенді кернеу } U_a$$

2.10-сурет. Белсенді кедергісі мен сыйымдылығы бар электр тізбегі



фаза бойынша тізбектегі токпен I сәйкес келеді, ал сыйымдылықты кернеу U_c фаза бойынша тоқтан 90° қалады. Кернеу қосылғыштарының ағымдағы мәндерін келесі формула бойынша анықтайды:

$$U_a = IR; U_c = IX_c.$$

Кернеудің U ағымдағы мәнін анықтау үшін векторлық диаграмма саламыз. Диаграмма салуды (2.11, а-сурет) тоқ I векторынан бастаймыз, оны горизонталь саламыз. Кернеудің U_a белсенді түсу векторын ток I векторының бағытымен саламыз, ал кернеудің сыйымдылықты түсу векторын U_c тоқ векторына қатысты сағат тілінің бағытымен 90° бұрамыз. Кернеулер U_a және U_c векторларын қосып, кернеу U векторын аламыз. Кернеулер U_a , U_c және U векторлары тікбұрышты үшбұрыш түзеді. Векторлық диаграммдан көрінетіндей, тізбек қысқыштарындағы кернеу фаза бойынша тоқтан φ бұрышқа кешігеді. Кернеулер үшбұрышының барлық жақтарын I есе азайтамыз. Нәтижесінде кернеулер үшбұрышын аламыз (2.11, б-сурет). Осы үшбұрыштан қарастырылып отырған тізбектің толық кедергісі

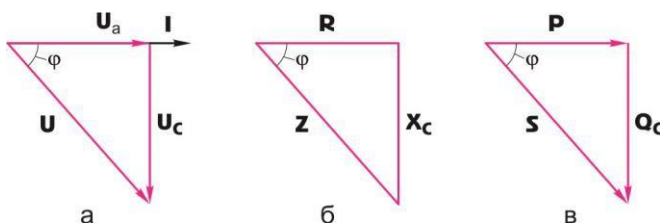
$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}.$$

Яғни, тоқ

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}.$$

Алынған өрнек Ом заңы болып табылады. Кернеулер үшбұрышының жақтарын I есе арттырған кезде, ұқсас қуаттар үшбұрышын аламыз (2.11, в-сурет).

2.4-мысал Белсенді кедергісі $R = 12$ Ом және сыйымдылықты кедергісі $X_c = 16$ Ом тізбектей жалғанған тізбекке



2.11-сурет. Векторлық диаграмма және үшбұрыштар:

a — R және C бар айнымалы тоқ тізбегі үшін векторлық диаграмма; $б$ — кедергілер үшбұрышы; $в$ — қуаттар үшбұрышы

кернеу $U = 120$ В; жиілік $f = 50$ Гц қосылды. Тізбектегі тоқты, белсенді, реактивті және толық қуаттарды анықтау.

Шешімі. Тізбектің толық кедергісі $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{12^2 + 16^2} = \sqrt{400} = 20$ Ом. Ом заңы бойынша $I = \frac{U}{Z} = \frac{120}{20} = 6$ А.

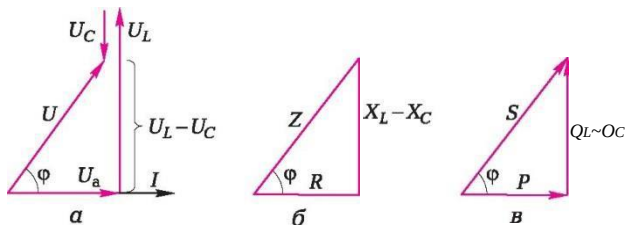
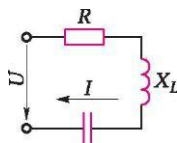
Тізбектің қуаттары: белсенді қуаты $P_a = I^2 R = 6^2 \cdot 12 = 432$ Вт; реактивті қуаты $Q_C = I^2 X_C = 6^2 \cdot 16 = 576$ вар; толық қуаты $S = UI = 120 \cdot 6 = 720$ В · А.

Белсенді КЕДЕРГІСІ, ИНДУКТИВТІЛІГІ ЖӘНЕ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫ БАР ТІЗБЕК. Белсенді кедергісі R , индуктивтілігі L және сыйымдылығы C бар тармақталмаған тізбекті қарастырамыз (2.12-сурет). Белсенді кедергідегі кернеу U_a фаза бойынша тізбек тоғымен I сәйкес келеді, индуктивтіліктегі U_L кернеу тоқты 90° озады, ал сыйымдылықтағы U_C кернеу тоқтан 90° қалып қояды. Тізбек бөліктеріндегі кернеулердің ағымдағы мәндері:

$$U_a = IR; U_L = IXL; U_C = IX_C.$$

Тоқ пен кернеулердің векторлық диаграммасын құрамыз. Алдымен тоқ I векторын саламыз (2.13-сурет). Белсенді кедергідегі кернеудің түсу векторы U_a тоқ I векторымен үйлесімді, индуктивтілік түсу векторын U_L 90° бұрышпен жоғары саламыз, ал кернеудің сыйымдылықты түсу векторын U_C — тоқтың I векторына 90° бұрышпен төмен саламыз.

2.12-сурет. Белсенді кедергісі, индуктивтілігі мен сыйымдылығы бар электр тізбегі



2.13-сурет. $X_L > X_C$ жағдай үшін айнымалы тоқ тізбегіндегі белсенді кедергі, индуктивтілік және сыйымдылық:

a — векторлық диаграмма; b — кедергілер үшбұрышы; v — қуаттар үшбұрышы

U_a , U_L , U_C кернеулер векторларын қосып, бүкіл тізбекке салынған кернеу векторын U аламыз. Векторлық диаграмма $X_L > X_C$ болған және тізбек белсенді индуктивті сипатқа ие болған жағдай үшін салынған. Бұл жағдайда $U_L > U_C$, ал кернеу U фаза бойынша тоқты I ф бұрышқа озады.

Егер $X_C > X_L$, онда $U_C > U_L$ және тізбек белсенді-сыйымдылықты сипатқа ие. Бұл ретте кернеу U (2.14-сурет) фаза бойынша тоқтан I ф бұрышқа қалып қояды.

2.13, а-суретте келтірілген кернеулер үшбұрышын қарастырамыз. осы үшбұрыштың бір катеті белсенді кернеуді U_a , басқа катеті — тізбектің реактивті кернеуін ($U_L - U_C$), ал гипотенуза — толық кернеуін U сипаттайды. Кернеулер үшбұрышының жақтарын тоққа I бөліп, кедергілер үшбұрышын аламыз (2.13, б-сурет), осыдан, тізбектің толық кедергісі

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

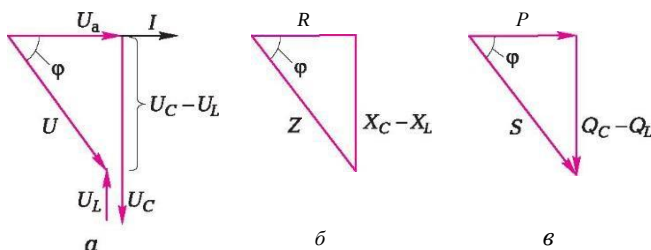
Сондықтан тізбектегі ток

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

Егер кернеулер үшбұрышының барлық жақтарын тоққа I көбейтсе, онда қуаттар үшбұрышын аламыз (2.13, в-сурет). Осы жағдай үшін толық қуат

$$S = UI = \sqrt{P_a^2 + Q^2},$$

мұндағы Q — реактивті қуат, вар; $Q = Q_L - Q_C$.



214 -сурет. $X_C > X_L$ жағдай үшін айнымалы ток тізбегіндегі белсенді кедергі, индуктивтілік және сыйымдылық;

а — векторлық диаграмма; б — кедергілер үшбұрышы; в — қуаттар үшбұрышы

2.5-мысал. Тармақталмаған тізбектің кедергілері: $R = 4 \text{ Ом}$; $X_L = 10 \text{ Ом}$; $X_C = 7 \text{ Ом}$. Тізбек қысқыштарындағы кернеу $U = 24 \text{ В}$. Тізбектің тоғын; белсенді, реактивті және толық қуаттарын анықтау.

Шешімі. Тізбектің толық кедергісі $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} =$
 $= \sqrt{4^2 + (10 - 7)^2} = 5 \text{ Ом}$. Ток $I = \frac{U}{Z} = \frac{24}{5} = 4,8 \text{ А}$. Қуаттар: белсенді

қуаты $P_a = I^2 R = 4,8^2 \cdot 4 = 92,2 \text{ Вт}$; реактивті қуаты $Q = I^2 (X_L - X_C) = 4,8^2 \cdot (10 - 7) = 69,1 \text{ вар}$; толық қуаты $S = UI = 24 \cdot 4,8 = 115,2 \text{ В} \cdot \text{А}$.

2.8.

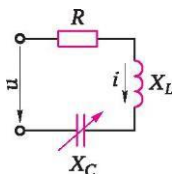
ТІЗБЕКТЕЙ ТЕРБЕЛМЕЛІ КОНТУР. КЕРНЕУЛЕР РЕЗОНАНСЫ

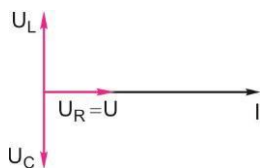
Тізбектей тербелмелі контур деп катушка мен конденсатор кіріс қысқыштарына қатысты тізбектей жалғанған тізбекті айтады (2.15-сурет). Осындай тізбекте кернеулер резонансын бақылауға болады. Кернеулер резонансы кезінде индуктивті және сыйымдылықты кернеулер өзара өтеледі, және осы реактивті кедергі нәтижесінде тізбектің кедергісі мен қуаты нөлге тең.

Индуктивті және сыйымдылықты элементтері тізбектей жалғанған тізбекте туындайтын кернеулер резонансы кезінде, тізбектің тоғы мен кернеуі фаза бойынша сәйкес келеді. Бұл жағдайда ток пен кернеу арасындағы фазалар ығысу юұрышы нөлге тең ($\phi = 0$) және тізбектің толық кедергісі оның белсенді кедергісіне тең. Резонанс кезінде $Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$ және $X_L - X_C = 0$, немесе $\omega L = 1/(\omega C)$, бұл жерде резонанс кезінде бұрыштық жиілік $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ және резонансты жиілік

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

2.15 -сурет. Тізбектей тербелмелі контурдың схемасы





216 -сурет. Кернеулер резонансы кезіндегі векторлық диаграмма

Осылайша, тізбектегі кернеулер резонансының туындауының негізгі шарты реактивті кедергілердің теңдігі болып табылады $X_L = X_C$, себебі бұл жағдайда тербелмелі контурдың жиілігі ю осы тізбекті қоректендіретін желі жиілігіне ю тең.

Кернеулер резонансына 2.16-суретте келтірілген векторлық диаграмма сәйкес келеді. R , L және C бар осы диаграмманың және Ом заңының негізінде кернеулер резонансының белгілерін қалыптастырамыз:

- кедергі $Z = R$ минималды және таза белсенді;
- тізбектің тоғы фаза бойынша қайнаркөздің кернеуіне сәйкес келеді және максималды мәніне жетеді;
- индуктивті катушкадағы кернеу конденсатордағы кернеуге тең және әрқайсысы жеке-жеке тізбек қысқыштарындағы кернеуден бірнеше есе асып түсуі мүмкін.

Физикалық тұрғыдан бұл резонанс кезінде қайнар көздегі кернеу тек контурдағы шығындарды өтеуге жұмсалатынымен түсіндіріледі. Катушка мен конденсатордағы кернеу олардың ішінде жинақталған энергияға байланысты, оның мәні тізбектегі шығын аз болған сайын көп болады.

Кернеулер резонансы кезінде магнит және электр өрістерінің жиынтық энергиясы тұрақты болып қалады; бұл ретте магнит және электр өрістерінің энергиясы үздіксіз үлестіріліп отырады, яғни магнит өрісі энергиясының артуы электр өрісі энергиясының азаюымен ілеседі, және керісінше.

Осылайша, қайнар көзден (желіден) контурда бастапқы жинақталған энергия индуктивтілік және сыйымдылық арасындағы резонанс арасында тербеледі, және де осы процеске қайнар көз қатыспайды. Сондықтан осындай контур *тербелмелі* деп аталады.

Резонанс кезінде қайнар көздің үлесіне тек белсенді кедергідегі энергия шығынын өтеу ғана қалады. Яғни, толық қуат белсенді қуатқа тең:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = P.$$

Резонанс кезіндегі қуат коэффициенті $\cos \varphi = P/S = 1$.

Кернеулер резонансы берілген жиіліктегі сигналдарды бөліп алу үшін радиотехникада және электроникада кеңінен қолданылады. Мысалы, таратқыш радиостанциялардың антенналық контурының сәуле шығаруын күшейту үшін оларды генератор шығаратын тербелістермен резонансқа баптайды. Электр құрылғыларда кернеулер резонансы сирек қолданылады. Резонанс кезінде тізбек қысқыштарындағы кернеуден елеулі түрде асып түсетін индуктивтілік пен сыйымдылықтағы жоғары кернеулер оқшаулау және қызмет көрсететін персонал үшін қауіп төндіреді.

2.9.

ПАРАЛЛЕЛЬ ТЕРБЕЛМЕЛІ КОНТУР. ТОҚТАР РЕЗОНАНСЫ

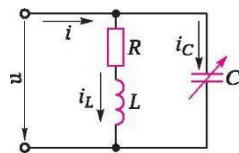
Параллель тербелмелі контурды қарастырамыз, оның ең қарапайым түрі индуктивті катушка мен конденсатордың параллель жалғануы болып табылады (2.17-сурет).

Тоқтар резонансы деп тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі тоқ фаза бойынша кернеумен сәйкес келетін ($\varphi = 0$), ал желіден тұтынатын қуаты контурдың белсенді қуатына тең болатын параллель тербелмелі контурдың режимін айтады. Резонанс кезінде реактивті қуат желіден алынбайды. Тоқтар резонансы кезіндегі тізбектің векторлық диаграммасы 2.18-суретте келтірілген. Индуктивтік тармақтағы кедергі R катушканың белсенді кедергісіндегі жылу шығындарымен түсіндіріледі. Сыйымдылықты тармақтағы шығындарды ескермеуге болады.

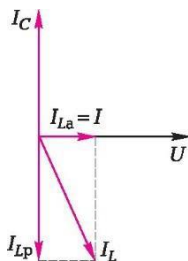
Тоқтар резонансы шартын анықтаймыз. Анықтамаға сәйкес тоқ фаза бойынша кернеуге U сәйкес келеді. Яғни контурдың өткізгіштігі таза белсенді болу керек, ал реактивті өтімділік нөлге тең болуы керек.

Тоқтар резонансы белгілерін анықтаймыз:

- контурдың кедергісі Z_k максималды және таза белсенді;
- тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі тоқ фаза бойынша қайнаркөздің кернеуімен сәйкес келеді және айтарлықтай минималды мәніне жетеді.



217 -сурет. Параллель тербелмелі контурдың схемасы



218 -сурет. Токтар резонансы кезіндегі тізбектің векторлық диаграммасы:
 I_{Lp} — индуктивті тармақ тоғының реактивті құраушысы; I_L — индуктивті тармақ тоғының белсенді құраушысы

■ катушкадағы токтың реактивті құраушысы сыйымдылықты токқа тең, және де бұл токтар қайнар көздің тоғынан бірнеше есе артық болуы мүмкін.

Физикалық тұрғыдан бұл контурдағы шығындар аз болғанда (R кіші болғанда) қайнар көздің тоғы тек осы шығындардың орнын толтыру үшін ғана қажет етіледі. Контурдағы ток катушкалар мен конденсатор арасындағы энергия алмасуымен түсіндіріледі. Идеалды жағдайда (шығынсыз контур) қайнар көздің тоғы жоқ.

Осылайша токтар резонансы $\varphi = 0$, яғни $\cos \varphi = 1$ болғанда, белсенді қуат P толық қуатқа тең: $P = UI \cos \varphi = UI = S$. Токтар резонансы кезінде реактивті қуат Q нөлге тең.

Осылайша, токтар резонансы кезінде тізбек желіден реактивті қуатты қажет етпейді. Параллель контурда байқалатын энергетикалық процестер бұл жағдайда кернеулер резонансы кезінде өтетін процестерге ұқсас. Тербелмелі контурда тізбектің сыйымдылықты және индуктивті элементтері арасында үздіксіз өзара энергия алмасу жүреді, ал желі контурдың белсенді кедергілерінде жоғалтатын энергияны ғана толтырады.

Егер параллель тербелмелі контур тек L және C тұрса, онда ток резонансы кезіндегі оның кіріс кедергісі шексіз үлкен болар еді және желідегі ток контурға түспейтін еді. Бұл жағдайда қосылатын кезде контурға хабарланған энергия шығындалмай, жүйелі түрде магнит өрісінен электр өрісіне (және кері қарай), яғни тізбектің индуктивті және сыйымдылық элементтері арасында ауысып жүретін еді, және де бұл тербелістер шексіз уақыт жалғасатын еді.

Токтар резонансы құбылысы кернеулер резонансы құбылысына қарағанда әлдеқайда күрделі және алуан түрлі.

Токтар резонансы құбылысы жолақты сүзгілерде белгілі бір жиілікті бөгеп тұратын электр «тығын» ретінде, сондай-ақ нақты радиостанцияның сигналын шығару үшін радиоқабылдағыштарда қолданылады.

2.10. ҚУАТ КОЭФФИЦИЕНТІ

Қазіргі заманғы өнеркәсіптік кәсіпорындарда айнымалы тоқтың электр энергиясын тұтынушылардың басым бөлігі асинхронды қозғалтқыштар, дәнекерлеу трансформаторлары, түрлендіргіштер және т.б. түріндегі индуктивті-белсенді жүктеме болып табылады. Осындай тұтынушылардың белгіленген жүктемеден басқа $\cos \varphi$ -ға да тәуелді. Тұтынушының белгіленген белсенді қуаты P кезінде $\cos \varphi$ азаюымен бірге оның тұтынатын тоғы да артады:

$$I = P / (U \cos \varphi).$$

$\cos \varphi$ азайған кезде тұтынушы тоғының ұлғаюы белгілі бір шектерден аспау керек, себебі оларды қоректендіретін генераторлар белгілі бір номиналды қуатқа есептелген $S_{\text{ном}} = U_{\text{ном}} I_{\text{ном}}$, салдарынан олар асыра жүктелген болмау керек.

Генератордың тоғы тұтынушының $\cos \varphi$ азайған кезде номиналдан мәннен асып кетпеу үшін оның белсенді қуатын азайту қажет. Осылайша, тұтынушылардың $\cos \varphi$ азайту синхронды генераторлардың, трансформаторлардың және электр тасымалдау желілерінің қуатын толық пайдаланылмауына әкеледі.

Олар индуктивті реактивті тоқтың есебінен пайдасыз жүктеледі, олардың электр энергиясын тасымалдау желілерінде болуы желі сымдарындағы шығындарды көбейтеді.

Электр тасымалдау желілеріндегі шығындар белсенді және реактивті тоқтардан өту есебінен болатын шығындардан қосылады, және де электр қабылдағыштың $\cos \varphi$ неғұрлым төмен болса, шығындардың қуаты соғұрлым көп болады, мысалы, дәнекерлеу трансформаторының $\cos \varphi$ ерекше төмен. Генераторлардың қуатын неғұрлым тиімді және толық пайдалану олар номиналды кернеумен және тоқпен, және де үлкен $\cos \varphi$ жұмыс істеген кезде мүмкін болады. Бұл жағдайда генераторлар ең үлкен белсенді қуатты дамытады:

$$P = U_{\text{ном}} I_{\text{ном}} \cos \varphi.$$

Генераторлар номиналды кернеумен және тоқпен, және де мәні электр қабылдағыштарға байланысты өзгермелі $\cos \varphi$ жұмыс істегенде, генераторлар бөліп шығаратын белсенді қуат $\cos \varphi$ пропорционал. Яғни $\cos \varphi$ азаюы электр станциялардың генераторларының қуаттарын пайдалану тиімділігінің азаюына әкеледі. Егер қабылдағыш тұрақты белсенді жүктемемен және желі кернеуімен жұмыс істесе,

бірақ $\cos \varphi$ мәндері әртүрлі болса, онда оның желіден тұтынатын тоғы $\cos \varphi$ кері пропорционал, яғни бұл жағдайда $\cos \varphi$ азайған сайын желіден тұтынатын тоғы ұлғаяды. Осылайша, қуаттың төмен коэффициенті электр станциялардың генераторларының номиналды толық қуатын толығымен пайдалануға мүмкіндік бермейді және сонымен бірге электр тасымалдау желілеріндегі энергия шығындарының артуына алып келеді. Сондықтан электр энергиясын тасымалдау үнемділігін тұтастай арттыру үшін электр қабылдағыштардың $\cos \varphi$ арттыру шараларын қолдану қажет.

Реактивті тоқ артқан кезде қабылдағыштың (тұтынушының) магнит ағыны артады, оған қажетті энергия электр станциялардың генераторларынан алынады. Реактивті тоқ азайған сайын магнит ағыны азаяды. Яғни қабылдағыштың магнит өрісінде жинақталған магнит өрісінің энергиясы азаяды. Ол электр станциясына қайтарылады. Электр станциясы мен тұтынушы арасында энергия алмасу қарқындылығы белсенді қуат өзгермеген жағдайда $\cos \varphi$ тәуелді. $P = \text{const}$ кезінде қабылдағыштың $\cos \varphi$ артуы электр станциясы мен тұтынушы арасында айналып жүретін энергияның азаюына әкеледі. Магнит ағынын шығаруға жұмсалған энергияны азайту үшін, тоқтар резонансы құбылысы қолданылады, онда осы энергияны электр станциясынан емес, электр қабылдағышқа параллель қосылған конденсатордан алу мүмкін болады. Осындай режим энергия көзін және электр тасымалдау желісін босатуға мүмкіндік береді.

Бірақ фазалар ығысуын толық өтеу үшін реактивті (сыйымдылық) қуат Q_c реактивті (индуктивті) қуатқа Q_L тең болу керек. Оған тәжірибеде қол жеткізу қиын. Сондықтан әдетте фазалар ығысуын толық өтпейді. Себебі $\cos \varphi \geq 0,95$ кезінде тізбекте реактивті тоқтың болуының қатты маңызы болмайды. Индуктивті тұтынушы болып табылатын әрбір қондырғы үшін оның өтеуден кейін қалуы керек $\cos \varphi$ белгілі бір мәнін белгілейді.

Генераторлардың номиналды қуатын толық пайдалану үшін және жылулық шығындарды азайту үшін энергия қабылдағыштардың қуат коэффициентін бірлікке жақын мәнге дейін арттыру керек.

Қуат коэффициентін жақсартудың табиғи және жасанды тәсілдерін ажыратады. Айнымалы тоқ электр қозғалтқыштары, трансформаторлар толық жүктеме кезінде ең үлкен $\cos \varphi$ жұмыс істейтіні белгілі. Сондықтан оларды қажетті қуатына қарай таңдау керек, олардың жүктелмей қалуына және бос жұмыс істеуіне жол бермеу керек.

Жабдықты дұрыс таңдаумен және оны пайдаланумен байланысты қуат коэффициентін арттыру тәсілдері табиғи деп аталады. Көптеген жағдайларда табиғи жақсарту әдістерін арнайы жабдық қолданылатын жасанды тәсілдермен толықтырады.

Электро қондырғыларында $\cos \varphi$ арттыру маңызды халықтық-шаруашылық міндет болып табылады және генераторлардағы, трансформаторлардағы, айнымалы ток қозғалтқыштарындағы және электр тасымалдау желілеріндегі шығындарды азайту есебінен бүкіл ел ауқымында электр энергиясын елеулі түрде үнемдеуді білдіреді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қарапайым айнымалы ток генераторының құрылысы қандай?
2. ЭҚК қандай мәні лезде амплитудалық және ағымдағы деп аталады?
3. Айнымалы токтың параметрлерін түсіндіріңіз: период, жиілік, фаза, фазалар ығысуы.
4. Тізбектегі белсенді және индуктивті кедергілер кезінде ток пен кернеу арасындағы қатынас қандай?
5. Белсенді кедергісі және сыйымдылығы бар тізбектің толық кедергісі қалай анықталады?
6. R , L , C бар тізбектің толық кедергісін қалай анықтауға болады?
7. Кернеулер резонансын және тоқтар резонансын сипаттаңыз.
8. Белсенді, реактивті және толық қуат дегеніміз не және ол қандай бірліктермен сипатталады?

ҮШ ФАЗАЛЫ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

3.1. НЕГІЗГІ АНЫҚТАМАЛАР. ҮШ ФАЗАЛЫ ЭҚК ЖҮЙЕСІ

Үш фазалы жүйелер қазіргі уақытта кеңінен таралған. Үш фазалы токта барлық ірі электр станциялары мен тұтынушылар жұмыс істейді. Ол үш фазалы тізбектердің бір фазалылар алдындағы бір қатар артықшылықтарына байланысты, олардың арасындағы маңыздылары:

- Электр энергиясын үлкен қашықтықтарға берудің үнемділігі;
- Жылжымайтын орамдар арқылы синхронды және асинхронды қозғалтқыштар, сондай-ақ, бірқатар басқа электротехникалық құрылғылар жұмысы негізделетін айналмалы магниттік өрісті алу мүмкіндігі;
- Симметриялы үш фазалы жүйелердің біркелкілігі.

Ең сенімді және үнемді, өнеркәсіптік электрлі жетек талаптарын қанағаттандыратын - қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыш.

Үш фазалы тізбектерді әзірлеу дамып келе жатқан өндіріс талаптарымен негізделді, ал көп фазалы жүйелер дамуының табысына физикада электрлі және магниттік құбылыстардың ашылуы септігін тигізді.

XIX ғасырдың 80 жылдары екі маңызды ғылыми-техникалық міндетті шешу қажет болды: энергияны алыс қашықтықтарға берудің үнемділігі және өнеркәсіптік өндіріс талаптарын қанағаттандыратын сенімді электрлі қозғалтқыш жасау.

Көп фазалы жүйелер жасаудың маңызды алғышарты 1888 ж. айналмалы магниттік өріс құбылысын ашу болды. Бірінші электрлі қозғалтқыштар екі фазалы болды. Олардың жұмыс сипаттамалары нашар болған. Ең оңтайлы үш фазалық жүйе болды. Үш фазалы жүйелерді әзірлеуге әр түрлі елдердің ғалымдары мен инженерлері үлес қосты: Н. Тесла, М. Депре, Ч. Бредли, М. О. Доливо-Добровольский. Ең үлкен еңбекті атақты орыс электротехнигі

М.О.Доливо-Добровольский сіңірді, ол еңбегіне тәжірибелік сипат беріп, үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар, трансформаторлар жасады. Төрт сымды, үш сымды тізбекті әзірледі және үш фазалы жүйелердің негізін қалаушы болып есептеледі.

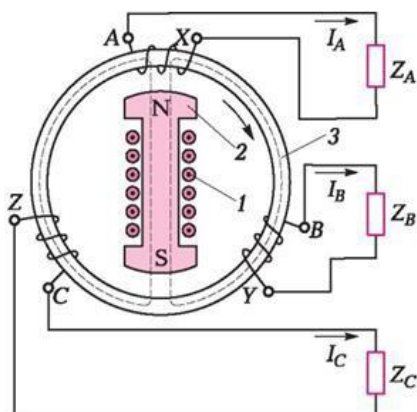
Үш фазалы электр тізбектері көп фазалы тізбектердің жеке жағдайы болып табылады. *Электр тізбектерінің көп фазалы жүйесі* әрбіреуінде ортақ энергия көзімен тудырылатын және бір біріне қатысты фаза бойынша бір бұрышқа жылжытылған бір жиілікті синусоидты ЭҚК әрекет ететін бір фазалық электр тізбектерінің жиынтығы болып табылады. "Фаза" терминін мерзімді үдеріс кезеңін сипаттайтын бұрышты белгілеу, сонымен қатар, көп фазалы тізбекке кіретін бір фазалы тізбекті белгілеу үшін қолданады.

Әдетте ЭҚК амплитудалық мәндері бірдей, ал фазалар бір біріне қатысты $2\pi/m$ бір бұрышқа жылжытылған симметриялы көп фазалы жүйелер қолданылады, мұндағы m — фазалар саны.

Электротехникада жиі екі, үш және алты фазалы тізбектер пайдаланылады. Солайша, автоматикада және электр өлшеуіш техникада екі фазалы тізбектер, электротехникада үш фазалы жүйелер кеңінен таралған.

Үш фазалы тізбектер - бір біріне қатысты фаза бойынша $2\pi/3$ бұрышқа жылжытылған, бір жиілікті синусоидты ЭҚК әрекет ететін үш бір фазалы тізбектер жинағы. Электр энергиясын алыс қашықтықтарға үш фазалы тізбектер арқылы беру бір фазалы тізбектермен берумен салыстырғанда тиімдірек. Одан басқа, үш фазалы синхронды генераторлар мен қозғалтқыштар, үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар мен трансформаторлар өндірісте қарапайым, үнемді және пайдалануда сенімді. Үш фазалы жүйелерде тоғы бар өткізгіштерге әсері асинхронды және синхронды электрі қозғалтқыштар жұмысы қағидасының негізіне салынған айналмалы магниттік өріс алу жеңіл болып табылады.

Үш фазалы тізбектегі электр энергиясының көзі бір біріне қатысты құрылымдық тұрғыдан $2\pi/3$ бұрышына жылжытылған және фазалар деп аталатын үш орамында үш ЭҚК ықпалдандырылады, олар өз кезегінде, бір біріне қатысты $2\pi/3$ бұрышына жылжытылған.



3-1 сурет. Үш фазалы синхронды генератор:

1 - орам; 2 - ротор; 3 - статор

Үш фазалы синхронды генератор құрылысы сызба түрінде 3.1 суретінде келтірілген. Статор өзегінің ойықтарында үш бірдей орам орналасқан. Қарапайымдылық үшін, орамдардың әрбірі тек бір айналымнан, яғни, статордың диаметрлік қарама-қарсы ойықтарына салынған екі сымнан тұрады деп санаймыз. Орамдардың әрбіреуінің осы екі сымы статордың артқы жағында бір бірімен жалғанған (3.1 суретінде пунктирмен көрсетілген). Статордың алдыңғы жағында орамдар айналымдары А, В, С (орамдар басы) қысқыштарымен және сәйкесінше Х, Y, Z (орамдар соңы) қысқыштарымен аяқталады. Орамдар бастары бір біріне қатысты $2\pi/3$ бұрышқа жылжытылған, сәйкесінше, олардың ұштары да бір біріне қатысты $2\pi/3$ бұрышқа жылжытылған. Статор орамдарындағы ЭҚК олардың айналымдарын қоздыру орамы деп аталатын айналатын ротор орамы бойынша өтетін тұрақты токпен қозатын магниттік өріс кесіп өтуі нәтижесінде ықпалдандырылады. Ротор айналуының біркелкі жиілігінде статор айналымдарында жиілігі бірдей, бір біріне қатысты фаза бойынша $2\pi/3$ бұрышына жылжытылған синусоидалық ЭҚК ықпалдандырылады.

Синхронды генератор статорында ықпалдандырылатын үш фазалы ЭҚК жүйесі әдетте симметриялы жүйе болып табылады.

Үш фазалы генератор статоры орамдарының электрлі схемаларында шартты түрде 3.2, а суретінде көрсетілгендей ұсынылады. Генератордың әрбір фазасында ЭҚК шартты оң бағыты ретінде орам соңынан басына дейінгі бағытты қабылдайды.

Егер фазалық ЭҚК А фазасын нөлге тең бастапқы ретінде қабылдаса, үш фазалы генератордың ЭҚК лездік мәнін (3.2 сур., б) талдамалы түрде келесідей көрсетуге болады:

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

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

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

Симметриялы үш фазалы ЭҚК жүйесі үшін келесі теңдік әділ:

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

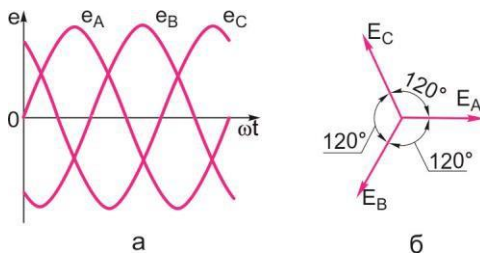
Солайша, симметриялы ЭҚК лездік мәндерінің алгебралық сомасы нөлге тең.

Егер генератор роторы 3.1 суретінде көрсетілген бағытта айналса, АВС фазалар алмасуының реттілігі пайда болады, яғни, В фазасының ЭҚК фаза бойынша А фазасының ЭҚК-нен және С фазасының ЭҚК фаза бойынша В фазасының ЭҚК-нен қалады. Мұндай ЭҚК жүйесін *тура реттілік жүйесі* деп атайды. Егер генератор роторының айналудың бағытын қарама-қарсыға ауыстырса, фазалардың ауысу реттілігі кері болады. Генераторлардың роторлары әрқашан бір бағытта айналады, салдарынан фазалар ауысу реттілігі ешқашан өзгермейді. Іс жүзінде генераторларда әдетте фазалар кезектесуінің тура реттілігі қолданылады.

Фазалар кезектесуінің реттілігіне үш фазалы синхронды және асинхронды қозғалтқыштар айналуының бағыты байланысты. Қозғалтқыштың кез келген екі фазасын орнымен ауыстырса, фазалар кезектесуінің кері реттілігі туындайды, демек, қозғалтқыш қарама-қарсы бағытта айналады.

Фазалар реттілігін сондай-ақ үш фазалы генераторларды параллель қосу кезінде есепке алу қажет.

Үш фазалы жүйені алу үшін белгілі түрде энергия көзінің фазалары мен қабылдағыш фазаларын қосу қажет.



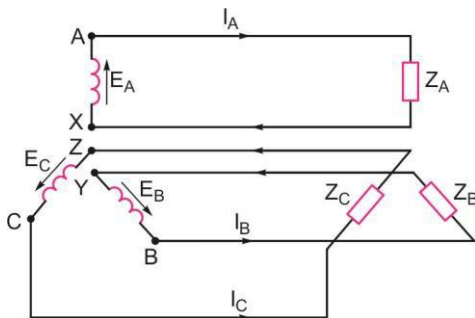
3.2-сурет. Үш фазалы жүйе графиктері (а) және векторлық диаграммасы (б)

Үш фазалы жүйеде жалғастырудың екі негізгі тәсілі бар: энергия көзін қосу және қабылдағышты "жұлдыз" немесе "үшбұрыш" етіп жалғау.

3.2. ГЕНЕРАТОР ОРАМДАРЫ МЕН ҚАБЫЛДАҒЫШ ФАЗАЛАРЫН "ЖҮЛДЫЗ" ТҮРІНДЕ ЖАЛҒАУ

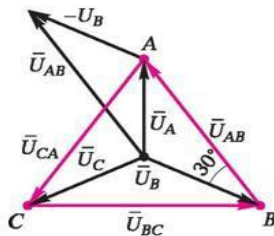
Үш фазалы генератордың әрбір фазасы бір фазалы қабылдағыш үшін энергия көзі болуы мүмкін. Бұл жағдайда электрлі тізбек схемасы 3.3 суретінде көрсетілгендей түрде болады, яғни, жалпы тізбек үш фазалы болса да, әрбір фаза басқаларынан жеке жұмыс істейді. Бұл үш фазалы байланыссыз жүйе. Генератор мен энергия тұтынушыларының арасындағы сымдар санын қысқарту үшін, электрлі байланысты үш фазалы жүйелерді қолданады. Ол үшін үш фазалы генератордың орамдарын "жұлдыз" немесе "үшбұрыш" түрінде қосады.

Электрлі схемада үш фазалы генератор статорының орамдары 120° орналастырылады (3.3 сур. қар.) бұрышпен орналастырылады. Орамдарды "жұлдыз" түрінде жалғау кезінде олардың X, Y, Z ұштары бейтарап деп аталатын бір N нүктесіне қосады. N нүктесінен энергия тұтынушыларына бейтарап сым жүргізіледі. Энергия тұтынушыларына бейтараптан басқа A, B, C орам бастарымен қосылатын үш желілік сым төселеді. Мұндай жүйе *бейтарап сымды жұлдыз* деп аталады. Сызықтық және бейтарап сымдар арасындағы кернеулер (генератор орамдарының басы мен соңы арасындағы) фазалық кернеу деп аталады және U_A , U_B , U_C (жалпы түрде U_ϕ) белгіленеді.



3.3-сурет. Байланыссыз үш фазалы тізбек схемасы

3.4-сурет. Фазаларды "жұлдыз" түрінде жалғау кезінде фазалық және желілік кернеулердің векторлық диаграммасы



Желілік сымдар арасындағы (орамдар бастарының арасындағы) кернеулер желілік кернеулер деп аталады және U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} (жалпы түрде U_A) белгіленеді.

Векторлық диаграммада (3.4 сур.) алдымен бір біріне қатысты 120° бұрылған, мәні бойынша тең фазалық кернеулер $\bar{U}_A$, $\bar{U}_B$, $\bar{U}_C$, векторларын құрады. $\bar{U}_{AB}$ желілік кернеу векторын құру үшін келесідей әрекет етеді: $\bar{U}_A$, векторына $-\bar{U}_B$, векторын, яғни, абсолютті мәні бойынша $\bar{U}_B$, векторына тең, алайда, қарама-қарсы бағытталған векторды қосады.

Шынында, $\bar{U}_A + (-\bar{U}_B) = \bar{U}_A - \bar{U}_B = \bar{U}_{AB}$. Векторларды осылай құрады $\bar{U}_{BC} = \bar{U}_B - \bar{U}_C$ және $\bar{U}_{CA} = \bar{U}_C - \bar{U}_A$. $\bar{U}_{AB}$, $\bar{U}_{BC}$, $\bar{U}_{CA}$ векторлары симметриялы жүйені құрады, бұл ретте желілік кернеулер векторларының "жұлдызы" фаза бойынша фазалық кернеулер векторларының "жұлдызынан" 30° асады.

Солайша, желілік кернеулердің қолданыстағы мәні сәйкес фазалық кернеулердің векторлық айырмасына тең.

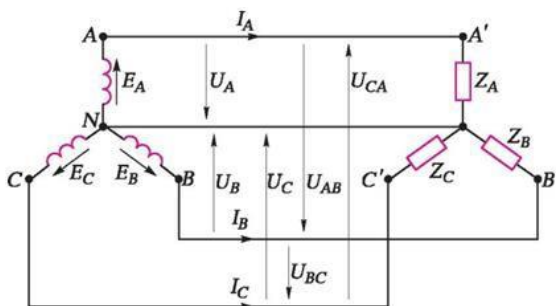
Кернеулердің векторлық диаграммасында фазалық кернеулер векторлары жұлдызды, ал желілік кернеулер векторлары - тұйықталған үшбұрышты түзеді.

Симметриялы жүйеде желілік кернеулер үшбұрышы тең жақты, сондықтан, желілік және фазалық кернеу арасындағы қатынасты табу үшін, N нүктесінен $\bar{U}_{AB}$, кернеу векторына перпендикуляр түсіру қажет. Онда

$AB = \bar{U}_{AB} = 2\bar{U}_B \cos 30^\circ$. $\bar{U}_{AB} = U_L$, ал $\bar{U}_B = U_\phi$, болғандықтан, онда

$$U = \frac{2\sqrt{3}U_\phi}{2} = \sqrt{3}U_\phi.$$

Солай, егер кернеулер жүйесі симметриялы болса, "жұлдыз" түрінде жалғау кезінде желілік кернеу фазалық кернеуден $\sqrt{3} = 1,73$ есе үлкен. Тәжірибеде 220, 380 және 660 В кернеулер қолданылады, олар бір бірінен 1,73 есе ерекшеленеді. Егер $U_A = 380$ В, онда $U_\phi = 220$ В, ол 380/220 В ретінде белгіленеді. Одан басқа, 660/380 В жүйесін қолданады.



3.5-сурет. Байланысты төрт сымды үш фазалы тізбексызбасы

Қабылдағыштарды орамдары "жұлдыз" түрінде қосылған (3.5 сур.) үш фазалы генераторға қосқан кезде, тоқ генератор орамдарымен, желілік сымдар және қабылдағыш фазаларымен өтеді. Генераторлар немесе қабылдағыш фазаларындағы тоқ фазалық тоқ деп аталады және I_ϕ белгіленеді. Желілік сымдардағы тоқ желілік тоқ деп аталады және I_L белгіленеді. Бір фазаға тиесілі генератордың, желілік сымдардың орамдары мен қабылдағыш реттілікпен қосылатындықтан, "жұлдыз" түрінде жалғау кезінде желілік тоқ фазалыққа тең болады:

$$I_L = I_\phi.$$

Бейтарап сымындағы тоқ Кирхгофтың бірінші ережесі бойынша анықталады, оның негізінде N нүктесі үшін $\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C - I_N = 0$, теңдігін жазуға болады, мұннан $I_N = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C$.

Демек, бейтарап сымдағы тоқ фазалық тоқтардың геометриялық сомасына тең. Фазалық тоқтар симметриялы жүктемеде симметриялы жүйе түзеді, нәтижесінде бейтарап сымдағы I_N тоғы нөлге тең:

$$I_N = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = 0.$$

Симметриялы жүктемеде бейтарап сымда тоқ болмайтын үш фазалы тізбек режимі құрылады. Демек, бейтарап сымнан бас тартып, үш сымды фазалы тізбекке ауысуға болады. Желілік және фазалық тоқтар I_A , I_B және I_C белгіленген.

Электр станцияларында орнатылатын заманауи үш фазалы генераторлардың орамдары әрқашан "жұлдыз" түрінде жалғанады, ол орамдарды оқшаулауды желіліктен 1,73 есе аз фазалық кернеуге орындауға мүмкіндік береді. Генератор орамдарын "жұлдыз" түрінде жалғау кезінде қабылдағыш фазалары "жұлдыз" немесе

"үшбұрыш" түрінде жалғануы мүмкін.

Үш фазалы тізбектерді талдау кезінде ЭҚК, кернеулер мен тоқтардың шартты оң бағыттарын білу қажет, себебі оларды таңдаудан Кирхгоф ережелері бойынша жасалатын теңдіктердегі таңбалар, сонымен қатар, векторлық диаграммалардағы векторлар бағыттары байланысты. Бұрын дәлелденгендей, энергия көзінің әрбір фазасындағы шартты оң ЭҚК бағыты ретінде оның басынан соңына дейінгі бағытты, ал әрбір энергия көзінің фазасындағы шартты оң кернеу бағыты ретінде фазаның басынан соңына қарай бағытты қабылдайды; фазалық тоқтар бағыты энергия көзінің әрбір фазасындағы ЭҚК бағытымен сәйкес келеді.

Желілік кернеулердің шартты оң бағыттары ретінде бір фаза басынан басқасының басына қарай, оның ішінде U_{AB} кернеуінің А бастап В қарай, U_{BC} кернеуі - В бастап С қарай, U_{CA} кернеуі С бастап А қарай бағытты қабылдайды. Желілік сымдар арқылы өтетін сызықтық тоқтар әрқашан энергия көзінен қабылдағышқа қарай бағытталған. Фазалық кернеулер мен қабылдағыштар тоқтары бір жаққа бағытталған.

3.3.

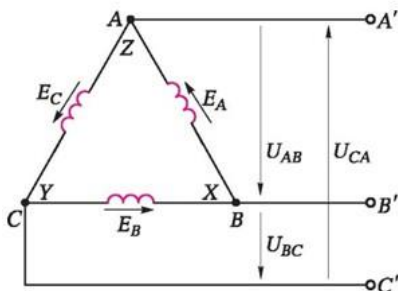
ГЕНЕРАТОР ОРАМДАРЫН ЖӘНЕ ҚАБЫЛДАҒЫШ ФАЗАЛАРЫН "ҮШБҰРЫШ" ТҮРІНДЕ ЖАЛҒАУ

Бір фазаның басы басқасының соңымен жалғанатын және тұйық контур түзілетін генератор орамдарын немесе қабылдағыш фазаларын жалғау "үшбұрыш" түрінде жалғау деп аталады. Х бірінші орамының соңын екінші В орамының басымен жалғайды, Y екінші орамының соңын - үшінші С басымен, үшінші Z орамының соңын - бірінші А басымен жалғайды (3.6 сур.). Орамдардағы ЭҚК оң бағыттары 3.3 суретіндегідей.

"Үшбұрышпен" кедергілері фаза басына және соңына сәйкес келетін екі индексмен белгіленген қабылдағыш фазаларын да жалғайды.

Қабылдағыш фазалары бойынша I_{AB} фазалық тоқтары өтеді.

Қабылдағыш сөндірулі, I_A , I_B және I_C тоқтары нөлге тең кезде, энергия көзі орамдарының тұйық контурында тоқ нөлге тең, себебі ЭҚК жүйесі симметриялы және контурдағы жиынтық ЭҚК нөлге тең. Егер "үшбұрыш" түріндегі орамдар жалғануы дұрыс орындалмаған болса, яғни, бір нүктеге екі фазалар соңдары немесе бастары жалғанған болса, "үшбұрыш" контурындағы жиынтық ЭҚК нөлден ерекше және орамдар арқылы үлкен тоқ өтеді. Бұл энергия көзіне арналған апаттық режим және оған жол беруге болмайды.



3.6-сурет. Фазаларды "үшбұрыш" түрінде жалғау кезінде үш сымды үш фазалы тізбек схемасы

"Үшбұрыш" түрінде жалғау кезінде фаза басы мен соңы арасындағы кернеу - желілік сымдар арасындағы кернеу, сондықтан, "үшбұрыш" түрінде жалғау кезінде желілік кернеу фазалық кернеуге тең:

$$U_l = U_\phi$$

"Үшбұрыш" түрінде жалғанған қабылдағышты қосқан кезде энергия көзіне қабылдағыш фазалары бойынша Ом заңы бойынша анықталатын фазалық ток өтеді:

$$I_\phi = \frac{U_\phi}{Z}$$

Желілік токтарды келесідей анықтауға болады:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA};$$

$$\bar{I}_B = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB};$$

$$\bar{I}_C = \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}.$$

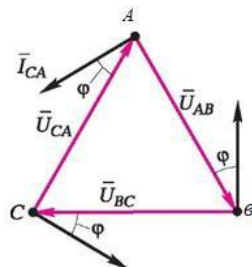
Солайша, "үшбұрыш" түрінде жалғанған желілік токтар осы желілік симмен жалғанған фазалардың фазалық токтарының векторлық айырмасына тең.

(3.1) теңдіктеріне сай, желілік токтардың векторлық сомасы әрқашан нөлге тең:

$$\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = 0.$$

"Үшбұрыш" түрінде жалғау кезінде $\bar{U}_{AB}$, $\bar{U}_{BC}$ және $\bar{U}_{CA}$ желілік (фазалық) кернеулер жүйесі оны "жұлдыз" түрінде жалғау кезіндегідей тұйық үшбұрыш түзеді (3.7 сур.). $\bar{I}_{AB}$, $\bar{I}_{BC}$ және $\bar{I}_{CA}$ фазалық токтары симметриялы жүктемеде мәні бойынша тең және кернеу векторларына қатысты бірдей ϕ бұрышына жылжытылған.

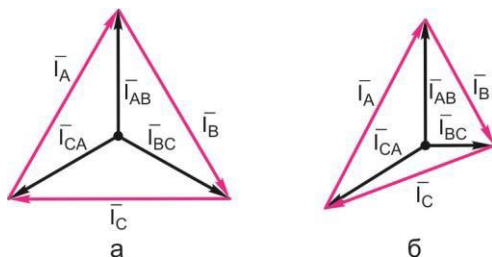
3.7-сурет. Фазаларды "үшбұрыш" түрінде жалғау кезінде кернеулер мен фазалық тоқтардың векторлық диаграммасы



Желілік тоқтарды анықтау үшін 3.8, а сур. 3.7 суретіндегідей фазалық тоқтардың векторлық диаграммасы салынған. Желілік тоқтар фазалық арқылы желілік кернеулер тәрізді анықталады (фазалық арқылы «жұлдыз» түрінде жалғау кезінде), сондықтан, фазалық тоқтар векторларының ұштарын жалғап, желілік тоқтар векторларын бірден құруға болады. Желілік тоқтар векторлары тұйық үшбұрышты құрайды. Симметриялық жүктеме кезінде фазалық және желілік тоқтар жүйелері симметриялы болғандықтан (тоқтар мен кернеулердің векторлық диаграммаларын салыстыра отырып), желілік тоқтар «үшбұрыш» түрінде жалғанған симметриялы жүктемеде фазалықтан $\sqrt{3} = 1,73$ есе артық деген қорытындыға келуге болады:

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

Жалпы жағдайда, жүктеме симметриялы емес кезде, фазалық және желілік тоқтар жүйелері же симметриялы емес болады (3.8, б сур.)

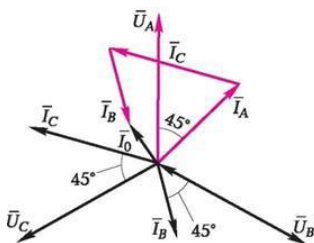


3.8-сурет. Фазаларды «үшбұрыш» түрінде жалғау кезіндегі фазалық және желілік тоқтардың векторлық диаграммасы
а – симметриялы жүктемеде; б – симметриялы емес жүктемеде

Қабылдағыш фазаларын жалғау схемасы («жұлдыз» немесе «үшбұрыш») энергия көзі орамын жалғау схемасына байланысты емес. Электрқабылдағышты үш немесе төрт қысқышы бар энергия көзіне жалғайды. Үш қысқыш кезінде (А, В және С) энергия көзінің орамдары бейтарап нүкте шығысынсыз «жұлдыз» түрінде де, «үшбұрыш» түрінде де жалғана алады. Төрт қысқышта (А, В, С және N) энергия көзінің орамдары шығарылған бейтарап нүктемен «жұлдыз» түрінде жалғанған. Қабылдағыш фазалары бейтарап сыммен тек осы жағдайда «жұлдыз» түрінде жалғана алады. Солайша, энергия көзінің фазаларын жалғау тәсілінен тәуелсіз, үш фазалы тізбектің желілік сымдары арасындағы желілік кернеулер бірдей және фаза бойынша бір біріне қатысты $2\pi/3$ бұрышқа жылжытылған, салдарынан олардың лездік мәндерінің немесе векторларының сомасы әрқашан нөлге тең. Алайда, энергия көзі фазаларын «үшбұрыш» түрінде жалғау кезінде желілік кернеулер мәндері сол энергия көзінің фазаларын «жұлдыз» түрінде жалғау кезіндегі желілік кернеулер мәндерінен $\sqrt{3}$ есе аз болады. Қарастырылған «жұлдыз»-«жұлдыз» және «үшбұрыш»-«үшбұрыш» жалғауларынан басқа, тәжірибеде сондай-ақ «жұлдыз»-«үшбұрыш» және «үшбұрыш»-«жұлдыз» жалғаулары да қолданылады.

3.1–мысал. «Жұлдыз» арқылы жалғанған энергия қабылдағышының әрбір фазасы белсенді және индуктивті кедергілерден тұрады. Келесідей фазалар токтары мен фазалардың жылжу бұрыштары белгілі: $I_A = I_B = 5 \text{ A}$; $I_C = 7 \text{ A}$; $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = 45^\circ$. Бейтарап сымдағы I_N тоғын графикалық әдіспен анықтау.

Шешім. I_N тоғын анықтау үшін кернеулер мен токтардың векторлық диаграммасын салайық (3.9 сур.). Алдымен бір біріне қатысты 120° жылжыған $\bar{U}_A, \bar{U}_B, \bar{U}_C$ фазалық кернеулер векторларын саламыз. Содан кейін, масштаб белгілеп, $\bar{I}_A$ бірінші фазалық ток векторын саламыз. Белсенді-индуктивті жүктемеде $\bar{I}_A$ векторы $\bar{U}_A$ векторына қатысты сағат тілінің бойымен 45° бұрылған. Ұқсас түрде $\bar{I}_B$ және $\bar{I}_C$ векторларын саламыз. $\bar{I}_A, \bar{I}_B$ және $\bar{I}_C$ векторларын геометриялық түрде салып, $\bar{I}_N = 2 \text{ A}$ табамыз.



3.9-сурет. Бейтарап тоқты анықтауға арналған кернеулер мен токтардың векторлық диаграммасы

Бейтарап сымдағы тоқ қатаң симметриялы жүктемеде нөлге тең. Егер жүктеме симметриялы емес болса, яғни, $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$, тоқтар $\bar{I}_A \neq \bar{I}_B \neq \bar{I}_C$ да тең болмайды. Онда құрылыс негізінде фазалық кернеулер симметриясында бейтарап сымдағы тоқтың нөлге тең болмайтынына көз жеткізу ауыр емес: $\bar{I}_N \neq 0$ (кейбір жағдайлардан басқа).

Солайша, фазалық кернеулер симметриясында және жүктеменің симметриялы емес болуында бейтарап сымда тоқ бар. Бейтарап сымның үзілгенін елестетейік: $\bar{I}_N \neq 0$. Бұл ретте I_A , I_B , I_C тоқтары олардың векторлық сомасы нөлге тең болатындай етіп өзгеруі тиіс.

$$\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = 0.$$

Алайда белгіленген Z_A , Z_B , Z_C жүктеме кедергілерінде тоқтар тек фазалық кернеулер есебінен өзгеруі мүмкін. Демек, бейтарап сымның үзілуі жалпы жағдайда фазалық кернеулер өзгеруіне әкеледі; симметриялы фазалық кернеулер симметриялы емес болады. Симметриялы емес жүктемеде және сөндірілген бейтарап сымда қабылдағыштың N нүктесі генератордың желілік кернеулері үшбұрышының ортасынан жылжиды. Осының нәтижесінде элеткр энергиясын қабылдағыштың фазалық кернеулері өзгереді. Қабылдағыштың жүктемесі артық фазалары (толық кедергісі азырақ) азырақ фазалық кернеуде, аз жүктелгендері (толық кедергісі көбірек) – көбірек фазалық кернеуде болады.

Бейтарап сым симметриялы емес жүктемеде тұтынушы фазаларында кернеудің түзетілуін қамтамасыз етеді. Төрт сымды үш фазалы жүйелер жарықтандыру жүктемесі мен басқа тұрмыстық жүктеме үшін кеңінен қолданылады. Бұл ретте шамдардың номинал кернеуі желінің фазалық кернеуіне тең. Бейтарап сым тізбегінің үзілуіне жол бермеу үшін, оған сақтандырғыштар және сөндіргіштер орнатпайды.

Фазалық кернеулердің симметриялы емес болуына жол берілмейді, себебі ол белгілі жұмыс кернеуіне есептелген тұтынушылардың қалыпты жұмысының бұзылуына әкеледі.

Үш фазалы тізбектің активті қуаттылығы оның фазаларының белсенді қуаттылықтарының сомасына тең:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Үш фазалы тізбектің реактивті қуаттылығы оның фазаларының реактивті қуаттылықтарының сомасына тең:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$

Симметриялы үш фазалы тізбекте $P_A = P_B = P_C = P_\Phi$, $Q_A = Q_B = Q_C = Q_\Phi$ екені айқын, онда $P = 3P_\Phi$, $Q = 3Q_\Phi$.

Бір фазаның қуаттылығы бір фазалы тізбекке арналған формулалар бойынша анықталады. Осылайша:

$$P = 3U_\Phi I_\Phi \cos \varphi; Q = 3U_\Phi I_\Phi \sin \varphi.$$

Бұл формулаларды симметриялы үш фазалы тізбекті есептеу үшін пайдалануға болады. Алайда, фазалық кернеулер мен тоқтарды өлшеу кейбір қиыншылықтарға байланысты, себебі әрқашан арнайы шығысы бола бермейтін және машина ішінде орналасқан бейтарап нүктеге қолжетімділік қажет. Кернеудің желілік тоқтарын қуат қалқанының клеммаларында өлшеу жеңілірек. Сондықтан үш фазалы жүйе қуаттылығының формулаларын желілік тоқтар мен кернеулер арқылы жазады.

«Жұлдыз» түрінде жалғау кезінде

$$P = 3U_\Phi I_\Phi \cos \varphi = 3 \frac{U_A}{\sqrt{3}} I_A \cos \varphi = \sqrt{3} U_A I_A \cos \varphi.$$

«Үшбұрыш» түрінде жалғау кезінде

$$P = 3U_\Phi I_\Phi \cos \varphi = 3U_\Phi I_\Phi \cos \varphi = \sqrt{3} U_A I_A \cos \varphi.$$

Солайша, екі жағдайда симметриялы тізбектің белсенді қуаттылығы келесі формула бойынша анықталады:

$$P = \sqrt{3} U_A I_A \cos \varphi.$$

Реактивті қуаттылық ұқсас түрде келесі формула бойынша анықталады:

$$Q = \sqrt{3} U_A I_A \sin \varphi.$$

Толық қуаттылықты анықтау формуласы:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} U_A I_A.$$

Бұл формулалар симметриялық тізбектер үшін дәл. Нақты тізбектер олардың жүктемесі симметриялыға жақын болатындай етіп есептеледі, сондықтан, келтірілген формулалар кеңінен қолданылады.

3.2-мысал. 3.1 мысалының мәліметтері бойынша қабылдағыштың фазалық кернеуі $U_\phi = U_A = U_B = U_C = 220$ В болса, үш фазалы тізбектің белсенді қуаттылығын анықтау.

Ш е ш і м і. Қабылдағыш фазаларының белсенді қуаттылықтары: $P_A = U_A I_A \cos \varphi_A = 220 \cdot 5 \cos 45^\circ = 777$ Вт; $P_B = U_B I_B \cos \varphi_B = 220 \cdot 5 \cos 45^\circ = 777$ Вт; $P_C = U_C I_C \cos \varphi_C = 220 \cdot 7 \cos 45^\circ = 1089$ Вт. Үш фазалы тізбектің белсенді қуаттылығы $P = P_A + P_B + P_C = 777 + 777 + 1089 = 2\,643$ Вт.

3.3-мысал. $U_L = 220$ В желілік кернеулі үш фазалы желіге фазаларының белсенді кедергісі $R = 30$ және индуктивті кедергісі $X_L = 40$ Ом қабылдағыш қосылған. Фазалық және сызықтық тоқтарды, активті қуаттылығы және $\cos \varphi$ анықтау.

Ш е ш і м і. Қабылдағыш фазасының толық кедергісі $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50$ Ом. Фазалық $I_\phi = \frac{U_\phi}{Z} = \frac{220}{50} = 4,4$ А, ал сызықтық тоқ $I_A = \sqrt{3} I_\phi = \sqrt{3} \cdot 4,4 = 7,6$ А. Белсенді қуаты $P = \sqrt{3} U_A I_A \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 7,6 \cdot 0,6 = 1\,733$ Вт, қайда $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{30}{50} = 0,6$.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қарапайым үш фазалы тоқ генераторының құрылымы және 120° тең фаза бойынша жылжуы бар үш бірдей ЭҚК алу қағидасы қандай?
2. Үш фазалы генератор орамын жалғау схемаларын түсіндіріңіз.
3. Симметриялы емес жүктемеде бейтарап сымның үзілуі қандай нәтижеге әкеледі?
4. Тұтынушыларды жалғаудың әр түрлі схемаларында фазалық және сызықтық кернеулер мен тоқтар арасындағы қатынас қандай?

ЭЛЕКТР ӨЛШЕУЛЕР МЕН АСПАПТАР

4.1

ЭЛЕКТР ӨЛШЕУЛЕРІНІҢ МӘНІ МЕН МАҢЫЗЫ

Кез келген білім саласында өлшеулердің мәні ерекше, бірақ олар электротехникада әсіресе маңызды.

Механикалық, жылу және жарық құбылыстарын адам сезім мүшелері арқылы қабылдайды және заттардың көлемін, олардың қозғалу жылдамдықтарын, жарық денелердің жарықтығын шамалап бағалай алады.

Бірақ біз тоғы 10 мА немесе 1 А тең (яғни 100 есе артық) өткізгішке бірдей жауап қайтарамыз.

Біз өткізгіш пішінін, оның түсін көреміз, алайда біздің сезу мүшелеріміз тоқ күшін бағалауға мүмкіндік бермейді. Сондай-ақ біз катушка тудыратын магниттік өріс әсерін, конденсатор қоршаулары арасындағы электрлі өрісті сезбейміз. Медицина адам ағзасына электрлі және магниттік өрістердің белгілі әсерін анықтады, алайда, бұл әсерді біз сезбейміз және электромагниттік өріс шамасын бағалай алмаймыз.

Ерекшелікті тек өте қатты өрістер құрайды. Мұнда да жоғары вольтті тарату жолының жанында серуендеу кезінде сезінетін жағымсыз шаншу бізге желідегі электр кернеуінің шамасын жуық болсын бағалауға мүмкіндік бермейді.

Осының барлығы физиктер мен инженерлерді зерттеудің және электр энергиясын қолданудың бірінші қадамдарынан бастап Электр күшін өлшеу аспаптарын пайдалануға мәжбүрледі.

Электр және магниттік шамаларды өлшеу үшін Электрлі өлшеу аспаптары қызмет етеді: вольтметрлер, гальванометрлер және басқалар, сонымен бірге, олардың қисындасулары. Өлшеу үдерісі анықталатын физикалық шаманы оның бірлік ретінде қабылданған мәнімен салыстыруда.

Бір шаманы өлшеуді онымен байланысты басқа шаманы өлшеумен алмастыруға болады. Әдетте, кез келген өлшеу соңында нұсқардың немесе жарық дағының шкала бойынша қозғалуын анықтауға тіреледі.

Өлшеу аппаратурасы құралдарға және эталондарға бөлінеді. Өлшеу аспаптары жоғары дәлділікке және сенімділікке, мәліметтерді алу мен оларды алыс қашықтыққа жіберу үдерісін автоматтандыру мүмкіндігіне, нәтижелерді электрлі есептеу құрылғыларына енгізудің қарапайымдылығына және т.б. ие. Сондықтан олар өнеркәсіптік қондырғылар мен технологиялық үдерістер параметрлерін қолмен немесе автоматты бақылау және белгіленген деңгейде сақтау жүйелерінде кеңінен пайдаланылады.

Өлшеу құрылғыларының көмегімен шығарылатын өнім сапасы мен саны, оның сипаттамаларының белгіленген нормаларға сәйкес келуі бақыланады. Ылғалдылықтың, температураның, қысымның және т.б. электрлі өлшеуіштері әзірленген және қолданылады.

Электр өлшеулері ғылыми зерттеулерде жоғары дәрежелі маңызға ие.

4.2.

ЭЛЕКТРЛІ ӨЛШЕУЛЕРДІҢ НЕГІЗГІ ӨДІСТЕРІ. ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫНЫҢ ДӘЛСІЗДІКТЕРІ

Электрлі өлшеулердің екі негізгі әдісі бар: тікелей бағалау және салыстыру әдісі. Тікелей бағалау әдісінде өлшенетін шаманы тікелей аспап шкаласы бойынша есептейді. Бұл ретте өлшеу аспабының шкаласын алдын ала эталонды аспаппен өлшенетін шама бірлігінде бөліктейді. Әдетте, мұндай бөліктеу аспапты өндіру кезінде зауытта жасалады. Бұл әдістің артықшылығы – көрсеткіштерді есептеудің ыңғайлылығы мен өлшеуге кететін уақыттың аз шығындалуы. Тікелей бағалау әдісі технологиялық үдерістерді бақылау мен реттеу үшін техниканың әр түрлі салаларында, далалық жағдайларда, қозғалмалы объектілерде және т.б. кеңінен қолданылады. Әдістің кемшілігі – өлшеулердің салыстырмалы жоғары емес дәлділігі.

Салыстыру әдісінде өлшенетін шаманы тікелей эталонмен, үлгілік немесе жұмыс өлшеммен салыстырады. Бұл жағдайда өлшеу дәлділігі айтарлықтай жоғары болуы мүмкін. Салыстыру әдісі көбінесе зертхана жағдайларында пайдаланылады, ол күрделі аппаратураны, операторлардың жоғары біліктілігі мен айтарлықтай уақыт шығынын қажет етеді. Соңғы уақытта салыстыру аппаратурасының автоматтандырылуы артуда.

Тікелей бағалаудың электрлі өлшеу аспаптары өлшенетін шаманың сандық мәнін шкалада немесе құралдың цифрлық құрылғысында есептеуге мүмкіндік береді.

Үздіксіз шаманы өлшеу кезінде кейбір дәлсіздік Δ – өлшенетін шаманың өлшенген $A_{из}$ және шын A мәндері арасындағы айырма болуы мүмкін:

$$\Delta = A_{из} - A$$

Бұл айырма өлшеудің абсолютті дәлсіздігі деп аталады. Ол аспаптың жүйелік және кездейсоқ дәлсіздіктерімен, сонымен қатар, оператор қателерімен анықталады.

Өлшеулерді толығырақ сипаттау үшін өлшеудің салыстырмалы дәлсіздігі δ , % ұғымы енгізіледі:

$$\delta = \frac{A_{из} - A}{A} 100 = \frac{\Delta}{A} 100.$$

Δ және δ шамалары өлшеу дәлділігін сипаттайды. Көптеген жағдайларда аспап дәлділігін сипаттау қажеттілігі туындайды. Осы мақсатта өлшеудің келтірілген дәлсіздігі γ ұғымы у, % енгізіледі:

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_{\max}} 100,$$

мұндағы $A_{\max}$ – аспап шкаласының максималды мәні, яғни, өлшенетін шаманың шекті мәні.

Ең үлкен келтірілген дәлсіздік құралдың дәлділік класын анықтайды. Егер, мысалы, амперметрдің дәлділік класы 1,5 тең болса, ең үлкен келтірілген дәлсіздік $\gamma = \pm 1,5\%$ екенін білдіреді.

Негізгі және қосымша дәлсіздіктер бөлінеді. Негізгі дәлсіздік аспап төлқұжатында және шкаладағы шартты белгілерде көрсетілген қалыпты жұмыс жағдайларында туындайды. Қосымша дәлсіздіктер құралды қалыптыдан ерекше (қоршаған ортаның температурасы жоғары болуы, күшті сыртқы магниттік өрістер, құралды дұрыс орнатпау және т.б.) жағдайларда пайдаланған кезде туындайды.

4.1-мысал. Амперметр 10 А көрсеткен жағдайда, 1,5 дәлділік класындағы 30 А амперметрмен тоқты өлшеу кезіндегі дәлсіздікті анықтау.

Ш е ш і м і. Құралдың 1,5 ең үлкен абсолютті дәлсіздігі
 $\Delta I = \frac{1,5}{100} 30 = 0,45 \%$. Демек, тоқтың шынайы мәні 9,55...10,45 А
 шектерінде, ал өлшеудің салыстырмалы дәлсіздігі
 $\delta I = \frac{0,45}{10} 100 = 4,5 \%$.

4.3.

ЭЛЕКТРЛІ ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫН ЖІКТЕУ

Өлшеу – физикалық шама мәнін тәжірибелік жолмен арнайы техникалық құралдар арқылы табу.

Бақылаушының тікелей қабылдауына қолжетімді үлгіде, өлшенетін физикалық шамалармен функционалдық байланысты өлшеу ақпаратының сигналдарын шығаруға арналған электрлі өлшеудің техникалық аспаптары электрлі өлшеу аспаптары деп аталады.

Барлық құралдар әр түрлі белгілер бойынша жіктеледі:

1. Өлшенетін шама түрі бойынша, мұнда жіктеу өлшенетін шама бірлігінің атауы бойынша жасалады. Аспап шкаласына оның толық атауы немесе өлшенетін шама бірлігінің бастапқы латын әрпі жазылады, мысалы: амперметр — A, вольтметр — V, ваттметр — W және т.б.

2. Құралдың өлшеу механизмінің әрекет етуінің физикалық қағидасы бойынша. Мұндай жіктеу электрлі шаманы құралдың жылжымалы бөлігінің механикалық әрекетіне түрлендіру тәсілімен анықталады.

Бір қатар құралдарда әдеттегі өлшеу механизмімен жинақта түрлендіруші құрылғылар пайдаланылады. Мысалы, ауыспалы тоқты магнитті-электрлі аспаппен өлшеу үшін, жартылай өткізгіш элементі бар түзеткішті пайдаланады.

3. Тоқ түрі бойынша. Бұл жіктеу нақты құралды қандай тоқ тізбектерінде қолдануға болатынын анықтауға мүмкіндік береді. Оны шкаладағы шартты белгілермен белгілейді.

Ауыспалы тоқ аспаптарында олар қолданылатын жиіліктің номинал мәнін немесе жиіліктер диапазонын көрсетеді, мысалы: 20.50.120 Гц; бұл ретте асты сызылған мән осы аспап үшін номинал болып табылады.

Егер құралда жұмыс жиілігінің диапазоны көрсетілмесе, ол 50

Гц жиілікті қондырғыларда жұмыс істеуге арналған.

4. Дәлділік класы бойынша. Құралдың дәлділік класы пайызбен берілген, рұқсат етілген келтірілген дәлсіздікке тең санмен белгілейді. Келесідей дәлділік класындағы құралдар шығарылады: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Белсенді энергия есептегіштері үшін дәлділік кластарының шкаласы өзге: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5. Дәлділік класын білдіретін сан аспап шкаласында көрсетіледі.

Құралдың дәлділік класы оның құрылымымен, жасау технологиясымен негізделген негізгі дәлсіздікті анықтайды және пайдаланудың қалыпты жағдайларында (температура, ылғалдылық, сыртқы электрлі және магниттік өрістер мен дірілдік болмауы, дұрыс орнату және т.б.) болады.

5. Есептеу құрылғысының түрі бойынша. Құралдың есептеу құрылғысы шкаладан және көрсеткіштен тұрады. Шкалалар өлшенетін шама бірліктеріне бөлінген (бір диапазонды құралдарда қолданылады), немесе 75, 100 немесе 150 бөлінуі бар шартты (көп диапазонды құралдарда қолданылады) болуы мүмкін.

Көрсеткіш ретінде нұсқар немесе сызығы бар жарық дағы пайдаланылады. Бақылаушы көзінің шкала мен нұсқарға қатысты дұрыс емес күйде болуына байланысты параллаксқа жол бермеу үшін, шкаланы айнамен толықтырады. Өлшеу кезінде нұсқардың айнадағы кескінімен сәйкес келетіндей күйіне қол жеткізу қажет. Мұндай шкаланы дәлділік класы 1,0 төмен емес тасымалды құралдарда қолданады.

6. Есептеу жүйесі бойынша. Көрсеткіштері өлшенетін шамалардың өзгеруінің үздіксіз функциялары болып табылатын электрлі өлшеу аспаптары аналогтық деп аталады. Өлшеу ақпаратының дискреттік сигналдарын автоматты шығаратын, көрсеткіштері сандық үлгіде ұсынылған өлшеу аспаптары цифрлық деп аталады.

7. Көрсеткіштерді алу тәсілі бойынша. Егер электрлі өлшеу құралы тек көрсеткіштерді оқуға ғана мүмкіндік берсе, оны көрсетуші деп, ал егер оқуға да, тіркеуге де (немесе тек тіркеуге) мүмкіндік берсе, оны тіркеуші деп атайды. Егер аспап көрсеткіштерін дигарамма түрінде жазуға болса, оны өздігінен жазатын деп атайды.

Жиі өзгерілетін шама мәндері уақыт немесе басқа тәуелсіз тұрақсыз шама бойынша қосындыланатын біріктіруші құралдар қолданылады. Біріктіруші құралдардың арасында барлығына электр энергиясын есептегіш таныс.

8. Бағалау дәрежесі бойынша. Электрлі өлшеу аспаптары өлшеу механизмінің қозғалмалы бөлігі өлшенетін шама мәніне жауап қайтаратын тікелей бағалау аспаптарына және өлшенетін шама мәні белгілі шамамен салыстырылатын салыстыру аспаптарына бөлінеді. Салыстыру аспаптарының мысалы – өлшегіш белдеме және потенциометрлер.

9. Орнату тәсілі бойынша. Электрлі өлшеу аспаптары құралдар қалқандарында және басқару тетіктерінде монтаждауға арналған қалқандық және тасымалды болып бөлінеді.

10. Өлшеу кезіндегі күйі бойынша. Электрлі өлшеу аспаптары тігінен, көлденеңінен орналастырады немесе белгілі бұрышпен орнатады.

11. Пайдалану жағдайларына байланысты орындалуы бойынша. Аспап класы жұмыс температуралары мен салыстырмалы ылғалдылық диапазоны бойынша бес топпен анықталады. Шекті мәндер құралдарды сақтау мен тасымалдау жағдайларын анықтайды.

4.1-кесте. Электрлі өлшеу құралына салынатын шартты белгілер	
1,5	Дәлдік класы 1,5
–	Тұрақты ток
~	Айнымалы (бір фазалы) ток
≈	Тұрақты және айнымалы токтар
≈	Үш фазалы ток
□	Магнитті-электрлі жүйе құралы
⚡	Электромагниттік жүйенің аспабы
⚡	Электродинамикалық жүйенің аспабы
⊙	Индукциялық жүйенің аспабы
└┐ ⊥ /60°	Аспап көлденең; тігінен; 60° бұрышпен орнатылады
★	Аспап оқшаулауы 2 кВ кернеуде сыналған
A	Жабық жылытылатын жайлар үшін
B	Жабық жылытылмайтын жайлар үшін
B	Далалық жағдайлар үшін

12. Механикалық әсерлерге төзімділік бойынша аспаптар шайқау немесе діріл кезінде ең ккп үдеу мәніне байланысты топтарға бөлінеді (m/s^2): беріктігі жоғары қарапайым, дірілге сезімтал емес, дірілге берік, шайқауға сезімтал емес, шайқауға берік және соққыға берік.

13. Сыртқы магниттік және электрлі өрістерден қорғау дәрежесі бойынша аспаптар 1 және 2 санатқа бөлінеді. Сыртқы өрістер әсерінен аспаптарды өлшеу механизмінің экрандауы қорғайды.

Электр өлшеу аспабының шкаласына шартты белгілер салынады (4.1-кестесі).

4.4.

ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТ

Электромеханикалық аспаптар электр өлшеу аспаптарының үлкен тобын құрайды. Олардың негізгі бөліктері – электр өлшеу тізбегі және өлшеу механизмі.

Өлшеу тізбегі x өлшенетін шамасын $ч$ шамасымен функционалды байанысты кейбір аралық y электр шамасына түрлендіру үшін қызмет етеді, яғни, $y = F(x)$. y электр шамасы, мысалы, ток немесе кернеу, өлшеу механизміне тікелей әсер етеді; оны кіріспе шама деп атайды. Ол өлшеу механизмінің қозғалмалы бөлігіне әсер ететін және соңғысын жылжытатын механикалық күштер тудырады (жиі бұрыштық). Сондықтан өлшеу механизмін электр шамасын механикалық жылжуға түрлендіргіш ретінде қарастырады және электромеханикалық түрлендіргіш деп атайды.

Электромеханикалық өлшеу құралдарының ортақ элементтері – есептеу құрылғысы; өлшеу механизмінің жылжымалы бөлігі; айналдырушы, қарсы әрекет етуші және тыныштандырушы кездерді жасауға арналған құрылғылар.

Жылжымалы бөлікке әсер ететін $M_{вр}$ айналдыру кезі x өлшенетін шамасының (тоқтың немесе кернеудің) функциясы болып табылады: $M_{вр} = F(x)$.

Есептеу құрылғысының міндетті түрде шкаласы және көрсеткіші бар. Шкалаға өлшенетін шаманың белгілі мәндеріне сәйкес келетін, қысқа сызықтар түріндегі белгілер салынған. Шкаланың көршілес белгілері арасындағы интервал бөлу деп аталады. Өлшенетін шама мәні көрсеткіш арқылы есептеледі.

Әдетте, көрсеткіштер нұсқар түрінде болады. Айналыдыру кезінін негізіне салынған физикалық құбылыстарға байланысты, магнитті-электрлі, элестростатикалық, электродинамикалық, индукциялық және электростатикалық өлшеу механизмдері немесе түрлендіргіштер бөлінеді.

Құралдың әрекет ету қағидасы, оның қандай да бір жағдайларда жұмыс істеу қабілеті, мүмкін шекті дәлсіздіктері аспаптың циферблатына салынған шартты белгілер бойынша белгілене алады.

Соңғы жылдары цифрлық электрлі өлшеу құралдары кеңінен таралып келеді. Олар үздіксіз өзгеретін шама мәндерін жеке (дискретті) уақыт кездерінде өлшеп, алынған нәтижені цифрлық үлгіде ұсынады.

Цифрлық аспаптардың негізгі артықшылығы – өлшеу нәтижесінің дәлсіздіктің артуынсыз, кейінгі физикалық және математикалық түрлендірулерге жатқызыла алуында.

Дискреттік есептеуі бар цифрлық құралдарды пайдалану күрделі технологиялық үдерістерді сипаттайтын көптеген параметрлерді орталықтандырылған бақылауға арналған көп арналы автоматты құрылғыларды жасауға мүмкіндік берді.

Цифрлық электрлі өлшеу аспаптары өлшеудің жоғары дәлділігіне (дәлсіздік 0,1 бастап 1% дейін), тезәрекеттікке, өлшеудің кең шектеріне ие; нәтижелерді шектелмеген қашықтықтарға бұрмалаусыз жіберуге мүмкіндік береді.

Бұл құралдардың кемшіліктеріне олардың салыстырмалы күрделілігі мен жоғары бағасын жатқызуға болады.

Тәжірибе жүзінде электрлі емес шамаларды өлшеу қажеттілігі жиі туындайды. Бұл мақсатта электрлі аспаптар кеңінен пайдаланылады, бұл ретте осы электрлі емес шамаларды анықтауға арналған электрлі аспаптардың түрлері электрлі шамаларды өлшеуге арналғандардан айтарлықтай көп.

Осы мақсаттарда қолданылатын электрлі өлшеу аспаптарының электрлі емес аспаптар алдында бір қатар артықшылықтары бар. Ең алдымен, олардың төмен инерциялылығын, яғни, өлшенетін шаманың өзгеруіне жылдам жауап қайтару қабілетінің төмендігін, өлшеулердің кең диапазонын, электрлі тізбектерге енгізу

мүмкіндігін, демек, оларды технологиялық үдерістерді қашықтықтан және автоматты басқару кезінде пайдалану мүмкіндігін және т.б. атап кеткен жөн.

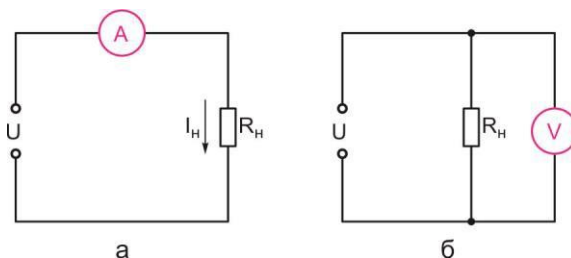
4.5.

КЕРНЕУЛЕРДІ, ТОҚТАРДЫ ЖӘНЕ ҚУАТТЫ ӨЛШЕУ

Электрлі өлшеу аспаптарын электр тізбегіне енгізу оның параметрлерін өзгертпеуі тиіс. Алайда, ол мүмкін емес, себебі кез келген өлшеу аспабы өлшеу механизмін әрекетке келтіруге, сонымен қатар, орамдар мен құралдың басқа тоқ өткізгіш бөлшектерін қыздыруға шығындалатын энергияны тұтынады.

Тұрақты тоқ тізбектерінде тоқ пен кернеуді өлшеу үшін жиі магнитті-электрлі жүйе аспаптарын, сирек – электромагниттік және электродинамикалық жүйе аспаптарын қолданады. Қуат пен энергияны өлшеу үшін көбінесе электродинамикалық аспаптар пайдаланылады.

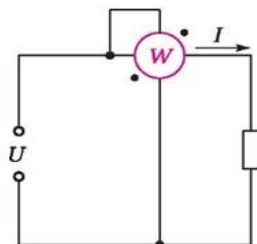
Тоқты өлшеу үшін амперметрді тізбекке ретті қосады (4.1, а сур.). Ол тізбек параметрлеріне азырақ әсер етуі үшін, кедергісі аз болуы тиіс. 10 А артық тоқтарды өлшеу кезінде кернеу түсуі 75 мВ құрайтын және амперметрге калибрленген сымдармен жалғанатын сыртқы шунты бар аспаптар пайдаланылады.



4.1-сурет. Өлшеу аспаптарын қосу схемалары:

а – амперметр; б – вольтметр

Тізбектің қандай да бір аумағындағы кернеуді өлшеу үшін вольтметрді осы аумаққа параллель қосады (4.1, б сур.). Тізбек параметрлері айтарлықтай өзгермеуі және тоқ тарамдалмаған бөлігінде артпауы үшін, вольтметр кедергісі үлкен болуы тиіс. Вольтметр кедергісі неғұрлым көп болса, құрал соғұрлым жақсы. Өлшеу шектерін кеңейту үшін вольтметрмен ретті түрде қосымша резисторды қосады.



4.2-сурет. Ваттметр қосу схемасы

Тұрақты және бір фазалы ауыспалы тоқ тізбектеріндегі қуатты өлшеу үшін электродинамикалық жүйенің ваттметрлерін пайдаланады. Электродинамикалық жүйенің ваттметрін қосу схемасы 4.2 суретінде ұсынылған. Ваттметрдің жылжымайтын (амперметрлік) орамын тізбекке ретті түрде, жылжымайтын орамын (вольтметрлік) – тұтынушыға параллель қосады. Осыған сәйкес ваттметрдің беткі бөлігіне екеуі I белгісімен (тоқ қысқыштары), басқа екеуі – U белгісімен (кернеу қысқыштары) белгіленген төрт қысқыш шығарылған. Екі қысқыш нүктемен белгіленген және генераторлық деп аталады.

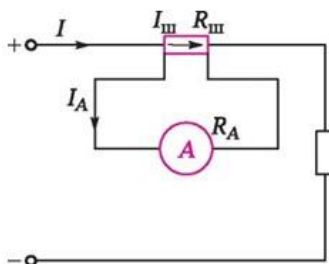
Мұндай схеманы алу үшін генераторлық қысқыштарды біріктіру және бір сымға қосу қажет. Генератор қысқыштары орам бастары болып табылады. Ваттметрді дұрыс қосу жағдайында нұсқар оң жаққа ауытқитын болады. Нұсқар ауытқуының бағытын өзгерту үшін, ваттметр орамдарының кез келгеніндегі тоқ бағытын өзгерту қажет.

4.6.

ШУНТТАР ЖӘНЕ ҚОСЫМША КЕДЕРГІЛЕР

Магнитті-электрлі аспап жақтауының өте кіші тоққа есептелген, жұқа сымнан орындалған катушкасы бар. Сондықтан магнитті-электрлі амперметрлер шамасы бірнеше ондаған миллиампер тоқ күшін өлшей алады.

Амперметрлердің өлшеу шектерін арттыру үшін тұрақты тоқ тізбектерінде шунт – аспапқа параллель қосылатын, кедергісі өте аз резистор қолданылады (4.3 сур.).



4.3-сурет. Шунт қосу схемасы

Токтардың I_A амперметр жақтауында және $I_{ш}$ шунтта таралуы олардың кедергілеріне кері пропорционал:

$$\frac{I_A}{I_{ш}} = \frac{R_{ш}}{R_A} \quad (4.1)$$

Өлшенетін тоқтар қосындысына

тең:

$$I = I_A + I_{ш} \quad (4.2)$$

(4.1), (4.2) формулаларынан шунттағы тоқты өрнектеп, алатынымыз:

$$I = I_A + \frac{R_A}{R_{ш}} I_A = I_A n.$$

n коэффициенті шунттау коэффициенті деп аталады. Ол өлшенетін тоқты алу үшін, амперметр көрсеткіштерін неше есе арттыру қажет екенін көрсетеді:

$$n = 1 + \frac{R_A}{R_{ш}}$$

Егер шунттау коэффициенті мен амперметр кедергісі белгілі болса, шунт кедергісін табу оңай:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1}.$$

4.2-мысал. Кедергісі 0,075 Ом, 1 А амперметрмен шамасы 25 А тоқты өлшеу үшін қажетті шунт кедергісін анықтау.

Ш е ш і м і. Шунттау коэффициентін анықтаймыз: $n = \frac{I}{I_A} = \frac{25}{1} = 25$. Енді шунт кедергісін табуға болады: $R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1} = \frac{0,075}{24} = 0,003125$ Ом. Бұл кедергі өте дәл сақталуы тиіс, қарсы жағдайда өлшеу кезінде үлкен қате пайда болады.

Шунт кедергісі өте аз резистор болып табылады, сондықтан шунтты үлкен кималы қысқа пластинка түрінде жасайды.

Манганин пластинкасының төрт қысқышы бар. Күш беретін қысқыштар өлшенетін тоқты қосу үшін қызмет етеді; потенциалды қысқыштарға өлшеу аспабын қосады. Мұндай құрылыс контактардың ауыспалы кедергісінің өлшеу дәлділігіне әсерін азайтады.

Егер вольтметрдің өлшеу шектерін кеңейту қажет болса, оған ретті түрде R_A қосымша кедергісін қосады. Ол аспаптан рұқсат етілген мәннен аспайтын тоқ өтуі үшін қажет:

$$R_A = R_V(m - 1),$$

мұндағы R_V – вольтметр кедергісі; m – өлшенетін кернеудің аспап есептелген кернеуден неше есе артық екенін көрсететін сан.

Ол келесі формула бойынша анықталады:

$$m = \frac{U}{U_V} = \frac{R_V + R_A}{R_V},$$

мұндағы U — өлшенетін кернеу; $U = I_V(R_V + R_A)$; U_V — вольтметр есептелген кернеу; $U_V = I_V R_V$.

Аспаптың маңызды сипаттамасы – аспаптың өзінде, шунтта немесе қосымша резисторда бөлінетін қуат болып табылады. Электриктер бұл қуатты аспаптың меншікті тұтынушысы деп атайды. Ол мүмкіндігінше аз болуы тиіс. Кейде өзгеше айтады: электр тізбегіне қосылған аспап оның жұмысымын режимін өзгертпеуі тиіс.

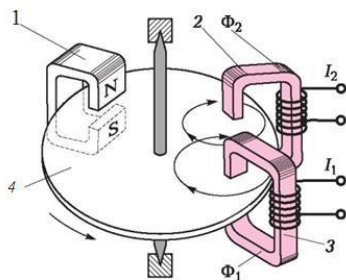
Магнитті-электрлі аспаптардың тұтынуы өте аз - ваттың жүзден және мыңнан бір бөліктерін құрайды, сондықтан, электротехникалық қондырғыларда бұл ереже әрқашан орындалады. Бірақ электронды қондырғыларда электрлі өлшеу аспабын қосу тоқтар мен кернеулер таралуын айтарлықтай өзгертуі мүмкін. Ол жағдайда меншікті тұтынуы өте аз электронлы вольтметрлерді пайдаланады.

4.7.

ЭНЕРГИЯНЫ ӨЛШЕУ. ЭЛЕКТР ЕСЕПТЕГІШІ

Электр есептегіші - ең кең таралған электр өлшеу құралы. Ол әрбір пәтерде, барлық мекемелерде, зауыттар мен фабрикаларда, яғни, барлық электр энергиясының тұтынушыларында орнатылған. Құрылымы бойынша есептегіш асинхронды қозғалтқышқа ұқсайды, алайда, есептегіштің магнитті өрісі айналмайды, түзу қозғалады – бұл «жүгірмелі» магнитті өріс.

Есептегіш тұтынушы тізбектен алатын энергияны есепке алуы тиіс болғандықтан, қандай да бір уақыт аралығындағы оның айналымдарының саны осы энергияға пропорционалды болуы тиіс, яғни, біз есептегіште оқитын көрсеткіштер, есептегіш жасаған айналымдар саны немесе осы санға пропорционалды шама болып табылады.



4.4-сурет. Индукциялық механизм:
 1 — тұрақты магнит; 2,3 — магниттік
 сымдар; 4 — алюминий дискі

Солайша, қозғалтқыштың айналдыру кезі тұтынушының қуатына пропорционалды болуы тиіс, сондықтан есептегіштің айналмалы өрісі біреуі тұтынушының кернеуіне, басқасы – оның тоғына пропорционалды екі магнитті ағынмен жасалады. Ол үшін орамдардың бірі тікелей желіге қосылады, басқасымен тұтынушының тоғы өткізіледі.

Индукциялық механизм (4.4 сур.) орамдары бар 2 және 3 жылжымайтын магнитті сымнан және оське бекітілген 4 жылжымалы алюминий дисктен тұрады. I_1 және I_2 синусоидалық тоқтарымен жасалатын Φ_1 және Φ_2 магнитті ағындары кеңістікте жылжытылған. Бұл жағдайларда дискте жүгірмелі магнитті өріс түзіледі, оның әсерімен диск айналымға келеді. Есептегіштің маңызды бөлшегі – өрісінде диск айналатын 1 тұрақты магнит болып табылады. Магнит тежегіш кезін тудыру үшін қызмет етеді.

Диск тұрақы магнит өрісіне қатысты айналатындықтан, онда шамасы диск жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым көп болатын тоқ ықпалдандырылады. Бұл тоқ әрқашан дискті тежеуге ұмтылатындай бағытталған. Нәтижесінде айналдыру кезі (ол тұтынушының қуатына пропорционалды) мен тежегіш кез (ол диск жылдамдығына пропорционалды) арасында тепе-теңдік орнайды. Демек, тұтынушы алатын қуат пен диск жылдамдығы арасында тікелей тәуелділік пайда болады.

Энергия қуатты уақытқа көбейтуге тең. Дәл солай диск жасаған айналымдар саны бұрыштық жылдамдықты уақытқа көбейтуге тең. Демек, есептегіш жасаған айналымдар саны тұтынушы алатын энергияға тура пропорционалды. Сондықтан энергия есептегіштерінде айналмалы диск – велосипедтерде жүрілген жолды есепке алу үшін қойылатындарға ұқсас есептеу

механизміне байланысты. Бұл есептеу механизмінің сандарын біз есептегіш терезесінен көреміз.

4.8. КЕДЕРГІНІ ӨЛШЕУ

Кедергіні амперметр мен вольтметр арқылы анықтау әдісі жанама болып табылады, себебі бұл жағдайда R_x белгісін кедергісін I кедергі арқылы өтетін тоқ және оның қысқаштарындағы U кернеу белгілі болса, Ом заңы арқылы табуға болады:

$$R_x = \frac{U}{I}.$$

Кедергіні бұл әдіспен өлшеу кезінде аспаптар екі тәсілмен қосыла алады, бұл ретте, екі жағдайда да сәйкес түзетулер енгізбесе, нәтижелер дәл болмайды.

Қарастырылған кедергіні өлшеу әдісі әрқашан ыңғайлы емес, себебі қосымша есептеуге уақыт шығынын қажет етеді. Одан басқа, ол аспаптардың ішкі кедергілерінің әсері себебінен жоғары емес дәлділікпен ерекшеленеді.

Кедергілерді өлшеу үшін кеңінен арнайы аспаптар – омметрлер пайдаланылады, олар магнитті-электрлі миллиамперметр мен арнайы өлшеу схемасының қиыстыруы болып табылады. Омметрдің негізді схемасы 4.5 суретінде келтірілген.

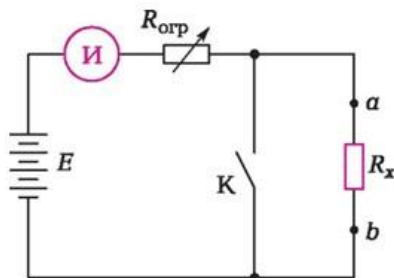
R_x резистивті элементін a және b клеммаларының арасында қосады. Өлшеу кезінде K кілті ажыратылған.

Ом заңының негізінде келесіні жазуға болады: $I = \frac{E}{R_{\text{іаd}} + R_x}.$

E және $R_{\text{отр}}$ тұрақты мәндерінде тізбектегі I тоғы тек R_x кедергісінен тәуелді, сондықтан тоқ өлшеуіш тікелей кедергі бірліктеріне – омдарға бөлінуі мүмкін.

4.5-сурет. Омметрдің принципіалдық схемасы:

E – гальваникалық элементтер батареясы; I – магнитті-электрлі жүйе тоғын өлшеуіш



Құрал шкаласы кері болып табылады: нөлдік бөлу оң жағында орналасқан; R_x кедергіні өсуі және I тоқтың азаюына қарай аспап нұсқары солға ауытқиды. $R_{огр}$ кедергі өлшеуішті асыра жүктеуден және омметрді нөлге орнатудан сақтау үшін қызмет етеді. Өлшеу алдында К кілтті тұйықтау ($R_x = 0$ орнату) және $R_{огр}$ аспаптың алдыңғы панеліне шығарылған тетікпен реттеп, өлшеуіш нұсқарын нөлге орнату қажет. Содан кейін К кілтті ажырату қажет. Егер аспап схемасында К кілтті қарастырылмаса, өлшеуішті нөлге орнатқан кезде, a және b қысқыштарын қалың сыммен қысқа тұйықтау қажет.

Омметрлер көрсеткіштері уақыт өте азаятын энергия көзінің ЭҚК мәніне байланысты, ол бұл аспаптардың айтарлықтай кемшілігі болып табылады. Энергия көзінің ЭҚК өзгерту кезінде U жұмыс кернеуі тұрақты болып қалуы үшін, омметрлерді арнайы қосымша кедергімен жабдықтайды, оның көмегімен өлшеу алдында аспап реттеледі (нөлді реттеу).

Тәжірибе жүзінде көрсеткіштері энергия көзінің ЭҚК тәуелсіз омметрлер қолданылады. Үлкен кедергілерді өлшеу үшін (кернеуі 1000 В дейінгі электр машиналарының, аппараттардың, аспаптар мен электр желісінің оқшаулауы кедергісін) магнитті-электрлі логометрi бар омметрлер – мегомметрлер – қарсы әрекет етуші кезді тудыруға арналған механикалық құрылғысы жоқ құралдар қолданылады. Магнитті-электрлі логометр бір осьте 90° бұрышпен бекітілген және бір бірімен қатты байланысқан екі катушкадан тұрады.

Ауыспалы ток тізбектерінде электромагниттік және электродинамикалық жүйелер логометрлері қолданылады. Электромагниттік жүйе логометрлерін жиілікті, сыйымдылықты, индукциялықты және басқа шамаларды өлшеу үшін пайдаланады. Электродинамикалық логометрлерді ауыспалы ток тізбектерінде әр түрлі шамаларды өлшеу үшін қолданады.

Тоқсызданған электр желісінің зақымдану сипатын жеке желілерді мегомметр арқылы тексеріп анықтауға болады. Егер сым үзілген болса, мегомметр оқшаулаудың өте жылдам кедергісін көрсетеді (шамамен 10^6 - 10^7 Ом). Желінің қысқа тұйықталуы жағдайында мегомметр көрсеткіштері нөлге жақын. Қалыпты желіде мегомметр жүктеме кедергісін тіркейді.

Оқшаулау сапасы оның электрлі кедергісі мен электрлі беріктігімен сипатталады. Желі оқшаулауының кедергісін өлшеу үшін жоғары кернеулі мегомметрлерді қолданады (шамамен 500 В және жоғары), ол оқшаулау кедергісін өлшеп қана қоймай, онымен

бір уақытта оның электрлі беріктігін тексеруге мүмкіндік береді.

Қандай да бір объектінің желі окшаулауын тексеруден бұрын желіні толық тоқсыздандыру, генераторларды, аккумуляторларды сөндіру, сымдар мен ашалық ағытпаларды электр желісі корпустан толық окшауланатындай етіп, барлық электр энергиясының тұтынушыларынан ажырату қажет. Мегомметрдің жоғары кернеуімен бұзуын болдырмау үшін, конденсаторларды да желіден ажырату дұрыс.

Өлшеудің көпірлік әдісін қарастырайық. Көпірлік схема бойынша орындалған және электрлі кедергілерді салыстыру әдісімен орындауға мүмкіндік беретін өлшеу құрылғысы (4.6 сур.) өлшеуіш көпір деп аталады. Тұрақты ток көпірлерінің түрлері: жеке (төрт иықты) және қосарланған (алты иықты), теңдестірілген, сондай-ақ, теңдестірілмеген. Көпірлер қолмен және автоматты басқарумен жасалады. Ең кеңінен қолданылатындары – жеке теңдестірілген көпірлер.

4.6 суретінде төрт иығы және екі диагоналі бар тұрақты ток жеке көпірінің электрлі схемасы келтірілген. Көпірдің бір иығына R_x өлшенетін кернеулі объект қосылады, ал басқа үш иығы кедергілері бар R_2 , R_3 және R_4 резисторлармен түзілген. Көпірдің бір диагоналіне (а және b түйіндерінің арасында) E_0 ЭҚК бар энергия көзі, басқасына (с және d түйіндері) – тізбекте көпір тепе-теңдігінің көрсеткіші қызметін атқаратын НИ нөлдік индикатор қосылады. Көпірдің с және d нүктелерінің потенциалдары өзара тең болған кезде, нөлдік индикатордағы $I_{НИ} = 0$ ток. Көпір бұл режимде тепе-теңдік күйінде, яғни, көпірдің тепе-теңдігінің белгісі – НИ көрсеткішінің нөлдік ауытқуы болып табылады. Бұл ретте келесідей қатынастар әділ болып табылады: $I_1 = I_2$; $I_3 = I_4$; $R_x I_1 = R_3 I_3$. Екі соңғы теңдікті мүшелеп бір біріне бөліп және тоқтар теңдігін есепке алып, келесіге келеміз:

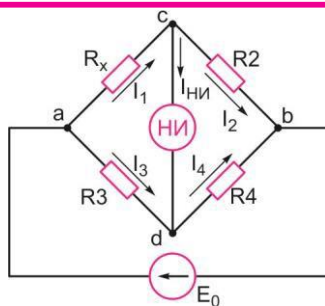
$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_4},$$

Осыдан көпір тепе-теңдігінің теңдігі:

$$R_x R_4 = R_2 R_3.$$

Теңдестірілген

көпірдің



4.6-сурет. Кедергіні көпірлік әдіспен өлшеу схемасы

карама-қарсы иықтарына енгізілген элементтер кедергілерінің көбейтіндісі бір біріне тең.

Иықтардағы резисторлар кедергілерін реттеу арқылы көпір тепе-теңдігіне қол жеткізіп, олардың мәндерін жазады және R_x кедергісінің ізделіп отырған мәнін есептейді:

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4}.$$

R_2 иығын теңдік иығы деп, ал R_3 және R_4 иықтарын – қатынас иықтары деп атайды.

Жеке көпір тек орта кедергілерді өлшеу үшін ғана қызмет етеді, шағын және үлкен кедергілерді онымен өлшеу ұсынылмайды. Көпірдің өлшеудің төменгі шегі (ом бірліктері) a_c иығына R_x өлшенетін объектісімен ретті түрде шарасыз қосылатын жалғастырғыш сымдар мен асыспалы контакттар кедергілерінің әсерімен шектелген. Көпір өлшеуінің жоғарғы шегі (10^5 Ом) кему тоқтарының шунттайтын әрекетімен шектелген.

Теңдестірілген көпірлермен қатар кедергілерді өлшеу үшін кедергілерді жылдамырақ өлшеуге мүмкіндік беретін теңдестірілмеген көпірлер кеңінен қолданылады (алайда, дәлділігі азырақ, себебі олардың көрсеткіштері энергия көзі кернеуінің тұрақтылығына байланысты). Бұл көпірлердегі өлшенетін кедергі мәнін тікелей аспап көрсеткіштері бойынша анықтайды. Теңдестірілмеген көпірлерде жиі өлшеу аспабы ретінде өлшеу дәлділігін жоғарылатуға мүмкіндік беретін магнитті-электрлі логометрлер пайдаланылады.

Көпірлерді теңдестіруді қолмен немесе автоматты орындауға болады. Көпірлерді автоматты теңдестіру өлшенетін кедергінің өзгеруін бақылау және оның мәнін басқару қажет жағдайларда қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрлі өлшеулер деген не?
2. Өлшеу құралдарының жүйелері мен дәлділік кластарын атаңыз.
3. Электр тізбегіне амперметр және вольтметр қалай қосылады?
4. Шунттардың және қосымша резисторлардың міндеті қандай?
5. Электрлі өлшеулердің негізгі әдістерін атаңыз.
6. Өлшеу аспаптарының негізгі дәлсіздіктерін атаңыз.

7. Ваттметрдің жылжымалы және жылжымайтын орамдары қалай қосылады?
8. Электродинамикалық ваттметрмен қандай қуатты өлшейді?
9. Электромагниттік жүйенің логометрі арқылы қандай шаманы өлшеуге болады?
10. Өлшеу аспаптары қайда қолданылады?
11. Өлшеу дәлділігі немен сипатталады?

ТРАНСФОРМАТОРЛАР

5.1. ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫҢ МІНДЕТІ

Электрлі машиналар электр энергиясын түрлендіру (трансформатор) үшін қызмет ететін, сондай-ақ, әр түрлі өнеркәсіптік және тұрмыстық механизмдерді әрекетке келтіру үшін қызмет ететін электротехникалық құрылғыларға жатады.

Негізгі түрлендіру құрылғысы трансформатор болып табылады.

Трансформатор деп екі немесе одан көп индукциялы байланысты орамы бар және электромагниттік индукция арқылы бір немесе бірнеше ауыспалы тоқ жүйелерін бір немесе бірнеше басқа ауыспалы тоқ жүйесіне түрлендіруге арналған статистикалық құрылғы аталады.

Трансформатор – қарапайым, сенімді және үнемді электрлі аппарат. Оның қозғалмалы бөліктері мен сырғымалы түйіспелік жалғаулары жоқ, оның ПӘК 99% жетеді.

Алғаш рет техникалық мақсаттар үшін трансформаторды орыс электротехнигі және өнертапқышы П. Н.Н.Яблочков 1876 жылы электр шамдарына қуат беру үшін қолданған.

П. Н.Н.Яблочков ұсынған трансформатор құрылымын дамыту мен жетілдіруге орыс инженері И. Усагин (1882 г.), ағылшындықтар Л. Голар мен Д. Гиббс (1885 г.), венгр инженерлері К. Циперновский, М. Дери және О. Блати (1885 г.) үлестерін қосты. Әсіресе кеңінен трансформаторлар М.О.Доливо-Добровольский электр энергиясын берудің үш фазалы жүйесін ұсынғаннан және бірінші үш фазалы трансформатор конструкциисы әзірленгеннен (1891 ж.) кейін қолданыла бастады. Трансформатор жасау үдерісі келесі бағыттармен сипатталады:

- Энергия жүйелері мен энергия блоктарының өсуіне байланысты трансформаторлардың шекті параметрлерін жоғарылатуды қамтамасыз ету;

- Белгілі қуаттылық және кернеу класындағы әрбір трансформаторда энергия жоғалту көлемін, салмағын төмендету.
Міндетіне сәйкес келесідей трансформаторлар бөлінеді:
- Күштік – электр қозғалтқыштары мен жарықтандыру желілеріне қуат беруге арналған;
- Арнайы – дәнекерлеу аппараттарын, электрлі пештер мен басқа ерекше мақсаттағы тұтынушыларға қуат беруге арналған;
- Өлшеуіш – өлшеу құралдарын қосуға арналған;
- Радиотехникалық – қуаты аз трансформаторлар және жоғары жиілікте жұмыс істейтін трансформаторлар.

Одан басқа, трансформаторлар орамдар санына байланысты (орындалуы бойынша) бір, екі және көп орамды болып бөлінеді:

- Бір орамдыларға бастапқы және қосымша орамдар арасында магниттік емес, электрлі де байланыс бар автотрансформаторлар жатады;
- Екі орамдылардың бір бірінен электрлі оқшауланған бір бастапқы және бір қосымша орамдары бар;
- Көп орамдылардың бір бастапқы және бірнеше қосымша электрлі байланыспаған орамдары бар.

Фазалар санына қарай трансформаторлар бір фазалы және көп фазалы (көбінесе, үш фазалы) болады, бұл ретте, бастапқы орам фазаларының саны энергия көзінің фазалар санымен, ал қосымша аумақ фазаларының саны – трансформатордың міндетімен анықталады.

Күштік трансформаторлар электр станцияларынан тұтынушыларға ауыспалы үш фазалы тоқта электр энергиясының берілуі мен бөлінуін қамтамасыз ететін, электроэнергетикалық жүйелердің негізгі электрлі жабдығы болып табылады. Трансформаторлардың көмегімен кернеу генераторлықтан жүйенің электр берілісі үшін қажетті мәндерге дейін жоғарылайды, сонымен қатар, кернеудің тікелей электр энергиясының қабылдағыштарында қолданылатын мәндерге дейін дүркінді сатылы төмендеуі іске асырылады.

Жоғарылату және төмендету аралық станцияларында екі немесе үш жеке ораммен үш фазалы немесе бір фазалы трансформаторлар тобы қолданылады.

Трансформатордың құрылымдық орындалуы оның міндеті мен қолдану облысына байланысты.

Трансформатор екі немесе бірнеше орам орналасқан тұйық магнитті сым орналасқан. Радиотехникалық схемаларда пайдаланылатын аз қуатты жоғары жиілікті трансформаторларда магнит өткізгіш қызметін ауа ортасы атқара алады.

Магнит өткізгіш магниттік жұмсақ материалдан – магниттелу ілмегі төмен трансформаторлық болаттан жасайды, ал құйынды тоққа жоғалтуларды азайту үшін магнит өткізгіш материалына оның электрлі кедергісін жоғарылатырын кремний қоспасын енгізеді. Магнит өткізгішті қалыңдығы 0,35...0,50 мм, бір бірінен жылуға төзімді лакпен немесе арнайы қағазбен оқшауланған электротехникалық болаттың жеке табақтарынан жинайды. Мұндай құрылым құйынды тоқтарды айтарлықтай бәсеңдетуге және соңыңға ПЭК арттыруға мүмкіндік береді.

Өзекті және құрышты түрлі трансформаторлар болады. Бұғау деп аталатын магнит өткізгіштің жоғарғы бөлігін саптамадан кейін катушкалар (орамдар) өзегіне бекітеді. Өзектер мен бұғауды жіктерінде ауа өткізетін тесіктерді болдырмау үшін, тікелей өте тығыз жалғайды.

Аз қуатты трансформаторларда кеңінен сақиналы магнит өткізгіштер пайдаланылады. Мұндай магнит өткізгіштерде ауа саңылауы жоқ, сондықтан таралудың магнитті ағыны аз.

Трансформаторлар орамдарын мыс немесе алюминий сымнан жасайды және бір немесе бірнеше өзекте бір бірінің жанында немесе бірінің астына бірін орналастырады. Соңғы жағдайда өзекке тікелей төмен кернеу орамы жанасады, ал оның үстінен жоғары кернеу орамы орналастырылады.

Орамдар металлы ұзақ уақыт ішінде өзгертуге ұшырамаған. Электролиздік болаттың төмен үлесті электр кедергісі, өңдеудің (ораудың, дәнекерлеудің) қарапайымдылығы, тоттануға қатысты қанағаттанарлық төзімділік және жеткілікті механикалық беріктігі оны бір қатар он жылдықтар ішінде трансформаторлар орамдары үшін жалғыз материал етті. Осыған қарамастан, мыс кендерінің салыстырмалы аз әлемдік табиғи қоры мысты басқа металдармен алмастыру жолдарын іздеуге итермеледі, ең алдымен, табиғатта кеңірек таралған алюминиймен.

Қазіргі уақытта қуаттылығы қоса алғанда 16000 кВ • А дейін жалпы мақсаттағы трансформаторлардың барлық жаңа сериялары алюминий орамлармен жобаланады.

Трансформатор қалқанында оның номинал – ең жоғары және ең төмен мәндері көрсетіледі. Одан басқа, қалқанда оның толық номинал қуаты, толық номинал қуаттағы тоқтар, жиілік, фазалар саны, қосылу схемасы, жұмыс режимі және салқындату тәсілі көрсетілуі тиіс.

Қуат беру желісінің кернеуі бұралатын трансформатор орамын бастапқы, ал жүктеме қосылатын орамды – қосалқы деп атайды. Білікте айналымдарының саны әр түрлі бірнеше қосалқы орамдар орналастырылуы мүмкін, ол мәні әр түрлі қосалқы кернеулерді алуға мүмкіндік береді.

Трансформатор орамдардағы тоқтар есебінен жұмыс істеген кезде, сонымен қатар, магнит өткізгіш пен құйынды тоқтардың қайта магниттелуі салдарынан жылу бөлінеді. Ауамен салқындату жеткілікті, қуаты аз трансформаторлар құрғақ (С) деп аталады. Олар жабық жайларда орнату үшін 1 600 кВ • А (қоса алғанда) дейінгің қуаттылықпен жасалады.

Қуатты трансформаторларда (6300 кВ • А дейін) маймен салқындату (М) қолданылады; орамдары бар магнит өткізгіш минералды (трансформаторлық) майға толтырылған бакта орналастырылады. Май конвекция немесе мәжбүрлі айналу есебінен жылуды бұрып қана қоймай, жақсы бейөткізгіш (оқшаулағыш) болып табылады. Май трансформаторлары жұмыста сенімді және қуаты бірдей құрғақ трансформаторлармен салыстырғанда көлемі мен салмағы азырақ болады. Температура өзгерген кезде май көлемі өзгереді. Температура жоғарылаған кезде май артығын кеңейткіш жұтады, ал май төмендеген кезде олар кеңейткіштен қайта негізгі бак ішіне қайтады.

Трансформатор қуаты 10000 кВ • А және артық болған кезде ауа үрлеумен (Д) маймен салқындату қолданылады. Радиаторлар беттерін үрлеу жылу берілісін 50% және артық ұлғайтуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта трансформаторлар желдеткіштер арқылы үрлеп салқындату жүйесімен жабдықталады.

Мәжбүрлі айналумен (Ц) маймен салқындату жылуды бұруды айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Май трансформаторының бағына ыстық майды ауа немесе су салқындатқышы арқылы өткізетін ортадан тепкіш сорғыны қосады. Қуаты 63 МВ • А және

артық трансформаторларда екі салқындату жүйесі (ДЦ) пайдаланылады.

Сұйық жанғыш емес бейөткізгіш совтолмен салқындатуы бар трансформаторлар (Н) қуаты 2 500 кВ • Адейін (қоса алғанда) жасалады.

Трансформаторлар түрлерінің шартты белгіленуі келесіні білдіретін әріптерден тұрады: Алғашқы әріптері: О — бір фазалы; Т — үш фазалы. Соңғы әріптері: Н — жүктемедегі кернеуді реттеу құрылғысы бар бір орамды орындау (РПН); Р — төмен кернеулі жарылған орамы бар трансформатор; Т — үш орамды трансформатор; М, Д, ДЦ, С — трансформаторлардық салқындату жүйесі.

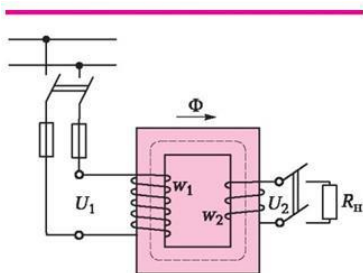
Трансформаторды желіге қосудың маңызды параметрлері оның орамдарының тобы және қосу схемасы болып табылады. Электрлі станцияларда және аралық станцияларда ең кеңінен екі орамды трансформаторлардың келесідей схемалары мен қосылу схемалары таралды: Y/Y_n — 12шығарылған бейтараптамасымен «жұлдыз»-«жұлдыз»; «жұлдыз»-«үшбұрыш» Y/Δ — 11; шығарылған бейтараптамасы бар «жұлдыз»-«үшбұрыш» Y_n/Δ — 11.

Үш орамды трансформаторларда жиі шығарылған бейтараптамалармен «жұлдыз»-«жұлдыз» - «үшбұрыш» $Y/Y_n/\Delta$ — 11, 12 қосылулары қолданылады.

5.3. БІР ФАЗАЛЫ ТРАНСФОРМАТОРДЫҢ ӘРЕКЕТ ЕТУ ПРИНЦИПІ. ТРАНСФОРМАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТІ

Трансформатор жұмысы электромагниттік индукция заңының салдары болып табылатын өзара индукция құбылысына негізделген.

Ток пен кернеу трансформациясы үдерісін толығырақ қарастырайық.



5.1-сурет. Бір фазалы трансформатордың принципалдық схемасы

Трансформатордың бастапқы орамын кернеуі U_1 ауыспалы ток желісіне қосқан кезде орам бойынша білдікте ауыспалы магнитті ағын тудыратын I_1 тоғы өте бастайды (5.1 суреті). Магнитті ағын қосымша орам айналымдарынан өтіп, онда жүктемеге қуат беру үшін пайдалануға болатын Е. ЭҚК ықпалдандырады.

Трансформатордың бастапқы және қосымша орамдарынан бір Φ магнитті ағынын өтетіндіктен, орамда ықпалдандырылатын ЭҚК өрнегін келесі түрде жазуға болады:

$$E_1 = 4,44f w_1 \Phi; E_2 = 4,44f w_2 \Phi$$

мұндағы f — ауыспалы ток жиілігі; w_1, w_2 — орамдардағы айналымдар саны.

Бір теңдікті басқасына бөліп, алатынымыз:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} = k.$$

Трансформатор орамдарының айналымдар санының қатынасы к трансформация коэффициенті деп аталады.

Егер қосымша орам тізбегі ажыратылған болса (бос жүріс режимі), орам қысқыштарындағы кернеу оның ЭҚК тең: $U_2 = E_2$, ал энергия көзінің кернеуі бастапқы орам ЭҚК толық дерлік теңдестіріледі: $U_j \approx E_j$. Яғни,

$$k = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{U_1}{U_2} . \text{ деп жазуға болады.}$$

Солайша, трансформация коэффициенті жүктелмеген трансформатор кірісі мен шығысындағы кернеу өлшеулерінің негізінде анықталуы мүмкін. Жүктелген трансформатор орамдарындағы кернеу қатынасы оның төлқұжатында көрсетіледі.

Трансформатордың жоғары ПӘК есепке алумен,

$$S_1 \approx S_2$$

деп жорамалдауға болады, мұндағы S_1 — желітен тұтынатын қуат, $S_1 = U_1 I_1$; S_2 — жүктемеге берілетін қуат, $S_2 = U_2 I_2$.

$$\text{Осылайша, } U_1 I_1 \approx U_2 I_2, \text{ бұл жерден } \frac{I_2}{I_1} \approx \frac{U_1}{U_2} = k. .$$

Бастапқы және қосымша орам тоқтарының қатынасы жуық шамамен к трансформация коэффициентіне тең, сондықтан I_1 тоғы U_1 азайған (артқан) есеге артады (азаяды).

Трансформация коэффициенті бірден үлкен, сондай-ақ, аз болуы мүмкін.

Егер энергия көзінің кернеуін жоғарылату қажет болса, қосымша орам айналымдарының санын бастапқы орам айналымдарының санынан артық қылады ($w_2 > w_1$). Мұндай

трансформатор жоғарылатушы деп аталады. Егер энергия көзінің кернеуін төмендету қажет болса, қосымша орам айналымдарының санын бастапқы орам айналымдарының санынан аз қылады ($w_2 < w_1$). Мұндай трансформатор төмендетуші деп аталады. Егер қосымша кернеудің бірнеше әр түрлі мәні қажет болса, сол магнит өткізгішке әр түрлі айналымдар саны бар бірнеше қосымша орам орайды.

Солайша, трансформатордың бастапқы орамын ауыспалы ток көзіне қосу кезінде, қосымша орам қысқыштарында E_2 ЭҚК ауыспалысы ықпалдандырылады және қосымша орам қандай да бір электр қабылдағышты қосуға болатын энергия көзіне айналады.

51 -мысал. Трансформатор жиілігі 400 Гц ауыспалы кернеу желісіне қосылған, ал магнит өткізгіште $\Phi = 1,25 \cdot 10^{-4}$ Вб магнитті ағын тудырылатын болса, трансформатордың бастапқы орамының ЭҚК табу.

Ш е ш і м і. Бастапқы орамда ықпалдандырылатын ЭҚК $E_1 = 4,44M\Phi = 4,44 \cdot 400 \cdot 1000 \cdot 1,25 \cdot 10^{-4} = 222$ В формуласы бойынша анықталады.

52 -мысал. Трансформатор кернеуі 220 В, жиілігі 50 Гц ауыспалы ток желісіне қосылған. Магнит өткізгіштің белсенді қимасы $4,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, ондағы магнитті индукция - 1,5 Тл, ал қосымша орам айналымдарының саны 52 болса, трансформация коэффициентін анықтау.

Ш е ш і м і. Магнит өткізгіштегі ең үлкен магнит ағынын анықтаймыз $\Phi = BS = 1,5 \cdot 4,4 \cdot 10^{-3} = 6,6 \cdot 10^{-3}$ Вб. Содан кейін трансформатордың қосымша орамының ЭҚК анықтаймыз $E_2 = 4,44/w_2\Phi = 4,44 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 6,6 \cdot 10^{-3} = 73,26$ В. Трансформация коэффициентінің формуласын біле отырып, $K = E_1/E_2 = 220:73,26 = 3$ анықтауға болады.

53 -мысал. Трансформатордың бастапқы орамының кернеуі 6,3 кВ тең. Бос жүріс режимінде қосымша орамның сырта шығарылған өткізгіштеріндегі кернеу 400 В құраса, трансформация коэффициентін анықтау. Қосымша орам айналымдарының саны 150 тең болса, бастапқы орам айналымдарының санын табу.

Ш е ш і м і. Трансформация коэффициентінің формуласын біле отырып, $K = U_1/U_2 = 6,3 \cdot 1000:400 = 15,75$ анықтауға болады. Трансформация коэффициентінің формуласынан бастапқы орам айналымдарының санын анықтауға болады $K = w_1/w_2$. Анықтаймыз $w_1 = Kw_2 = 15,75 \cdot 150 = 2362$.

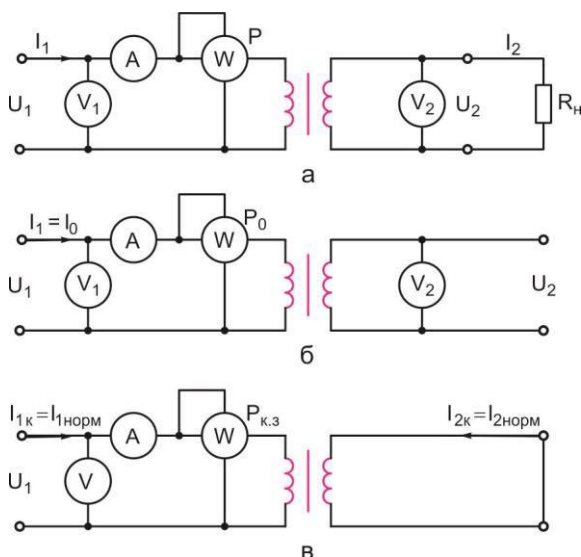
Кернеуді түрлендіру үдерісінде трансформаторда орамдар мен магнит өткізгіште жылуға түрленетін, электр энергиясын жоғалту орын алады.

Жүктеме тоғы мен энергия көзінің кернеуі неғұрлым артық болса, трансформатор орамдары мен магнит өткізгіші соғұрлым көп қызиды. Орамдардың шамадан артық қызуы оқшаулауды ескертуі және бұзуы, айналым арасында қысқа тұйықталуға әкелуі және трансформаторды істен шығаруы мүмкін. Сондықтан жүктемедегі күштік трансформатордың ұзақ уақытта жұмысын қамтамасыз ету үшін, өндіруші зауыт төлқұжаттық мәлімет деп аталатын параметрлерді белгілейді: толық қуат $S_{\text{ном}}$, трансформация коэффициенті k , кернеу $U_{1\text{ном}}$ және $U_{2\text{ном}}$, қысқа тұйықталу кернеуі $U_{\text{кз}}$, тоқтар $I_{1\text{ном}}$ және $I_{2\text{ном}}$, бос жүріс тоғы I_{xx} , жиілік $f_{\text{ном}}$, жұмыс режимі (ұзақ немесе қысқа уақытта), магнит өткізгіш болатындағы $R_{\text{м.ном}}$ және орамдардағы $R_{\text{о.ном}}$ жоғалту және басқалар.

Ұзақ пайдалану барысында, әсіресе, тоқ жағынан асыра жүктеу кезінде, бастапқы кернеу мен жиілік ауытқуларында, жоғары ылғалдылық пен қоршаған орта температурасында, оқшаулау қасиеттері нашарлайды, энергия жоғалту артады. Сондықтан орамдардағы энергия жоғалтуды сипаттайтын $U_{\text{кз}}$ және I_{xx} тәрізді трансформатордың негізгі параметрлерін, магнит өткізгіш болатының оқшаулауын мерзімді түрде тексеріп отыру қажет. Бұл мақсатта екі тәжірибе өткізіледі: бос жүрыс тәжірибесі және қысқа тұйықталу тәжірибесі.

Трансформатордың жұмыс режимі (5.2, а сур.) – қосымша орамға қандай да бір жүктеме (электр энергиясын қабылдағыш) қосылған режим. Бастапқы орам желіні қамтиды және тұтыну режимінде жұмыс істейді, ал қосымша орам генератор режимінде жұмыс істейді.

Жүктемені қосымша орамға қосу кезінде негізгі магнитті ағынның ЭҚК әсерімен онда I_2 ауыспалы электр тоғы, ал бастапқы орамда – I_1 тоғы өтеді.



5.2-сурет. Бір фазалы трансформатордың қосылу схемасы

a — жұмыс режимі; *б* — бос жүріс режимі; *в* — қысқа тұйықталу режимі

Трансформатордың бастапқы және қосымша орамдары электрлі байланысты емес. Алайда бұл орамдар арасындағы магнитті байланыстың әсерімен I_2 қосымша орамдағы ток өзгеруі бастапқы орамдағы I_1 тоқтың сәйкес өзгеруін тудырады. Қосымша орамда ток азайған кезде бастапқы орамдағы ток та азаяды.

Бастапқы және қосымша орамдар бойынша жүктеме кезінде саны жағынан тең емес тоқтар өтеді. Егер трансформатордағы қуат жоғалтуларын елемесе, трансформаторлар $U_2 I_2$ энергия қабылдағышына беретін қуат — $U_1 I_1$ энергия көзінің желісінен тұтынатын қуатқа тең, яғни, $U_2 I_2 = U_1 I_1$.

Трансформатордың бастапқы орамының кедергісінде кернеудің түсуін елемеумен, оның кез келген жүктемесінде U_1 келтірілген кернеудің және бұл кернеуді теңдестіретін бастапқы орам ЖҚК абсолютті мәндерінің жуық шамалы теңдігіне жол беруге болады: $U_1 = E_1$. Бұл теңдік негізінде мәні бойынша өзгермейтін U_1 келтірілген кернеуде трансформатордың кез келген жүктемесінде оның бастапқы орамында ықпалдандырылатын E_1 ЭҚК өзгеріссіз дерлік болатынын айтуға болады. E_1 ЭҚК Φ магнитті ағынына байланысты болғандықтан, трансформатордың магнит өткізгішіндегі магнитті ағын да жүктеменің кез келген өзгеруінде

өзгеріссіз дерлік болады. Солайша, келтірілген кернеудің өзгеріссіз болуында трансформатор өзегіндегі магнитті ағын амплитудасы жүктеменің кез келген өзгеруінде өзгеріссіз дерлік болады.

Трансформатор жүктемесінде қосымша орамда өтетін I_2 ток Ленц заңына сәйкес өзектегі магнитті ағынға бағытталған және оны азайтуға ұмтылатын өз магнитті ағынын тудырады. Өзектегі нәтиже беруші магнитті ағын өзгеріссіз қалуы үшін, қосымша орамның қарсы магнитті ағыны бастапқы орамның магнитті ағынымен теңдестірілуі тиіс.

Демек, қосымша орам тоғы ұлғайған кезде, бұл орамның магнитсіздендіретін магнитті ағыны өседі және бір уақытта I_1 бастапқы орам тоғы, сондай-ақ, осы ток тудыратын магнитті ағын артады. Бастапқы орамның магнитті ағыны қосымша орамның магнитсіздендіретін ағынын теңдестіретіндіктен, өзектегі нәтиже беруші магнитті ағын өзгеріссіз қалады.

Төмендетуші трансформаторда U_1 бастапқы орам кернеуі U_2 қосымша орам кернеуінен к есе артық. Демек, I_2 қосымша орам тоғы I_1 бастапқы орам тоғынан сондай к есе артық. Жоғарылатушы трансформаторда оның орамдарының кернеуі мен олардағы тоқтар арасында кері қатынас бар.

Солайша, кернеуі жоғары орамдағы ток кернеуі төмен орамға қарағанда азырақ болады. Жоғары кернеулі орамның айналымдар саны көбірек және кернеуі азырақ орамға қарағанда, көлденең қимасы азырақ сымнан оралады.

Трансформатор жүктемемен жұмыс істеген кезде оның бастапқы және қосымша орамдарынан таралу ағындарын тудыратын тоқтар өтеді. Бұл магнитті ағындар тек тоғымен тудырылатын орам айналымдарымен ғана ілініскен және әрқашан трансформатордың магнит өткізгіші бойынша тұйықталатын Φ негізгі магнитті ағынынан аз болады, себебі таралу ағындары көбінесе магнитті емес ортада өтеді. Таралу ағындары ЭҚК орамдарында аз дәрежеде трансформатор жүктемесі өзгерген кезде оның қосымша орамының кернеуін өзгертетін таралуларды ықпалдандырады.

Әрбір жұмыс кернеуіне жеке трансформатор орнатпау үшін, бір трансформаторда айналымдар саны әр түрлі бірнеше қосымша орам орындау мақсатқа лайықты. Мұндай трансформаторлар көп орамды деп аталады. Олар кеңінен радиоқабылдағыштарда, теледидарларда, күшейткіштерде және қуат үшін әр түрлі ауыспалы кернеулерді қажет ететін басқа аппаратурада қолданылады.

Кез келген қосымша орамдағы тоқтың өзгеруі бастапқы орам тоғының сәйкес өзгеруін тудырады. Бұл ретте трансформатордың барлық қосымша орамдарының кернеулері өзгереді, яғни, кез келген қосымша орам кернеуі осы орамдағы, сондай-ақ, трансформатордың кез келген басқа қосымша орамындағы тоқтан тәуелді.

Трансформатордың бос жүріс режимінде (5.2, б сур.) қосымша орам ажыратылған және бұл орамнан тоқ өтпейді. Бастапқы орамда бұл ретте трансформатордың номинал жүктемесінде осы орам тоғынан айтарлықтай аз болатын I_0 бос жүріс тоғы өтеді. Бос жүрістің магнит қозғаушы күші (МҚК) магнит өткізгіш бойынша тұйықталатын және ЭҚК бастапқы және қосымша орамдарында ықпалдандырылатын ауыспалы магнитті тоқты қоздырады.

Қандай да бір айналымнан өтетін магнитті ағынның кез келген өзгеруі кезінде, бұл айналымда магнитті ағынның уақыт бойынша өзгеруіне шамасы бойынша тең және таңбасы бойынша кері ЭҚК ықпалдандырылады. «-» таңбасы ЭҚК оның әсерімен айналымнан өтетін тоқ негізгі магнитті ағынның өзгеруіне кедергі жасайтын магнитті ағын тудыратын бағытын өзгертеді.

Трансформатор орамдарының айналымдар саны әдетте көп болады: бірінші — w_1 , екінші — w_2 . Екі орамның әрбір айналымдарында бірдей ЭҚК ықпалдандырылады, себебі осы орамдардың барлық айналымдары бір магнитті ағынмен ілініскен. Сондықтан әрбір орамның ЭҚК барлық айналымдар ЭҚК қосындысына тең.

Магнит өткізгіштегі магнитті ағын трансформатордың бастапқы орамы кернеуі синусоидалық желіге қосылған болса, тәжірибе жүзінде уақыт ішінде синусоидалық өзгереді:

$$\Phi = \Phi \sin \omega t.$$

Уақыт ішінде өзгертін магнитті ағын трансформатордың бастапқы және қосымша орамдарындағы өзгертін ЭҚК да ықпалдандырады. Бұл ЭҚК магнитті ағын неғұрлым жылдам өзгерсе, соғұрлым артық болады.

Қосымша орамда бос жүрісте тоқ болмағандықтан, бұл орам қысқыштарындағы кернеу ЭҚК тең, яғни, $U_2 = E_2$.

Бастапқы орамда I_0 шағын бос жүріс тоғы өтеді және бұл орам кернеуі ЭҚК айтарлықтай ерекшеленбейді, яғни, $U_1 \approx E_1$.

Солайша, егер трансформатордағы бастапқы және қосымша орамдардың айналымдар саны әр түрлі болса, бастапқы орамды U кернеуі бар ауыспалы тоқ желісіне қосқан кезде, қосымша орам

қысқыштарында U_1 кернеуіне тең емес U_2 кернеуі пайда болады.

Осы тәжірибенің негізінде өлшеу аспаптарының көрсеткіштері бойынша трансформация коэффициентін және трансформатордың магнит өткізгішіндегі жоғалтулар қуатын анықтайды. Бос жүріс тәжірибесі дайын трансформаторды зауыттық сынау кезінде екі міндетті бақылау тәжірибесінің бірі болып табылады.

Трансформатордың қысқа тұйықталу режимі (5.2, в сур.) деп қосымша орамның сыртқа шығарулары тоқ өткізгішпен нөлге тең ($Z_H = 0$) кедергімен тұйықталған режим аталады. Пайдалану жағдайларындағы трансформатордың қысқа тұйықталуы апарттық режим тудырады, себебі қосымша тоқ, демек, бастапқы да номиналмен салыстырғанда бірнеше ондаған есе артады. Сондықтан трансформаторлары бар тізбектерде қысқа тұйықталу кезінде автоматты түрде трансформаторды сөндіретін қорғау қарастырылады.

Зертханалық жағдайларда қосымша орам қысқыштары қысқа тұйықталатын, ал бастапқы орамға бастапқы орамдағы тоқ номинал мәннен аспайтын ($I < I_{ном}$) U кернеуін келтіретін, трансформатордың қысқа снақ тұйықталуын өткізуге болады. Бұл ретте пайызбен белгіленген $I = I_{ном}$ болатын U кернеуді $U_{кз}$ деп белгілейді және трансформатордың қысқа тұйықталуының кернеуі деп атайды. Трансформатордың бұл сипаты төлқұжатта көрсетіледі. Трансформатордың қысқа тұйықталуының кернеуі трансформатор орамдарының жоғары кернеуіне байланысты.

Мұндай тәжірибе трансформаторлардың маңызды параметрлерін: сымдардағы жоғалтулар қуатын, кернеудің ішкі түсуін және т.б. анықтау үшін қызмет етеді. Қысқа тұйықталу тәжірибесі, бос жүріс тәжірибесіндей, зауыттық сынаулар кезінде міндетті болып табылады.

Трансформаторлары бар электр тізбектерін есептеу бастапқы және қосымша орам тізбектерінің электр байланысы болмауымен шиеленіседі. Мұндай байланысты трансформатор параметрлерін екі орамдағы негізгі магнитті орам ЭҚК бірдей болатындай етіп түрлендірген жағдайда тудыруға болады. Бұл жағдайда оларды тізбектің бір ортақ элементі ретінде ұсынуға болады.

Трансформатордың пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) деп P_2 трансформатордың пайдалы қуатының P_1 электр энергиясы көзінің желісінен тұтынатын қуатқа қатынасы аталады:

$$\eta = P_2/P_1$$

Трансформаторлардың ПӘК мәні жоғары (орта және үлкен қуатты - 95...99,8%, аз қуатты - 70... 90%), сондықтан оларды P_1 және P_2 қуаттарын тікелей өлшеу арқылы дәлділіктің жеткілікті дәрежесімен анықтау мүмкін емес, себебі осы қуаттардың пайыздық айырмасы әдетте өлшеу үшін пайдаланылатын аспаптардың дәлсіздігімен салыстырыла алады. Сол себепті тәжірибе жүзінде трансформатордың ПӘК анықтаудың тікелей әдістері қолданылмайды дерлік. Жиі трансформатордың ПӘК бос жүріс және қысқа тұйықталу тәжірибелерінің мәліметтерін пайдаланумен, жанама әдіспен анықтайды, ол жоғары дәлділікпен нәтиже алуға мүмкіндік береді.

P_1 тұтынылатын қуат әрқашан P_2 пайдалы қуаттан үлкен болады, себебі трансформатор жұмысында ол түрлендіретін энергия жоғалады. Трансформатордағы жоғалтулар $P_{ст}$ магнит өткізгіш болатынағы жоғалтудан және $P_{обм}$ орамдардағы жоғалтудан түзіледі.

Солайша, трансформатор тұтынатын қуатты келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$P_1 = P_2 + P_{ст} + P_{обм}$$

Трансформатордың пайдалы қуатын келесі жолмен анықтайды:

бір фазалы трансформатор үшін —

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 .$$

үш фазалы трансформатор үшін —

$$P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 .$$

Демек, ПӘК келесідей анықтауға болады:

бір фазалы трансформатор үшін —

$$\eta = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_{н0} + D_{iai}} ;$$

Үш фазалы трансформатор үшін —

$$\eta = \frac{\sqrt{3}U_2 I_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{3}U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_{\text{н0}} + D_{\text{іai}}}.$$

Трансформатордың ең үлкен ПӘК болаттағы жоғалтулар орамдағы жоғалтуларға тең болаиын жүктемеде болады.

P_{cm} магнит өткізгіш болатындағы жоғалтулар өзек орындалған болат маркасына, желі тоғының жиілігіне және магнит өткізгіштегі магнитті индукцияға байланысты. Желі тоғының жиілігі мен магнитті индукция трансформатор жұмысы кезінде өзгеріссіз қалатындықтан, болаттағы жоғалтулар жүктемеден тәуелді емес және тұрақты болып қалады.

Құйынды тоқтар мен гистерезистен болаттағы жоғалтуларды азайту үшін, трансформаторлар өзектерін магниттік жұмсақ материалдан – құрамында 5% дейін кремний бар жұқа табақты электротехникалық болаттан жасайды. Бұл ретте магнит өткізгішті шихталанған етіп, екі жағынан жұқа лак үлдірмен оқшауланған жұқа пластиналардан жасалған пакеттер түрінде жасайды.

Мыстағы жоғалтуды азайту үшін, мыс орам сымының қималарын белгілі шекке дейін арттырып, орамдардың белсенді кедергілерін азайтады.

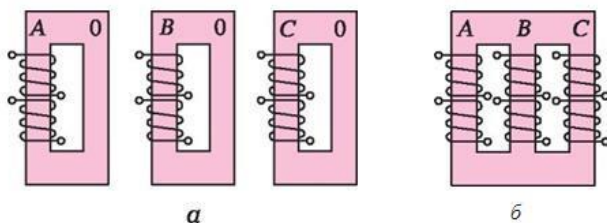
$\cos \varphi_2$ белгілеп, трансформатордың кез келген жүктемесіндегі ПӘК анықтайды.

Заманауи трансформаторлар ПӘК максимумы номинал мәннің шамамен жартысына тең жүктемеде жеткізілетіндей етіп есептеледі.

5.7. ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫҢ ТҮРЛЕРІ

Үш фазалы күштік трансформатор. Симметриялы жүктеме жағдайында, бір фазалы трансформаторлардың барлық параметрлерін үш фазалы трансформатордың әрбір фазасына жатқызуға болады.

Үш фазалы тоқтар жүйесін трансформациялау үшін, трансформатор тобын – бір агрегат ретінде қызмет ететін үш бір фазалы трансформаторды пайдалануға болады. Алайда, үш бір фазалы трансформаторды бір үш фазалы аппаратқа біріктіру және бұл ретте материалдарды үнемдеуге болады. Үш фазалы трансформатордың негізгі элементтерін қарастырайық (5.3 сур.). Трансформатордың магнит сымының әрбіреуінде сәйкес фазаның бастапқы және қосымша орамдары орналастырылған үш өзегі бар. Трансформаторды электр беру желісіне қосу үшін, бак қақпағында ішінде мыс өзектер өтетін фарфор оқшаулағыштар түріндегі енгізулер бар. Жоғары кернеу енгізулерін А, В, С әріптерімен, төмен кернеу енгізулерін – а, в, с әріптерімен белгілейді.



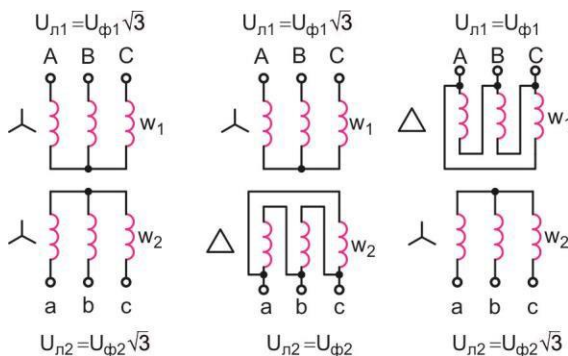
5.3-сурет. Үш фазалы трансформатордың схемасы:

а – үш бір фазалы трансформатор; б – үш фазалы өзекті трансформатор

Трансформатордың әрбір фазасының жоғары (ВН) және төмен (НН) кернеу орамдарын өзекте шоғырлас, бірінің үстіне бірі орналастырады. Әдетте өзекке жақын НН орамын орналастырады.

Үш фазалы трансформатордың жұмыс принципі мен электромагниттік үдерістер бұрын қарастырылғандарға ұқсас. Үш фазалы трансформатордың ерекшелігі – желілік кернеулердің трансформация коэффициентінің орамдарды жалғау тәсілінен тәуелділігі болып табылады.

Үш фазалы трансформатор орамдары «жұлдыз» немесе «үшбұрыш» схемасы бойынша қосылады (5.4 сур.); бұл ретте орамдарды қосу схемалары бөлшекпен белгіленеді (алымында жоғары кернеулі орамдарды жалғау схемасы, бөлімінде – төмен кернеулі орамдарды жалғау схемасы көрсетіледі). Үш фазалы трансформатордың екі орамын «жұлдыз» схемасы бойынша қосу – ең қарапайым және арзан, қуаты аз және орташа трансформаторлар үшін қолданылады. Бұл қосылу жоғары кернеулерде ең дұрыс, себебі мұндай схемада орамдар оқшаулауы тек фазалық кернеуге есептеледі. Неғұрлым кернеу жоғары және тоқ аз болса, «үшбұрыш» схемасы бойынша қосу соғұрлым қымбат. Орамдарды «үшбұрыш» схемасы бойынша қосу үлкен тоқтарда құрылымдық тұрғыдан орынды.



5.4-сурет. Үш фазалы трансформатор орамдарын қосутәсілдері

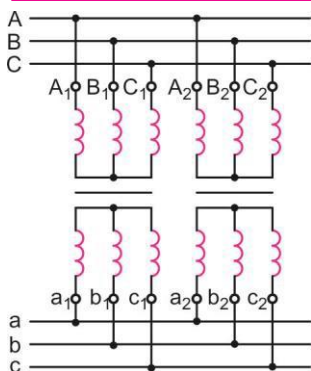
Трансформаторлық аралық станцияларда үш фазалы трансформаторларды бастапқы желіге және ортақ тұтынушыға параллель қосу пайдаланыла алады (5.5 сур.).

Автотрансформаторлар. Бір қатар жағдайларда, трансформатор арқылы электр энергиясын беру кезінде номинал кернеулерінің қатынасы 2 аспайтын электр тізбектерін қосу қажет, мысалы, 110 және 220 кВ жоғары кернеу тізбектері. Мұндай жағдайларда трансформатор орнына автотрансформаторды қолдану мақсатқа лайықты, себебі оның ПӘК жоғары, ал өлшемдері номинал қуаты сондай трансформаторға қарағанда кіші.

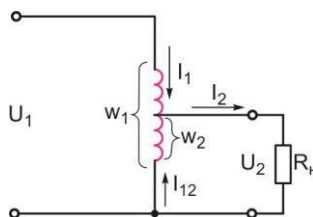
Автотрансформатор (5.6 сур.) трансформатордан тек бір орамның – жоғары кернеу орамының болуымен ерекшеленеді, ал төмен кернеу орамы ретінде оның бөлігі қызмет етеді, сондықтан, магнитті байланыстан басқа бастапқы және қосымша тізбектер арасында электрлі байланыс бар. Автотрансформатордың жоғары кернеу орамы аппараттың бастапқы немесе қосымша орамы болуы мүмкін.

Автотрансформаторлар ауыспалы тоқтың қуатты қозғалтқыштарын іске қосу, жарықтандыру желілеріндегі кернеуді реттеу үшін, сонымен қатар, аз шектерде кернеуді реттеу қажет болатын басқа жағдайларда қолданылады.

Автотрансформатор қуаты тең трансформатормен салыстырғанда келесі артықшылықтарға ие: активті материалдардың аз шығыны (мыс және электротехникалық болат), жоғарырақ ПӘК, көлемдері мен құнының аздығы. Қуаты үлкен



5.5-сурет. Параллель қосылыс



5.6-сурет. Үш фазалы трансформатордың принципіалдық схемасы

автотрансформаторларда ПЭК 99,7 % жетеді.

Автотрансформаторардың артықшылықтары трансформация коэффициентінің өсуімен азаяды.

Бастапқы кернеуі 220 кВ автотрансформаторлардың номинал кернеулері 32, 63, 125 және 200 МВ • А болады.

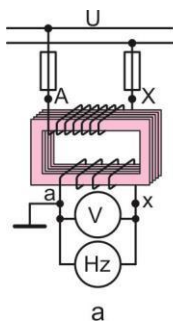
Автотрансформаторларды таңбалау А әрпінен басталады. Мысалы, АТДЦТН — 200000/220 (мәжбүрлі желдетуі мен үрлеуі бар, маймен салқындатылатын үш фазалы автотрансформатор, үш орамды, номинал қуаты 200 000 кВ • А, кернеуі 220 кВ).

Үш фазалы үш орамды трансформаторлар жоғары (220 кВ) және орташа (110 кВ) кернеу орамдарын «жұлдыз» түрінде қосумен және төмен кернеулі (6,3...38,5 кВ) қосымша орамды «үшбұрыш» түрінде қосумен жасалады.

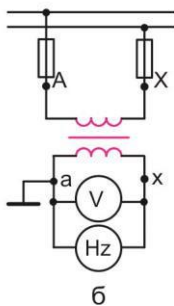
Автотрансформаторлардың кемшілігі олардағы бастапқы тізбектің қосымша тізбекпен электрлі қосылуында, салдарынан оларды жоғары кернеу желісінен төмен кернеулі тарату желілеріне қуат беру үшін қолдануға болмайды, себебі автотрансформатор оқшаулауы бұзылуы жағдайында қызмет көрсететін қызметкерлердің өміріне қауіп төнеді. Сол себепті автотрансформаторлар кернеуді салыстырмалы аз өзгерту қажет жағдайда қолданылады: жоғары кернеулерде $\kappa = 1,5...2$, төмен кернеулерде — $\kappa \leq 3$.

Кернеу және тоқтың өлшеу трансформаторлары. Ауыспалы ток тізбектерінде жиі кернеу және тоқтың өлшеу трансформаторлары қолданылады, олардың көмегімен үлкен кернеулер мен токтар өлшенеді. Одан басқа, өлшеу трансформаторлары электрлі өлшеу аспаптарын жоғары кернеу тізбегінен оқшаулауға және солайша қызмет көрсетуші қызметкерлерге қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, аспаптардың өлшеу шектерін кеңейту үшін пайдаланылады. Олар өлшеу құрылғыларының өлшемі мен салмағын азайтуға мүмкіндік береді.

Кернеу трансформаторлары (5.7 сур.) вольтметрлерді, жиілік өлшеуіштерді және басқа өлшеу аспаптарының (ваттметрлер, есептеуіштер, фазометрлар) кернеу тізбектері мен стандартты аспаптармен жұмыс істеуге есептелген релелерді 100 В кернеуге қосу үшін қолданылады; оларды ондаған киловольтке жететін бастапқы кернеудің әр түрлі мәндеріне шығарады.

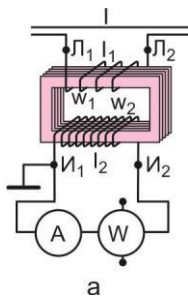


а

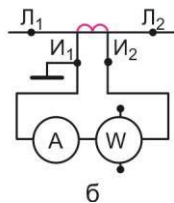


б

5.7-сурет. Кернеудің өлшеуіш трансформаторы
а - қосылу схемасы; б — шартты белгіленуі



а



б

5.8-сурет. Токтың өлшеуіш трансформаторы:
а - қосылу схемасы; б — шартты белгіленуі

Тоқ трансформаторлары (5.8 сур.) амперметрлерді және өлшеу аспаптарының тоқ тізбектері мен стандартты аспаптармен жұмыс істеуге есептелген релелерді 1; 2; 3,5; 5 А-тоққа қосу үшін қолданылады.

Кернеу трансформаторы ферромагнитті магнит сымында бастапқы және қосымша орамдар орналастырылған, қуат аз екі орамды төмендетуші күштік трансформаторға ұқсас.

Оның бастапқы орамы — w_1 айналымдар саны көп жоғары кернеу орамы U_1 кернеуін өлшеу қажетті тізбекке қосылады, ал w_2 айналымдар саны айтарлықтай аз қосымша орамға — U_2 төмен кернеу орамына — бір біріне параллель вольтметр мен басқа аспаптардың кернеу тізбектері қосылады.

Әдетте w_1 және w_2 орамдары шоғырлас болады: күштік трансформаторлардағыдай, жоғары кернеу орамы төмен кернеу орамын айналдырады.

Вольтметр мен өлшеу аспаптарының кернеу тізбектерінің кедергісі салыстырмалы үлкен (мыңдаған ом шамасында), себебі кернеу трансформаторы күштік трансформатордың бос жүріс режиміне жақын жағдайларда жұмыс істейді. Сондықтан трансформатордың бастапқы және қосымша орамдарындағы кернеудің түсуі өте аз. Қосымша кернеу $U_1 = U_2 k$ бастапқы тұрақты қатынасқа байланысты. Демек, U_2 төмен кернеуді өлшеп, U_1 бастапқы жоғары кернеуді анықтауға болады.

Тоқ трансформаторы бастапқы орам жағынан амперметр тәрізді қосылады, яғни, бақыланатын объектімен ретті, ал қосымша

орам тікелей амперметрге және басқа өлшеу аспаптарының ток тізбектеріне тұйықталады. Қауіпсіздік техникасының ережелеріне сай, трансформатордың қосымша орамын жерге тұйықтайды. Амперметр мен басқа өлшеу аспаптарының ток тізбектерінің жиынтық кедергісі аз (әдетте 2 Омнан аз), сондықтан ток трансформаторы трансформатордың қысқа тұйықталуы жағдайларына жақын жағдайларда жұмыс істейді. Қосымша орам кернеуі өлшеу аспаптары тізбектерінің және жалғастырғыш сымдардың салыстырмалы шағын кедергісінде кернеудің түсуімен анықталады (әдетте 1...12 В).

Бастапқы ток қосымша тоқты тұрақты трансформация коэффициентіне көбейту арқылы анықтала алады: $I_1 = I_2 K$. Солайша, ток трансформаторын қосу жоғары кернеу тізбектеріндегі тоқты қауіпсіздік шараларын орындаумен, шағын тоқты өлшеу негізінде анықтауға мүмкіндік береді.

Ток трансформаторы жиі кернеуі 1000 В төмен қондырғыларда үлкен токтарды өлшеу үшін қолданылады.

Дәлділік талаптарынан басқа ток трансформаторына жиі қысқа тұйықталуларға қатысты тұрақтылық талаптары да қойылады, себебі ток трансформаторының бастапқы орамы қысқа тұйықталу болуы мүмкін тізбекте орналасқан және ток трансформаторы арқылы қысқа тұйықталу жағдайында қондырғыны сөндіретін қорғау аппараттары (реле) қосылады. Демек, ток трансформаторы (қысқа уақыт) қысқа тұйықталу тоғына төзуі және апаттық аумақты сөндіретін қорғау аппаратына әсер етуі тиіс.

Ток және кернеу трансформаторларын өлшеу аспаптарымен дұрыс жалғау үшін, трансформаторлардың сыртқа шығаруының белгілерін басшылыққа алу қажет. Кернеу трансформаторының сыртқа шығару өткізгіштері күштік трансформаторлардың сыртқы шығару өткізгіштері тәрізді белгіленеді; ток трансформаторларының бастапқы орамының басы мен соңы сәйкесінше L_1 және L_2 (желі), ал қосымша орам басы мен соңы – I_1 және I_2 (өлшеу аспабы) ретінде белгіленеді.

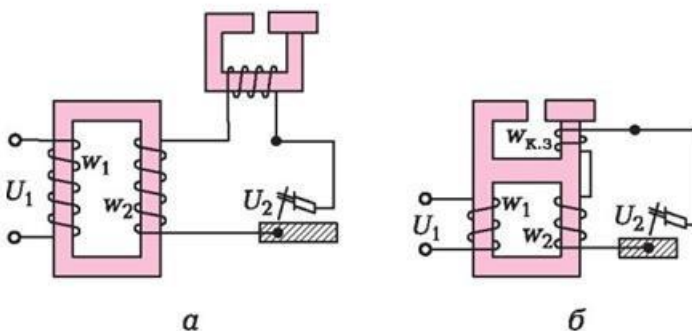
Дәнекерлеу трансформаторлары. Дәнекерлеу жұмыстары үшін пайдаланылатын ауыспалы тоқтың бас көзі әдетте бір фазалы трансформатор болып табылады. Трансформатор дәнекерлеу тізбегі мен күштік тізбекті бөледі, желі кернеуін дәнекерлеу үшін қажетті мәнге дейін төмендетеді, өз бетімен немесе қосымша құрылғылармен жинақта қажетті сыртқы сипаттамалардың қалыптасуын және дәнекерлеу тоғының реттелуін қамтамасыз етеді.

Дәнекерлеу аппараттарының қуат көздеріне ерекше талаптар қойылады: белгіленген қуатта олар жүктемеде үлкен тоқтар тудыруы тиіс, бұл ретте жүктеме кедергісінің күрт өзгеруі дәнекерлеу тоғының мәніне айтарлықтай әсер етпеуі тиіс.

Үлкен тоқтардағы салыстырмалы жоғары емес кернеулер дәнекерлеу контактындағы тиімді жылу бөлінуін ғана емес, электр өткізгіштігі жоғары металл құрылымдар арасында жұмыс істейтін дәнекерлеушінің қауіпсіздігін де қамтамасыз етеді. Қарастырылған талаптарға сәйкес дәнекерлеу трансформаторлары кернеудің 220 немесе 380 В бастап 60...70 В дейін төмендеуін қамтамасыз етеді. Қосымша орам қысқыштарындағы мұндай кернеу дәнекерлеу трансформаторының бос жүрісінде белгіленеді. Дәнекерлеу барысында ол 60.70 В ең жоғары мәнінен нөлге жақын мәндерге дейін ауытқиды.

Дәнекерлеу кезінде туындайтын электр доғасының кедергісі дәнекерлеушінің қолы қозғалған кезде өзгереді. Егер трансформатордың қосымша орамының қысқыштарындағы кернеу тұрақты сақталса, тізбектегі тоқтың күрт ауытқулары туындаушы еді және жылу бөлінуін реттеу мүмкін болмас еді. Сондықтан дәнекерлеу трансформаторы доға кедергісінің күрт азаюы жағдайыда тізбектегі тоқ аз артатындай, ал жылу көлемін анықтайтын I_2R туындысы қажетті деңгейде сақталатындай етіп жасалған.

Дәнекерлеу трансформаторы электродтың дәнекерлеу жігімен жанасуы жағдайында туындайтын қысқа тұйықталуларға төзімді.



5.9-сурет. Дәнекерлеу трансформаторларының принципіалдықсхемалары:
а – сыртқы индукциялықпен (реактормен); б – қосымша орамы бар бір өзекте реактивті катушкамен

Трансформатордың қосымша орамы осы токтың ұзақ өтуіне есептелген.

Дәнекерлеу трансформаторлары орамдардың үлкен реттелетін индуктивті кедергісімен жасалады. Бұл ретте сымдардың белсенді кедергісін емес, орамдар таралуының индуктивті кедергісін арттырады, себебі белсенді кедергіні арттыру энергия жоғалтуларын арттыруға және трансформатордың қызуына әкеледі.

Құрылымдық тұрғыдан дәнекерлеу трансформаторларының кең әртүрлілігі бар (5.9 сур.). Айтарлықтай дәрежеде бұл дәнекерлеу түрімен анықталады (доғалық, түйістіріп, жікпен, нүктелі).

5.8.

ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫҢ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Трансформаторлар электрлі дәнекерлеу қондырғыларында, радио- телеқондырғыларда, автоматты басқару, байланыс жүйелерінде, объектілерді электрмен жабдықтау үшін қолданылады. Бұл жағдайларда трансформаторлар бір деңгей кернеуін қондырғының нақты элементіне қуат беру үшін қажетті және қуат көзінің кернеуінен ерекшеленетін басқа деңгей кернеуіне түрлендіреді.

Трансформаторлар электротехникалық жүйелерде маңызды қызмет атқарады. Олар энергияның үнемді жіберілуі мен таралуын қамтамасыз ете отырып, тоқтар мен кернеулер трансформациясын іске асырады. Су және жылу станцияларында электр энергиясы номинал кернеуі 6,3 бастап 38,5 кВ дейінгі генераторлармен өндіріледі.

Электр энергиясы тұтынушыларға 500, 750 немесе 1050 кВ кернеудегі электр беру желілері арқылы беріледі. Бұл ретте ЭЖЖ өткізу қабілеті артады, тоқтар мен қуат сымындағы жоғалтулар азаяды. Электр энергиясының көпшілік тұтынушыларының номинал кернеуін 220, 380 немесе 660 В тең етіп таңдайды. Қуатты электрлі қозғалтқыштар 6 немесе 10 кВ кернеумен жұмыс істейді. Электр энергиясын қалалар мен өнеркәсіптік кәсіпорындарға енгізу бірнеше сатымен іске асырылады.

Солайша, көптеген трансформаторлары бар, жоғарылатушы және төмендетуші аралық станциялардың тарамдалған жүйесін құру қажеттілігі туындайды.

Өнеркәсіптік электроника құрылғыларында қуаты аз ($1 \dots 1000 \text{ В} \cdot \text{А}$), бір бірінен оқшауланған тізбектерге қуат беруге арналған

бірнеше қосымша орамы бар күштік трансформаторлар қолданылады. Одан басқа, бұл құрылғыларда арнайы импульсті және жоғары жиілікті трансформаторлар пайдаланылады.

Кернеулер мен тоқтар трансформациясы қасиеті сондай-ақ, өлшеу трансформаторларында да пайдаланылады. Амперметрлер мен вольтметрлерді өлшеу трансформаторларының қосымша тізбегіне енгізіп, қызмет көрсетуші қызметкерлерді қауіпсіздендіруге болады, себебі бұл тізбектердің кернеуі аз және жерге тұйықталуы жақсы.

Дәнекерлеу жұмыстарын жүргізу кезінде қол сайманын пайдалана отырып, трансформаторлар арқылы кернеуді және техникалық орынды қауіпсіз деңгейге дейін төмендетуге болады, ол тәжірибеде кеңінен қолданылады. Барлық жағдайларда трансформаторлардың маңызды қасиеті – орамдар арасында электрлі байланыстың болмауы жағдайларында энергия беру мүмкіндігі пайдаланылады.

Жағдайлардың көпшілігінде тоқтары мен кернеулері синусоидалық дерлік күштік трансформаторлармен жұмыс істеуге тура келеді.

Трансформаторларды қолдану саласы өте кең, онымен құрылымдық әртүрлілік және қуаттың үлкен диапазоны түсіндіріледі.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Трансформаторлардың міндеті мен әрекет ету принципі қандай?
2. Бір фазалы трансформаторлардың магнит өткізгішінің пішіні қандай?
3. Трансформатор орамының қолданыстағы ЭҚК мәні қандай өрнекпен анықталады?
4. Трансформация коэффициенті деп нені атайды?
5. Автотрансформатордың құрылымы мен әрекет ету принципі қандай?
6. Энергияны қандай кернеуде беру мақсатқалайықты?
7. Трансформатордың әрекет ету принципі қандай заңғанегізделеді?
8. Үш фазалы трансформатордың магнит өткізгішінің қанша өзегі болуы тиіс?
9. Тоқ трансформаторына қандай аспапты қосуға болмайды?
10. Трансформаторда қандай жоғалтулар болады?
11. Трансформаторлар қайда қолданылады?

ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

6.1.

ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫНЫҢ МІНДЕТТЕРІ ЖӘНЕ ӘРЕКЕТ ЕТУ ПРИНЦИПІ

Электр машинасы механикалық энергияны электр энергиясына (электрлі генератор) немесе электр энергиясын механикалық энергияға (электрлі қозғалтқыш) түрлендіруге арналған электромеханикалық құрылғы.

Электр энергиясы электр станцияларда электр машиналарымен – турбиналардың механикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіретін генераторлармен өндіріледі.

Электр энергиясын тұтыну барысында ол басқа энергия түрлеріне (жылу, механикалық, химиялық) өзгереді. Барлық өндірілетін электр энергиясының шамамен 60% білдектерді, механизмдерді, көлік құралдарын әрекетке келтіру үшін, яғни, оны механикалық энергияға түрлендіру үшін пайдаланылады. Бұл түрлендіру электр машиналары – электрлі қозғалтқыштармен іске асырылады.

Электрлі қозғалтқыш – жұмыс машиналарының электрлі жетегінің негізгі элементі. Электр энергиясының жақсы басқарылуы, оның бөлінуінің, жеткізілуінің және электрлі қозғалтқыштар арқылы механикалық энергияға түрлендірілуінің қарапайымдылығы электр жетегінің басқа жетек түрлерімен салыстырғанда басым болуына әкелді.

Электрлі қозғалтқыштар көлікте, электровоздардың, электрлі пойыздардың, троллейбустардың және басқалардың дөңгелек жұптарын айналдыратын, сүйрегіш қозғалтқыш ретінде кеңінен қолданылады.

Соңғы уақытта қуаты аз электр машиналары – қуаты үлестен бастап бірнеше жүздеген ватт дейінгі микромашиналардың қолданылуы айтарлықтай өсті. Мұндай электр машиналарын құрал жасауда, автоматты жүйелерде, тұрмыстық техникада (шаңсорғыштар, тоңазытқыштар, желдеткіштер және басқа)

пайдаланады. Бұл қозғалтқыштардың қуаты үлкен емес, құрылымы қарапайым және сенімді.

Қазіргі уақытта электрлі машиналардың әр түрлі құрылымдық үлгілері бар, алайда, олардың басым көпшілігі жылжымалы бөлігінің жылжымайтын бөлігіне қатысты айналмалы қозғалысы принципімен жасалған.

Егер электрлі машина генератор режимінде істесе, ротор айналуы кезінде (жетек қозғалтқышының әсерімен) жұмыс орамында ЭҚК дәлделеді және оған тұтынушыны қосқан кезде электр тоғы пайда болады. Бұл ретте жетек қозғалтқышының механикалық энергиясы тұтынушыда шығындалатын электр энергиясына өзгереді. Егер машина электрлі қозғалтқыш ретінде жұмыс істеуге арналған болса, машинаның жұмыс орамы желіге қосылады. Бұл орамда пайда болатын тоқ қозудың магнитті өрісімен өзара әрекеттесіп, роторда оны айналдыратын электромагнитті күштер туындайды.

Бұл ретте қозғалтқыш желіден тұтынатын электр энергиясы қандай да бір механизмді, білдекті, көлік құралын және т.б. әрекетке келтіру үшін шығындалатын механикалық энергияға түрленеді.

Электрлі машиналардың әрекет ету принципі электрлі және магнитті құбылыстар заңдарына: электромагниттік индукция заңы мен Ампер заңына негізделеді. Электромагниттік индукция заңының электрлі машинаға қатысты мәні өткізгіштің магнитті өріс бойынша жылдамдықпен B магнитті индукция векторына перпендикуляр бағытта қозғалуы кезінде, онда ЭҚК ықпалдандырылуында.

$$E = Blv,$$

мұндағы l — өткізгіштің белсенді ұзындығы, яғни, магнитті өрістегі оның жалпы ұзындығының бөлігі.

Егер өткізгішті тұйықтаса, бұл өткізгіште I электр тоғы пайда болады. Бұл тоқтың сыртқы магнитті өріспен өзара әрекеттесуі нәтижесінде өткізгішке Ампер заңы бойынша анықталатын электромагниттік күш әсер ете бастайды:

$$F_{эм} = BI$$

Бұл күш өткізгішті қозғалтқан F сыртқы күшінің алдынан шығуға бағытталған. Күш өткізгішінің біркелкі қозғалуында, өткізгішке әсер ететін күш:

$$F = F_{эм}$$

Электр машиналарының басым бөлігі электрлі қозғалтқыштар ретінде, аз бөлігі – генераторлар ретінде пайдаланылады. Ауыспалы ток генераторлары басты түрде электр станцияларында пайдаланылады. Әдетте ол ондаған, жүздеген, тіпті мыңдаған мегаватттармен өлшенетін, өте үлкен дара қуатты электр машиналары.

6.2.

ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРДЫҢ ЖІКТЕЛУІ

Электр машиналарын генераторлар мен қозғалтқыштар ретінде пайдалану олардың басты міндеті болып табылады, себебі электр және механикалық энергияны өзара түрлендіру мақсатына ғана байланысты. Электр машиналары сондай-ақ электр сигналдарының қуатын күшейту үшін қолданылады. Мұндай электр машиналар электромашиналық күшейткіштер деп аталады. Электр энергиясын тұтынушылардың қуат коэффициентін жоғарылату үшін пайдаланылатын электр машиналары синхронды өтемдеуіш деп аталады. Ауыспалы ток кернеуін реттеу үшін қызмет ететін электр машиналары индукциялық реттегіштер деп аталады.

Микромашиналар – қуаты өте аз (ватт үлестерінен 600 Вт дейін) машиналардың қолданылуы әр түрлі. Бұл электрлі машиналар қозғалтқыш ретінде ғана емес, тахогенераторлар (айналу жиілігін электр сигналына түрлендіру үшін), сельсиндер (біліктің бұрылу бұрышына пропорционалды электр сигналдарын алу үшін) және т.б. ретінде пайдаланылады.

Келтірілген мысалдардан электр машиналарын міндеті бойынша бөлу қаншалықты әр түрлі екені көрінеді.

Электр машиналарының әрекет ету принципі бойынша жіктелуін қарастырайық, оған сәйкес электр машиналары әрекет ету принципі мен құрылымы әр түрлі коллекторсыз және коллекторлық болып бөлінеді. Коллекторсыз машиналар – ауыспалы ток машиналары – асинхронды және синхронды. Асинхронды машиналар көбінесе қозғалтқыштар ретінде, ал синхронды – қозғалтқыш ретінде де, генераторлар ретінде де пайдаланылады. Коллекторлық машиналар – басты түрде тұрақты токпен генераторлар немесе қозғалтқыштар ретінде пайдаланылады. Қуаты аз коллекторлық машиналар ғана тұрақты және ауыспалы ток желісінен жұмыс істей алатын әмбебап қозғалтқыштармен жасалады.



6.1-сурет. Электр машиналарының жіктелуі

Бір әрекет ету принципіндегі электр машиналар қосу схемаларымен немесе машиналардың пайдаланушылық қасиеттеріне әсер ететін басқа белгілермен ерекшеленуі мүмкін. Асинхронды машиналар роторды орау құрылымына байланысты қысқа тұйықталған немесе фазалық ротормен болуы мүмкін. Синхронды машиналар мен тұрақты ток коллекторлық машиналары магнитті қозу өрісін жасау тәсіліне қарай қозу орамымен және тұрақты магниттері бар машиналарға бөлінеді.

6.1 суретінде электр машиналарының заманауи электротехникада кең қолданысқа ие болған негізгі түрлері келтірілген жіктеу ұсынылған.

Электр машинасының жұмыс жағдайлары, оған қоршаған ортаның әсер етуі (температура, ылғалдылық және т.б.) қоршаған орта факторларынан қорғау дәрежесімен және жұмыс қасиеттерімен ерекшеленетін, әр түрлі құрылымды электр машиналарын жасау қажеттілігін тудырады. Осыған байланысты барлық электр машиналары жалпы және арнайы мақсаттағы машиналарға бөлінеді.

Электр машинаның жұмыс үдерісі электр және механикалық энергияны өзара түрлендіруге негізделеді. Алайда бұл үдерісті электр машинасында толық қарастырған кезде, аталған энергиялардың өзара түрленуі үшінші энергия түрі – жылу энергиясының пайда болуымен байланысты екені анықталады. Оның себебі кез келген электр машинасының жұмысымен ілесетін жоғалтуларда. Негізгілер электр машинасының магнит өткізгішінде туындайтын магниттік жоғалтулар (гистерезиске және құйынды нүктелерде жоғалту), осы орамдар арқылы өтетін тоқтармен қызумен негізделетін машинаның орам сымдарындағы электр жоғалтулары, және машинаның қозғалмалы бөліктерінің үйкелуімен пайда болатын механикалық жоғалтулар болып табылады. Барлық жоғалтулар жылуға түрленеді. Бұл ретте Q машинада бөлінген жылу көлемі $\sum P$ жоғалтулар қуатына пропорционалды. Бұл жылу машинаны $Q_{уст}$ кейбір белгіленген температурасына дейін қыздыруға барады және машинаны қоршаған ортаға ішінара таралады.

Бұрын айтылғандай, электр машиналарындағы энергияны түрлендіру оны жоғалтуға байланысты. Осы себепті электр машинасы тұтынатын қуат әрқашан берілетін (пайдалы) қуаттан артық болады. Бұл қуаттар арасындағы айырма $\sum P$ жоғалту қуатын құрайды.

Демек, электр машинасының ПӘК әрқашан 100% кем. Алайда басқа машина түрлерімен, мысалы, жылу энергиясын механикалық энергияға түрлендіру мүмкін емес жылу машиналарымен салыстырғанда, электр машиналары энергияның мінсіз түрлендіргіштері болып табылады, себебі олардың ПӘК айтарлықтай шамаға жетуі мүмкін: дара қуаты өте үлкен машиналарда ол 99,5 %; орташа қуатты машиналарда – 70...90% жетуі мүмкін.

ПӘК 20...60% құрауы мүмкін, аз қуатты электр машиналары (бірнеше жүз ватт аспайтын) мұнда кірмейді. Алайда дара қуаты осынша аз болғанда да, электр машиналарының ПӘК басқа әрекет ету принципіндегі машиналарға қарағанда артық.

Электр машиналарының жоғары энергетикалық көрсеткіштері, энергияны келтіру және бұру жайлылығы, электромеханикалық

үдерістердің экологиялық тазалығы, дара қуатты кең диапазонды машиналарды жасау мүмкіндігі, қызмет көрсету мен басқарудың қарапайымдылығы мен жайлылығы – электр машиналарын адам өмірінің барлық салаларында кеңінен қолданудың негізгі себептері.

Солайша, кез келген электр машинасы жұмыс барысында қызады және оның бөліктерінің температурасы жоғарылайды. Электр машинасы үшін белгіленген пайдалану мерзімінің ішіндегі сенімді жұмыс үшін машина бөлшектерінің (ең алдымен, оның орамдарының) қызу температурасы рұқсат етілген мәндерден аспауы маңызды. Ол белгіленген габариттік өлшемдер мен салқындату тәсілдеріндегі машина қуатының шектелуіне әкеледі. Электр машинасының қуаты неғұрлым көп болса, оның габариттік өлшемдері соғұрлым үлкен болуы немесе онда салқындатудың тиімдірек тәсілдері қолданылған болуы тиіс. Жиі электр машиналарында екі фактор бірден қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр машиналар не үшін арналады?
2. Электр машинасының әрекет ету принципі қандай?
3. Электр машиналар қалай жіктеледі?

ҮШ ФАЗАЛЫ АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР

7.1. ҮШ ФАЗАЛЫ АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар түрлі техника салаларында кеңінен қолданылады. Барлық қолданылатын электр қозғалтқыштарының кем дегенде 90 % асинхронды болып табылады. Бұндай танымалдыққа бұл қозғалтқыштар құрылыс қарапайымдылығы мен сенімділігінің арқасында ие болды. Автоматика құрылғыларында олар негізінен айналым жиілігін реттеуді талап етпейтін тетіктердің жетегі үшін қолданылады.

Автоматикада негізгі түрде орындалған 4А сериялы қуаты 0,06... 0,75 кВт үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар және АОЛ сериялы қуаты 0,05.0,60 кВт қозғалтқыштары кеңінен қолданылады.

7.1. суретте жабық салқындатылатын түрде орындалған 4А сериялы үш фазалы асинхронды қозғалтқыш құрылғысы келтірілген.

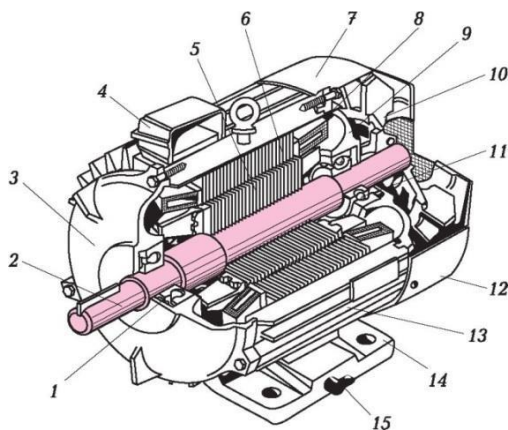
Статор корпустан 7 және орамы 8 бар өзекшеден 7 тұрады. Корпус алюминийден (қуаты аз қозғалтқыштарда) немесе шойыннан (қуаты орташа қозғалтқыштарда) құйылады. Корпустың сырт жағында салқындау бетінің ауданын үлкейтетін қабырғалар 13 бар. Корпуста дестеленген құрылысы бар статор өзекшесі орналасқан. Жұқа табақталған электротехникалық болаттан жасалған қалыпталған беттер әдетте 0,5 мм изоляциялық лакпен жалатылады. Олар пакетке жиналған және пакеттің сыртқы беті бойында арнайы қапсырмалармен немесе бойлық пісірмелі жікпен бекітілген. Өзекшенің бұндай құрылысы өзекшені айналып тұрған магниттік өрісімен қайта магниттеу барысында туындайтын құйындық токтардың едәуір мөлшерде азаюына септігін тигізеді. Өзекше фазаларында орамның қарсы бөліктерімен белгілі бір тәртіпте біріктірілген, өзекшенің сыртында оның бүйірлерінде болатын статор орамының 8 саңылаулы бөліктері орналасқан.

Статордың ішінде қозғалтқыштың айналмалы бөлігі – ротор орналасқан, ол қысқа тұйықталған орамды өзекшеден 5 және біліктен 2 тұрады. Ротор өзекшесі де дестеленген құрылысты болады, бірақ ротор беттері изоляциялық лакпен жалатылмайды, себебі олардың бетіндегі оксид қабаты құйынды токтарды шектеу үшін жеткілікті изоляция болады, себебі токтар ротор өзекшесінің қайта магниттелуінің төмен жиілігі үшін елеусіз болады.

Ротордың қысқа тұйықталған орамы (тиін торы) әдетте өзекшеге балқытылған алюминий қорытпасын құю арқылы орындалады (7.2, а сурет). Бұл ретте біліктермен қатар қысқа тұйықталған сақиналар және вентиляциялық қалақшалар құйылады (7.2, б сурет).

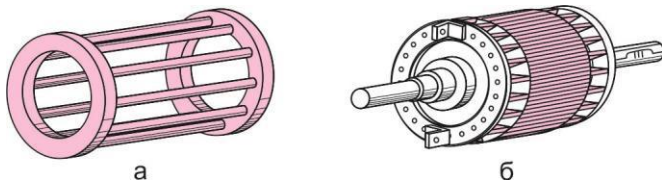
Ротордың білігі 2 мойынтірек қалқандарында 3 және 9 орналасқан мойынтірек теңселісінде 1 және 11 айналады (7.1 сурет).

Қозғалтқышты салқындату корпусының сыртқы бетін салқындату арқылы жүзеге асырылады. Ауа ағынын қаптамамен 12 жабылған центрден тепкіш вентилятор 10 тудырады. Қаптаманың бүйір жағында ауаға арналған тесіктер бар. Асинхронды қозғалтқыштардың қазіргі құрылыстарында вентилятор мен қаптаманы пластинадан жасайды.



7.1-сурет. Жабық салқындатылатын түрде орындалған 4А сериялы үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың құрылғысы:

1, 11 — мойынтірек теңселісі; 2 — білік; 3, 9 — мойынтірек; 4 — ауа тартқыш, 5 — ротор өзекшесі; 6 — ротор өзекшесі; 7 — корпус; 8 — орам; 10 — ортадан тепкіш вентилятор; 12 — қаптама; 13 — қабырғалар; 14 — табандар; 15 — жерге тұйықталу болттары

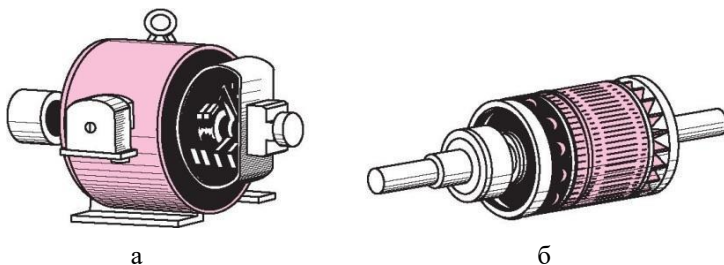


7.2-сурет. Ротордың қысқа тұйықталған орамы— тиін торы (а) және жиналған күйдегі ротор (б)

Жұмыстары көп жылу бөлмейтін, қуаты өте (20... 40 Вт аспайтын) аз асинхронды қозғалтқыштардың вентиляторлары болмайды және табиғи түрде салқындатылатын түрде жасалады. Қуаты орташа қозғалтқыштар (10 Квт және одан да көп) ішкі өзін-өзі вентиляциялайтын қорғалған түрде орындалады.

Қозғалтқышты бекіту үшін табандар 14 немесе біліктің шығыңқы соңындағы фланецті қолданады. Қызмет көрсететін персоналды электр тоғымен зақымданудан қорғау үшін қозғалтқыштардың жерлендіру бұрандамалары 15 болады.

Қуаты орташа және үлкен асинхронды қозғалтқыштар кей жағдайларда фазалы ротормен жасалады. Фазалы ротордың өзекшесіне статор орамына ұқсас орындалған үш фазалы орамды (7.3 сур.) орналастырады. Бұл орамды «жұлдыз» түрінде біріктіреді, ал оның соңын бір бірінен және біліктен оқшауланған байланыс сакиналарына қосады. Сакиналар бойымен щетка ұстағыштарға бекітілген щеткалар сырғиды. Фазалы роторы бар асинхронды қозғалтқыштардың құрылысы қысқа тұйықталған роторы бар қозғалтқыштарға карағанда күрделі, алайда олардың іске қосу және реттеу қасиеттері үздік. Фазалы роторы үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар әдетте іске қосылуы қиын жағдайларындағы құрылғыларда (мысалы, ауыспалы тоқтағы крандық қозғалтқыштарда)



7.3-сурет. Фазалы роторы бар асинхрондықозғалтқыш:

а — жалпы түрі; б — байланыс сакиналары бар қозғалтқыш роторы

немесе айналым жиілігін біркелкі реттеуді талап ететін құрылғылардың жетегі үшін қолданылады.

ҮШ ФАЗАЛЫ АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ӘРЕКЕТ ЕТУ ПРИНЦИПІ

Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың әрекет ету принципі үш фазалы тоқ желісіне үш фазалы орамды қосқан кезде оның айналатын магниттік өрісті тудыра білу қабілетіне негізделген. Бұл өрістің айналу жиілігі немесе синхрондық айналу жиілігі n_1 , айн/мин, ауыспалы тоқтың жиілігіне f_1 тура пропорционалды және үш фазалы орамның полюстар жұбының санына p кері пропорционалды:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p}.$$

Асинхронды қозғалтқыштың роторы статордың магниттік ағыны айналатын жаққа айналады. Демек, ротордың айналу бағытын өзгерту үшін, магниттік ағынның айналу бағытын өзгерту керек. Бұл үшін қозғалтқыштың немесе қуат көзінің қалқаншасында кез келген екі сызықтық сымның орындарын ауыстырып, қуаттандырушы желінің кернеу фазаларының кезектесуін өзгерту жеткілікті болады.

Қозғалтқыш роторының айналу бағытын өзгерту реверсиялау деп аталды. Асинхронды қозғалтқыш полюстарының саны статор орамының құрылысымен анықталады; бұл ретте ротор полюстарының саны статор полюстарының санына тең.

Статор орамын үш фазалы желіге қосқанда l_1 синхрондық жиілікпен айналатын магниттік өріс пайда болады. Өріс ротордың орамына ілігіп, оның біліктерінде электр қозғалтқыш күштерін ықпалдандырады, ол күштердің бағытын «оң қол» ережесі бойынша анықтайды. Ротор орамы тұйықталған, сондықтан да осы орамның біліктеріне келтірілген ЭҚК олардағы токтарды тудырады.

Ротордағы токтардың статордың айналмалы өрісімен өзара әрекеттесу нәтижесінде ротор біліктерінде электромагниттік күштер пайда болады, олардың бағыты «сол қол» ережесі бойынша анықталады. Электромагниттік күштердің жиынтығы роторда электромагниттік сәтті тудырады, оның әсерінен ротор статордың магниттік өрісінің айналу бағытында l_2 жиілікпен айнала бастайды. Ротордың білік арқылы айналуы жұмыс тетігіне беріледі. Осылайша, желіден статор орамына келіп түсетін электр қуаты асинхронды қозғалтқышта механикалық айналу энергиясына түрленеді.

Асинхронды қозғалтқыштың айрықша белгісі – ротордың айналу жиілігі n_2 статордың магниттік өрісінің синхрондық айналу жиілігінен n_1 аз. Бұл ротор орамының біліктеріндегі ЭҚК n_2 және n_1 айналу жиілігінің теңсіздігі кезінде ғана ықпалдандырылатынымен түсіндіріледі.

Статор өрісінің роторға қатысты айналу жиілігі сырғу жиілігімен анықталады $n_s = n_1 - n_2$.

Ротордың айналатын өрістен қалып қоюы сырғу S деп аталатын салыстырмалы шамамен сипатталады:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}. \quad (7.1)$$

Асинхронды қозғалтқыштың сырғуы 0... 1 (0... 100%) аралығында өзгере алады. Егер $S \approx 0$, бұл қозғалтқыш роторында қарсы әрекет ететін сәті болмайтын бос жүріс тәртібіне сәйкес келеді; егер $S = 1$, бұл қозғалтқыш роторы қозғалыссыз болатын қысқа тұйықталып тәртібіне сәйкес келеді ($n_2 = 0$). Сырғу қозғалтқыштың білігіндегі механикалық жүктеліміне тәуелді болады және ол өскен сайын артады. Қозғалтқыштың номиналды жүктемесіне сәйкес келетін сырғу номиналды сырғу деп аталады. Қуаты аз және орташа асинхронды қозғалтқыштар үшін номиналды сырғу 0,02 - 0,08 (2.8%) өзгереді.

(7.1) формулаға сәйкес, асинхронды қозғалтқыш роторының айналу жиілігі

$$n_2 = n_1(1 - S) = \frac{60 f_1}{p}(1 - S). \quad (7.2)$$

Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың әрекет ету принципін талдап, асинхронды қозғалтқыштың трансформатормен ортақ көп тұстары бар екенін байқауға болады.

Қозғалтқыш статоры мен роторының орамдарының арасында, трансформатордың бірінші және екінші орамдарының арасындағыдай тек магниттік байланыс қана бар. Трансформатордағыдай, асинхрондық қозғалтқышта электр қуаты желіден бірінші орамға түсіп (статор орамына), электромагниттік үрдістер есебінен екінші орамға беріледі (ротор орамына).

Асинхрондық қозғалтқыштар мен трансформаторлар арасындағы бұндай ұқсастық ротор қозғалыссыз болғанда жақсы көрінеді ($n_2 = 0$; $S = 1$), бұл қозғалтқышты іске қосу тәртібіне сәйкес келеді (статор орамы желіге қосылған, ал ротор бастапқы сәтте қозғалыссыз болады). Бұл жағдайда асинхронды қозғалтқыш трансформатордан тек құрылысы жағынан, ең алдымен, статор және ротор орамдарының өзекшелерінің ерекше құрылысымен, ротор орамымен қысқаша тұйықталған магнитті сымдағы ауа саңылауының (статор мен ротор арасында) болуымен ерекшеленеді.

Бұған қарамастан, асинхронды қозғалтқыштағы электрмагниттік үрдістер трансформатордағы электромагниттік үрдістерге ұқсас келеді.

7.3.

АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ АЙНАЛУ ЖИІЛІГІН РЕТТЕУ

Қазіргі заманғы асинхронды қозғалтқыштарда ротордың айналу жиілігін біркелкі реттейтін қарапайым әрі тиімді құрылғылары жоқ. Бұл елеулі кемшілік олардың қолданылу аясын шектейді және тұрақты тоқ қозғалтқыштарына көп жағдайларда асинхронды қозғалтқыштармен сәтті бәсекеге түсуге мүмкіндік береді.

(7.2) формуладан көрініп тұрғандай, айналу жиілігін n_2 сырғуды S , полюстер жұптарын p немесе қуаттандырушы кернеу жиілігін f өзгерте отырып реттеуге болады.

Қозғалтқыш жиілігін сырғуды өзгерту арқылы біркелкі реттеу фазалы роторы бар қозғалтқыштарда жасалу мүмкін. Жүктеменің өзгермеген сәтінде сырғу ротор орамының белсенді кедергісіне тәуелді болады, сол үшін бұл орамның тізбегінде байланыс сақиналарының және щеткалардың көмегімен реттеуші реостатты қосады, оның көмегімен сырғу орамының және қозғалтқыштың айналу жылдамдығының кедергісін біртіндеп өзгертеді.

Бұл әдіс үлкен жылу ысыраптарымен байланысты. $S = 0,5$ болғанда, роторға айналатын магниттік өріспен берілетін энергияның жартысы ротордың және реттеуші реостаттың жылынуына жұмсалады. Сонымен қатар, сақиналар мен щеткалардың бар болуы машинаның пайдаланылуын күрделендіреді және оның сенімділігін күрт азайтады.

Осылайша, қозғалтқыштың айналу жиілігін оны синхрондық жиілікпен салыстырмалы түрде азайту арқылы ғана реттеуге болады. Әдетте реттеуші реостаттың кедергісін өзгертуді сатылы түрде орындайды, сондықтан да қозғалтқыштың айналу жиілігі де сатылы өзгереді.

Қозғалтқыштың пайдалы әсер коэффициенті азаяды, себебі реттеуші реостаттарда электр энергиясының көп бөлігі жылу энергиясына айналады. Демек, қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеудің бұл әдісі тиімсіз.

Сырғуды, демек қозғалтқыштың айналу жиілігін де шағын көлемде қозғалтқышқа келтірілетін кернеуді өзгерту арқылы реттеуге болады.

Асинхронды қозғалтқыштың айналу сәті желінің кернеу квадратына пропорционалды болады. Демек, кернеуді өзгерткенде қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларында максималды сәттің мәндері әр түрлі, ал сырғу мәндері бірдей болады. Кернеуді өзгерте отырып, қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгертуге болады.

Қозғалтқыш статорының орамындағы кернеуді өзгерту үшін, кернеуді біртіндеп реттейтін автотрансформаторларды, магниттік күшейткіштерді, кернеуді тиристорлы реттеуіштерді және т.б. пайдалануға болады.

Айналу жиілігінің жылдамдығы сатылы реттеуді қозғалтқыш статорының полюстар жұбының санын оның орамының секцияларын қайта қосу арқылы өзгерте отырып жасауға болады. Полюстар жұбының санын бұндай өзгеріс қозғалтқышты дайындау кезінде қарастырылған болса ғана өзгертуге болады. Полюстар жұбының саны әр фазадағы орауыштардың санын өзгертумен ғана емес, сонымен қатар, оларды біріктіру әдісімен анықталады.

Бір орауыштарды кезекпен біріктіру кезінде өрістің полюстар жұбының саны бір болады, ал параллель біріктіргенде – басқаша, екі есе аз болады. Егер статор саңылауларында фазадағы орауыштардың басқа санымен үш фазалы орамды орналастырсақ, үш әр түрлі жиіліктегі айналу өрісіне қол жеткізуге болады.

Алайда бұл тиімді және салыстырмалы қарапайым әдіс қозғалтқыштың айналу жиілігін біртіндеп реттеуге мүмкіндік бермейді. Өнеркәсіп айналу жиілігін сатылы 2, 3 және 4 рет өзгертуге болатын қозғалтқыштарды шығарады. Бұл әдісті қысқа тұйықталған роторы бар қозғалтқыштар үшін қолданылады.

Синхрондық айналу жиілігі қуаттандырушы желінің кернеу жиілігіне пропорционалды болғандықтан, ротордың айналу жиілігін желі кернеуінің жиілігін өзгерте отырып реттеуге болады.

Бұл үшін асинхронды қозғалтқышта немесе бірнеше қозғалтқышта автономды қуаттау көзі болуы тиіс, себебі әрбір кәсіпорын электр қуатын 50 Гц ауыспалы кернеу жиілігінде энергожүйеден алады.

Құрылыс алаңдарында қуаттандырушы желінің жиілігін өзгерту үшін электромагниттік немесе тиристорлық түрлендіргіштер қолданылуы мүмкін. Алайда бұл құрылғылардың құны асинхрондық қозғалтқыштардың құнынан артық, сондықтан да бұндай реттеу әдісі n_2 кең қолданысқа ене алмады.

Асинхронды қозғалтқышты желіге қоспас бұрын, оның орамдарының жұмыстың номиналды тәртібіне сәйкес келетін бірігу схемасын анықтап алу керек. Мәселен, желінің сызықтық кернеуі 220 В, ал қозғалтқыштың төлқұжатында 220/380 В кернеуі көрсетілген. Бұндай жағдайларда орамдарды «үшбұрыштап» осып, ондағы кернеу есептік кернеуге сәйкес болу керек.

Тәжірибе жүзінде асинхрондық қозғалтқышты іске қосқанда іске қосу тоқтарын шектеу үшін, оның орамдарын қысқа уақытқа «жұлдыз» түрінде қосады. «Үшбұрыштан» «жұлдызға» және керісінше қайта қосылуды арнайы қайта қосқышпен жүзеге асырады. Егер қарастырылатын қозғалтқыш сызықтық кернеуі 380В желіге қосылған болса, бұндай қайта қосуды жасамайды. Бұл жағдайда оның орамдары іске қосқанда да, жұмыстың номиналды тәртібінде де «жұлдыз» түрінде қосылу тиіс.

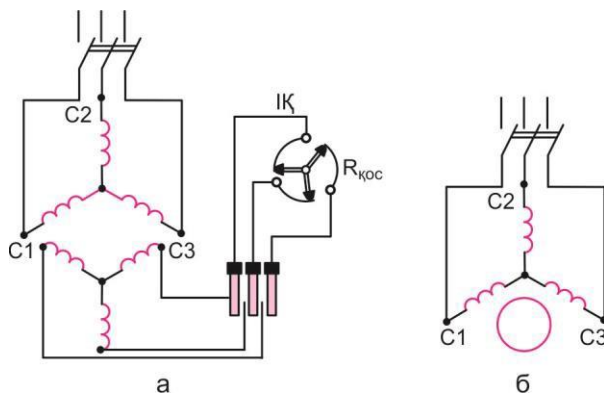
Асинхрондық қозғалтқыштың іске қосу сәті шағын ғана, сондықтан да іске қосуды әдетте өшірілген жүктелімде жасайды.

Іске қосу сәтінің әсерімен ротор айнала бастайды да, сырғу азайып, айналу сәті артады, тұрақсыз жұмыс тәртібіне сәйкес келетін үрдіс жылдам тоқтап, тұрақты тәртіпке ауысады. Ротордың айналу жылдамдығының артуына айналу сәтінің азаюы сәйкес келеді, сондықтан да жылдамдықтың өсуі жылдам тоқтайды. Ротор тұрақты түрде өріс жылдамдығынан біраз кем жылдамдықпен айналады. Енді фрикциялық муфта көмегімен жүктелімді қосуға болады. Жүктелім сәті максималды мәннен аспауы тиіс.

Егер пайдалану шарттары бойынша қозғалтқыш қосылған жүктелімде іске қосылуы керек болса, жүктелім сәтін іске қосу сәті номиналды тәртіптегі жүктелім сәтінен артық болатындай есептеу керек.

Фазалы роторы бар қозғалтқыштарда іске қосу сәтін іске қосу кезінде ротор орамының тізбегіне қосылатын іске қосу реостатының көмегімен арттырады (7.4, а сур.) Ротор орамы қысқа тұйықталған қозғалтқыштарда (7.4, б сур.) — жұмыстың іске қосу және номиналды жұмыс тәртіптерінде орам біліктеріндегі тоқтың тығыздығын қайта бөлу арқылы.

Тәжірибе жүзінде жасанды түрде арттырылған іске қосу сәті бар қозғалтқыштардың екі түрі бар. Бірінші түрі — ротордың қос «тиін торы» бар қозғалтқыштар, әдетте үлкен қуатқа арналған.



7.4-сурет. Фазалы (а) және қысқа тұйықталған (б) роторы бар үшфазалы асинхронды қозғалтқышты іске қосудың ұстанымдықсхемасы:
 IK — іске қосу реостаты; $R_{\text{қос}}$ — қосалқы кедергі

Екінші түрі – ротордың ең терең саңылауы бар қозғалтқыштар. Бұндай қозғалтқыштардың қысқа тұйықталған орамының біліктері роторға терең тілінген ұзынша пластиналар түрінде болады. Артылған іске қосу сәті бар шағын қуатты қысқа тұйықталған қозғалтқыштарды желіге тікелей қосады (іске қосу реостаттарысыз және қайта қосқыштарсыз);

7.5. АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ АЙНАЛУ СӘТІ

Кез келген электр қозғалтқышының айналу сәті магниттік өрістің және өткізгіштердің тоқпен өзара әрекеттесуінің нәтижесінде құрылады. Асинхронды қозғалтқышта айналу сәті нәтиже беретін магниттік ағынға және ротор орамындағы тоқтың белсенді құрамдасына пропорционалды.

$$M = C\Phi I_2 \cos\varphi_2,$$

мұндағы C — қозғалтқыштың құрылыстық белгілеріне тәуелді болатын пропорционалдылық коэффициенті.

Қуаттандырудың тұрақты кернеулерінде және желі жиілігінде қозғалтқыштың айналу жиілігінің n_2 біліктегі M сәтіне тәуелділігі қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы (7.5 сур.). Ол тәжірибе жүзінде шешіліп, $M(S)$ графигінің негізінде оңай алынуы мүмкін.

Жүктелім сәті артқан сайын қозғалтқыштың айналу жиілігі елеусіз ғана азаяды, егер жүктелім сәті ең үлкен мәннен асып кетсе, қозғалтқыштың айналу жылдамдығы көшкін тәрізді нөлге дейін азаяды.

Механикалық сипаттаманы талдау көрсеткендей, қозғалтқышты желіге қосқан кезде, айналып тұрған өрістің айналу жиілігі n_1 болғанда, ал ротор әлі қозғалыссыз болғанда ($n_2 = 0$; $S = 1$), роторда бастапқы іске қосу сәті M_{Π} пайда болады.

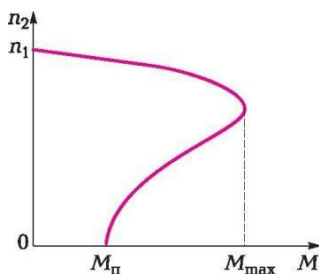
Сәттің M_{Π} әсерінен қозғалтқыштың роторы айнала бастайды; бұл ретте сырғу азаяды, ал айналу сәті артады. Сыни сырғуда сәт барынша үлкен мәнге жетеді. Сыни сырғу $S_{кр}$ ротор орамының кедергісіне пропорционалды.

Сәт $M_{\max}$ (7.6 сур.) мәніне жеткенде, ротордың айналу жиілігі артуын жалғастырады, ал сәт азая бастайды. Бұл электромагниттік сәт M қарама-қарсы әсер ететін сәттердің сомасына тең болмайынша жалғасады.

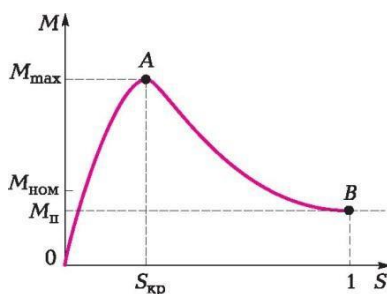
$$M = M_0 + M_2 = M_{cm},$$

мұндағы M_0 — бос жүріс сәті; M_2 — жұмыс машинасы тудыратын, қозғалтқыштың әсерінен айналатын пайдалы жүктелім.

Механикалық сипаттаманы талдау көрсеткендей, асинхрондық қозғалтқыштың жұмысы сырғу $S < S_{кр}$ болғанда ғана тұрақты болады, яғни, механикалық сипаттаманың 0A аумағында, бұнда қозғалтқыш білігіндегі жүктемелердің өзгерісі электромагниттік сәттің тиісті өзгерістерімен бірге жүреді.



7.5-сурет. Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы



7.6. сурет. Асинхрондық қозғалтқыштың айналу сәтіне тәуелділігінің графигі

Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы 0А жұмыс аумағындегі жұмысы, яғни $S < S_{кр}$, ең үнемді, себебі ол слиптің шағын мәндеріне, демек, ротордың орамасындағы шағын электрлік ысыраптарға сәйкес келеді.

Асинхрондық қозғалтқыштың жұмысы $S < S_{кр}$ кезінде жүктеме моментінің өсуі электромагниттік крутяның төмендеуімен және қозғалтқыш роторының тоқтағанымен ($S = 1$) жүреді, яғни қысқа тұйықталу кезінде тұрақсыз болады. Бұл режим апаттық болып табылады. Қысқа тұйықталу режимінде қозғалтқыштың жылу қорғанысы (сақтандырғыштар немесе жылу релесі) қосылып, электр желісінен ажыратылуы керек. Олай болмаған жағдайда, статор орамасының шамадан тыс қызып кетуі оның оқшаулауын жанауы мүмкін, бұл қозғалтқышқа және өрт қауіпіне әкеледі.

Индукциялық қозғалтқыштың айналу жылдамдығы кернеуіне байланысты. Айналдыру кернеудің квадратына пропорционал, сондықтан кернеудегі кішігірім ауытқулар крутящего сәтте айтарлықтай өзгерістерге және қозғалтқыштың айналу жылдамдығына әкеледі.

Кездейсоқ қысқа мерзімді жүктемелер мен кернеудегі ауытқулардың қысқа тұйықталуына жол бермеуін қамтамасыз ету үшін, индукциялық қозғалтқыштарда максималды крутяцияның номиналды крутящегіне дейінгі арақатынасы анықталады.

71 -мысал Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштың келесі төлқұжат деректері бар: $U_{ном} = 220/380$ В; $P_{2ном} = 40$ кВт; $n_2 = 980$ айн/мин; $\eta = 91,5 \%$; $\cos \varphi = 0,91$; қуат кернеуінің жиілігі — 50 Гц. Полюстер жұптарының санын, қозғалтқыштың сырғуын және номиналды моментті анықтаңыз.

Ш е ш і м і . Ең жақын стандартты синхронды жиілік $n_1 = 1000$ айн/мин. Яғни, полюстер жұптарының саны $p = 60f_1/n_1 = 60 \cdot 50:1000 = 3$, яғни машина алты полюсті.

Сырғу келесі формуламен анықталады $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100 = 2\%$;

қозғалтқыштың тұтыну қуаты $P_1 = P_2/\eta = 40:0,915 = 43,7$ кВт;

номиналды момент $M = 9,55P_2/n_2 = 9,55 \cdot 43,7 \cdot 1000:980 = 389,8$ Н

• м.

72 -мысал Үш фазалы сегіз полюсті асинхронды қозғалтқыш кернеу $U = 380$ В және ток 75 А болғанда $P_1 = 23,5$ кВт қуатты тұтынады; номиналды момент $M_{ном} = 280$ Н • м; $S_{ном} = 3 \%$; қуат кернеуінің жиілігі — 50 Гц. Ротордың айналу жиілігін, біліктегі пайдалы қуатты, оның $\cos \varphi$ және ПӘК анықтау.

Шешімі. Ротордың айналу жиілігін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$n = n_1(1 - S) = \frac{60}{2} f_1(1 - S) = 60 \cdot 50 : 4(1 - 0,03) = 727,5 \text{ айн/мин.}$$

Номиналды моменттің формуласын біле тұра, P қозғалтқыш білігіндегі пайдалы қуатты анықтауға болады: $P_2 = M n_2 / 9,55 = 280 \cdot 727,5 / 9,55 = 22 \text{ кВт}$. Содан кейін қозғалтқыштың ПЭК-н мына формуламен анықтаймыз $\eta = P_2 / P_1 = (22 : 23,5) 100 = 93,6\%$ және $\cos \varphi = D_1 / \sqrt{3} I_0 U_0 = 23500 : 1,73 \cdot 75 \cdot 380 = 0,47$.

7.6. АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ҚУАТ КОЭФФИЦИЕНТІ ЖӘНЕ ПЭК

Асинхронды қозғалтқыштағы энергия шығыны статордағы және роторлы орамалдардағы шығындардан, магниттік тізбектегі шығындардан, механикалық және қосымша шығындардан тұрады.

Орамалардағы шығындар P_m (мыс жоғалуы) тоқ квадрасына пропорционалды және қозғалтқыштың жүктемесі өзгерген кезде едәуір өзгереді. Гистерезистегі шығындар және магниттік сымдағы (болаттың жоғалуы) шығындары $P_{ст}$ жүктемеге айтарлықтай тәуелді емес, себебі асинхронды қозғалтқыштың магниттік ағыны жүктеме өзгерген кезде өзгермейді. Механикалық шығындар $P_{мех}$ қозғалтқыштың айналмалы бөліктерінің және айналмалы бөліктердің үйкелісінен туындайды. Қосымша шығындар $P_{доб}$ магнит ағынының лүгілдеуімен айқындалады, бұл арматура өзегінің қиғаш құрылымы және басқа факторларды ескеру қиын. Қосымша шығындар кішігірім және номиналды жүктемеде сыйымдылықтың жартысына жуығын құрайды.

Қозғалтқыштың пайдалы әсер коэффициенті мына формула бойынша анықталады

$$\eta = \frac{P_1 - (P_i + P_{\text{до}} + P_{\text{ма}} + P_{\text{ад}})}{P_1},$$

мұндағы P_1 — қозғалтқыштың желіден тұтынатын қуаты.

Асинхронды қозғалтқыштың пайдалы әсер коэффициенті жүктемеге тәуелді. Номиналды немесе оған жақын жүктеме кезінде ПЭК ең жоғары мәнге жетеді; жүктелуден аз немесе мотордың жүктемесі аз болса, тиімділік төмендейді. Номиналды жүктеме кезінде пайдалы әсер коэффициенті қозғалтқыштың қуатына байланысты: қуаты орташа және үлкен қозғалтқышта $\eta_{\text{ном}} = 0,88 \dots 0,92$, қуаты аз қозғалтқышта $\eta_{\text{ном}} = 0,50 \dots 0,85$, қуаты бірнеше ватт қозғалтқышта

$\eta_{\text{ном}} = 0,20 \dots 0,30$. Қозғалтқышының есептік қуаты неғұрлым жоғары болса, соғұрлым оның ПӘК жоғары болады.

Асинхронды қозғалтқыштың маңызды қасиеті оның қуат коэффициенті $\cos \phi$ болып табылады, ол желіден келетін жалпы қуат шығынын жабуға жұмсалған және механикалық жұмысқа айналады. Индукциялық қозғалтқыштың қуат коэффициенті жүктемеден тәуелді, номиналды жұмыс режимінде $0,7 \dots 0,9$ мәндеріне жетеді және бос тұрғанда $0,2, 0,3$ дейін төмендейді.

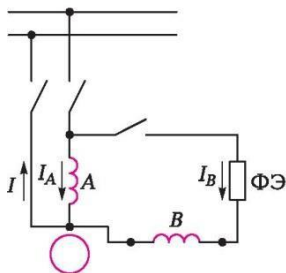
Асинхронды қозғалтқыштың $\cos \phi$ төменгі мәні ауа саңылауымен магнит схемасында магниттік ағын құру үшін үлкен магниттелетін тоқ талап етіледі, ол реакциялық болып табылады және ауа ағынының жоғарылауымен артады. Ауа ағынының мөлшерін конструктивті таңдау көптеген факторларға байланысты: біліктің қаттылығы, оның центрленуі, мойынтіректердің рұқсат етілген тозуы және т.б. Қуатты машиналар үшін магниттік тізбектің басқа өлшемдеріне қатысты ауа ағыны төмен қуатты машиналарға қарағанда аз. Сондықтан қуатты асинхронды қозғалтқыштар үшін $\cos \phi$ мәні төмен қуатты машиналарға қарағанда әдетте үлкен болады.

$\cos \phi$ мәні төмен болған кезде, желі реактивті токпен жүктеледі және тұтынушылардың болжамды санына қуат бере алмайды. Сондықтан, асинхронды қозғалтқышты қолданғанда, $\cos \phi$ мәнін арттыруға ұмтылу керек, атап айтқанда, моторды номиналды мәнге жақын пайдалы жүктемені қамтамасыз ету қажет.

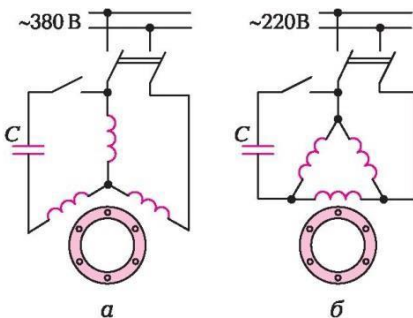
7.7. БІР ФАЗАЛЫ АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ ӘРЕКЕТ ЕТУ ПРИНЦИПІ

Бір фазалы асинхронды қозғалтқыштар - бұл қуаты шағын қарапайым қозғалтқыштар, олар құрылғыларда және түрлі тұрмыстық аспаптарда кеңінен қолданылады.

Конструкциясы жағынан олар үш фазалы асинхронды қозғалтқыштардан айырмашылығы жоқ, олар сақал торы роторымен ерекшеленбейді. Айырмашылығы бір фазалық ораманың бір фазалы қозғалтқыштың статорының өзегіне орналастырылғандығы болып табылады, ол өзектің $2/3$ ойықтарын басады.



7.7-сурет. Іске қосу орамасы бар асинхронды қозғалтқыштың принципіалды схемасы



7.8-сурет. Орамдар біріктірілген кезде үш фазалы асинхронды қозғалтқышты бір фазалы желіге қосылу схемалары:
а — «жұлдызшаға»; б — «үшбұрышқа»

Егер қозғалтқыштың статорында өзек ойықтарының $2/3$ басатын негізгі (жұмыс) орамасынан A басқа, қалған $1/3$ ойықтарға қосымша (іске қосу) орамасын B орналастырылған жағдайда оны алуға болады. Және де орамның осьтері кеңістікте бір-біріне қатысты 90° бұрышқа ығысу керек (7.7-сурет), орамдағы тоқтар I_A и I_B бір-біріне қатысты фаза бойынша ығыстырылу керек. Екі орам бір фазалы желісіне параллель жалғастырылғандықтан, тоқтар I_A және I_B арасындағы фазалық ығысуды алу үшін қосымша (іске қосу) ораманың B тізбегіне фаза ығыстырғыш элемент (ФЭ) қосады, ол үшін белсенді кедергі (резистор), индуктивтілік (дроссель) немесе сыйымдылық (конденсатор) қолданылады.

Қозғалтқыштың роторы тұрақтыға жақын жылдамдыққа дейін жылдамдатылғаннан кейін, B орамасының орамасы өшіріледі. Осылайша қозғалтқышты іске қосу кезінде екі фазалы жұмыс істейді және іске қосу соңында бір фазалы қозғалтқыш ретінде жұмыс істейді.

Кейде үш фазалы асинхронды қозғалтқыш бір фазалы қозғалтқыш ретінде пайдаланылады, онда конденсатор бір ораманың тізбегіне қосылады (7.8-сурет).

7.8. 4А СЕРИЯЛЫ АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР

4А сериялы үшфазалы асинхронды қозғалтқыштар Халықаралық электротехникалық комитеттің қондырғы-жалғағыш өлшемдері бар электр машиналардың габариттік өлшемдерді байланыстыру бойынша ұсынымдарына сай келетін бірінші серия болды.

Жетілдірілген магнитті және оқшаулағыш материалдарды қолдану арқасында осы сериялардың қозғалтқыштары олардың экономикалық және техникалық параметрлері бойынша бәсекеге қабілетті болды. Алдыңғы сериялы (АО, АО2) қозғалтқыштарымен салыстырғанда, 4А сериялы қозғалтқыштардың қуаты айналмалы осының бірдей биіктігімен орташа екі кезеңмен ұлғайған.

4А сериясы қуаты 400 кВт дейінгі және кернеуі 660 В дейінгі жалпы мақсаттағы асинхронды қозғалтқыштарды қамтиды.

4А сериясы қорғаныс дәрежесі бойынша екі нұсқадағы қозғалтқыштарды қамтиды: IP44 жабық нұсқасы IC0141 төсектің қымтанған бетін және IP23 ішкі өзін-өзі желдету IC23 қорғалған нұсқасын үрлеп, салқындату арқылы.

Қысқа тұйықталған роторы бар қозғалтқыштардың негізгі орындалуымен қатар, 4А сериясында бірқатар модификациялар және мамандандырылған жобалар бар.

Негізгі орындалған 4А сериялы қозғалтқыштарының типтік өлшемдерін белгілеу құрылымы:

$$\frac{4A}{1} \quad \frac{X}{2} \quad \frac{X}{3} \quad \frac{X}{4} \quad \frac{X}{5} \quad \frac{X}{6} \quad \frac{X}{7} \quad \frac{X}{8}$$

1 — серия белгіленуі (4 — серияның реттік нөмірі; А — асинхронды);

2 — қорғаныс дәрежесі бойынша орындалу: IP23 орындалу — егер Н әрпі бар болса; IP44 орындалу — Н әрпі болмаса;

3 — станина және мойынтіректі қалқандар материалы: А - станина және алюминий қалқандар; Х - алюминий станина және шойын қалқандар (немесе керісінше); әріп болмаса - станина және шойын немесе болат қалқандар;

4 - айналу осының биіктігі (екі немесе үш сан);

5 - станинаның шартты ұзындығы (S, M, L);

6 - статор өзегінің шартты ұзындығы (егер айналдыру осының биіктігінде екі стандартты өлшем бар болса, олар А және В әріптерімен белгіленсе, біреуі болса, онда әріп болмаса);

7 — полюстер саны: 2, 4, 6, 8, 10, 12;

8 - климаттық орындалу және орналастыру санаты (АҚШ - табиғи желдеткішпен жабық бөлмеде қалыпты климат үшін).

7.9. АРНАЙЫ МІНДЕТТЕЛГЕН АСИНХРОНДЫҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР

Қазіргі заманғы электр жетегінің негізін құрайтын жалпы мақсаттағы асинхронды қозғалтқыштарға қосымша, соңғы жылдары ерекше мақсаттарға арналған асинхронды қозғалтқыштар көп қолданылып келеді. Осындай қозғалтқыштарды пайдалану электр жетекті оңайлатуға және жалпы мақсаттағы қозғалтқыштармен қамтамасыз етілмеген кейбір ерекше қасиеттерге ие болуға мүмкіндік береді.

Арнайы мақсаттағы қозғалтқыштар үшін дизайнның дәстүрлі емес сипаттамалары тән. Бұл қозғалтқыштарға сыртқы ротор мен асинхронды қозғалтқыштары бар асинхронды қозғалтқыштар кіреді.

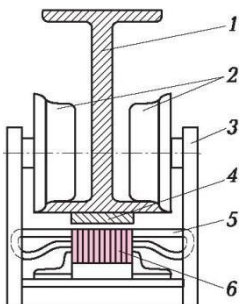
Сыртқы роторы бар асинхронды қозғалтқыштар. Бұл қозғалтқыштар өздерінің статорлары (қозғалмайтын бөлігі) ротордың ішінде (айналмалы бөлік) орналасқанымен ерекшеленеді. Осындай конструкцияны *айналған* деп атайды. Әрекет ету принципі бойынша бұл қозғалтқыштар жалпы мақсаттағы асинхронды қозғалтқыштардан, яғни ішкі роторлы қозғалтқыштардан ерекшеленбейді.

Сыртқы роторы бар асинхронды қозғалтқыштар электр құралында пайдаланылады, металлургиялық зауыттардағы роликті конвейерлерде (қозғалтқыштың сыртқы роторы - рольгангтың айналмалы ролигі), білікке біркелкі емес жүктемені талап ететін, қозғалыс құрылғылары үшін винтельді қозғалтқыш ретінде қолданылады. Бірақ осы қозғалтқыштар гироскопиялық аспаптарда көбінесе қолданылды.

Сызықтық асинхронды қозғалтқыштар. Көптеген өндіріс механизмдерінде, көлік құралдары мен аппаратура құрылғылары жұмыс істейтін мүше трансляциялық немесе оралмалы қозғалысты орындайды.

Осы құрылғыларды және механизмдерді басқару үшін айналмалы қозғалыстағы қозғалтқыштар мен аралық кинематикалық байланыс желілік қозғалыстың айналмалы қозғалысына айналады. Осындай буын жетекті қиындатады, қосымша қуат шығындарын тудырады, тиімділік пен сенімділікті төмендетеді. Осы құрылғылардың қозғалысының кинематикасы қозғалатын бөлік трансляциялық немесе кері қозғалысты орындайтын желілік электр қозғалтқышы арқылы жеңілдетіледі.

Сызықтық асинхронды қозғалтқыштар (САҚ) кеңінен қолданыла бастады.



7.9-сурет. Көпірлі кранның арбасының жетегінде САҚ қолдану мысалы:
 1 — болат арқалық; 2 — дөңгелектер; 3 — арба; 4 — САҚ қосымша элементі; 5 — орам; 6 — өзек

САҚ жұмыс принципі көпфазалы (үш фазалы) ағымдардың магнит өрісін құрудың ақаулар жүйесіне негізделген. Егер әдеттегі асинхронды қозғалтқышта статор өз осының бойымен цилиндрлік түрде кесіліп, жазықтыққа енсе, индуктор деп аталатын желілік қозғалтқыштың статорлары алынады.

Сызықты асинхронды қозғалтқыштар амортизаторларды, жүк машиналарын, металл өңдеу машиналарын, роботтар үшін электр жетектерді және көптеген басқа жағдайларда жүргізеді. Бұл қозғалтқыштар ілгерілемелі немесе қайтарма-ілгерілемелі қозғалыстарды орындайды.

САҚ практикалық қолдану мысалын қарастырайық. 7.9-суретте САҚ бар көпірлі кранның арба жетегінің құрылысы көрсетілген. Арбада 3 3 арбашада саңылауларында орам 5 орналасқан штрихталған өзектен 6 тұратын сызықтық қозғалтқыштың индукторы орналасқан. Дөңгелектерге арналған бағыттаушы 2 төменгі бөлігіне бекітілген болат жолақ - САҚ қосымша элементі 4 болып табылады.

Сызықтық асинхронды қозғалтқыштардың кемшіліктері: шеткі эффект құбылысы, қозғалтқыш арқылы жасалған электромагниттік күшті жоғарылату қиындықтары. Шеткі әсері құбылысы статордың ашық құрылымымен (индуктор) туындаған электромагниттік процестердің кешені болып табылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Асинхронды қозғалтқышының жұмысы қандай принципке негізделген?
2. Неліктен магнит сымын бір бірінен лакпен оқшауланған жұқа электротехникалық болат беттерден алады?
3. Асинхронды қозғалтқыш роторының айналу бағыты қалай өзгертеді?

4. Асинхронды қозғалтқыштың айналу моменті неге байланысты?
5. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштардың іске қосу және жиілігін реттеу қалай жүргізіледі?
6. Асинхронды қозғалтқыштың негізгі бөліктері қандай?
7. Ротордың қысқа тұйықталған орамасын дайындау үшін қандай материалдар қолданылады?
8. Асинхронды қозғалтқыштың негізгі кемшілігі қандай?
9. Асинхронды қозғалтқыштың жүктемесі азайған сайын қуат коэффициенті қалай өзгереді?
10. Бірфазалы асинхронды қозғалтқышты құрылысы және әрекет ету принципі дегеніміз не?

ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫ

8.1.

ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР.

Тұрақты ток электр машиналары механикалық энергияны тұрақты электр энергиясына түрлендіретін электр генераторларына (генераторлар - электр энергия көздері) және тікелей электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін электр қозғалтқыштарға бөлінеді. Бұл механикалық энергия қандай да механизмді (машиналар, жебелер, трамвай дөңгелектері, электр пойызы және т.б.) айналдыру үшін қолданылады. Алғашқы электр машинасы тұрақты ток электр қозғалтқышы болды - қозғалтқышты 1838 жылы Б. С. Якоби жасаған.

Электрлік тұрақты ток машиналары (қозғалтқыштар мен генераторлар) әртүрлі инженерлік жүйелерде кеңінен қолданылады. Тұрақты ток қозғалтқыштарының негізгі артықшылығы айналу жылдамдығын біртіндеп басқаруға және үлкен іске қосу моментін алуға мүмкіндік береді. Осы себепті тұрақты электр қозғалтқыштары электр қозғалтқыштарындағы тартқыш қозғалтқыштар ретінде, сондай-ақ түрлі технологиялық жабдықтарды жетілдіру үшін кеңінен қолданылады.

Электр қуаты аз қуатты тұрақты ток машиналары автоматты басқару жүйелерінде қолданылады, онда олар тек жетектерді басқаруға ғана емес, сонымен қатар реттелетін жүйенің қозғалыс бөліктеріне арналған жылдамдық сенсорлары ретінде қолданылады.

Тұрақты тоқ электр машиналарының жалпы кемшілігі олардың сындарлы күрделілігі болып табылады, бұл көбінесе қылшақты-коллекторлық аппаратпен байланысты. Сонымен қатар машиналардың сенімділігін төмендететін және оларды қолдану аясын шектейтін электр машинасының тізбектерін үнемі қайта іске асыратын қылшақты-коллекторлық қондырғыда арқа бар.

Тұрақты тоқ қозғалтқыштарының маңызды кемшілігі, сондай-ақ, олар үшін ауыспалы тоқ электр энергиясын тікелей электр тоғына айналдырудың қажеттілігі болып табылады. Аталған кемшіліктерге қарамастан, тікелей тоқ қозғалтқыштары кейбір жағдайларда алмастырылмайды, себебі олар үлкен жүктеме сыйымдылығы, жақсы іске қосу және реттеу қасиеттеріне ие.

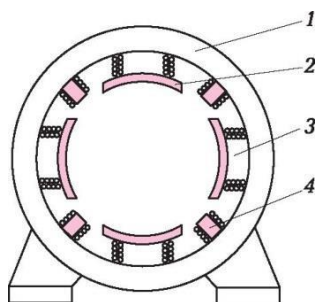
Электр машиналары қайтарымды. Бұл дегеніміз, бір машина генератор ретінде де, қозғалтқыш ретінде де жұмыс істей алады. Сондықтан генераторды немесе қозғалтқышты бөлек қарастырмай, тұрақты тоқтың құрылысы туралы айтуға болады. Қайтарымдылық сипаты машинаның белгілі бір мақсатына қарсы болмауы керек, ол әдетте қозғалтқыш ретінде немесе генератор ретінде пайдаланылады.

Генератор мен қозғалтқыш есептік және конструкциялық ерекшеліктерімен ажыратылады. Сондықтан генератор немесе қозғалтқыш ретінде қозғалтқышты пайдалану машинаның жұмысының нашарлауына, атап айтқанда, ПӘК төмендеуіне әкеледі.

Тұрақты тоқ машинасының номиналды жүктеме кезінде пайдалы әсер коэффициенті 75% немесе одан жоғары. Машинаның есептік қуаты неғұрлым жоғары болса, соғұрлым оның ПӘК жоғары болады. Қуаты 100 кВт машинада пайдалы әсер коэффициенті - 92%.

8.2. ТҰРАҚТЫ ТОҚ МАШИНАСЫНЫҢ

Тұрақты тоқ машинасы негізгі магнит өрісін және EMF индуцирленген айналатын бөлікті қозғалтуға қызмет ететін тұрақты бөліктен тұрады. Негізгі магнит өрісі өзара әрекеттесетін бұл ЭҚК-нің тоқтары генератор режимінде тежеуіш моментін және қозғалыс үйіру режимінде құрады.



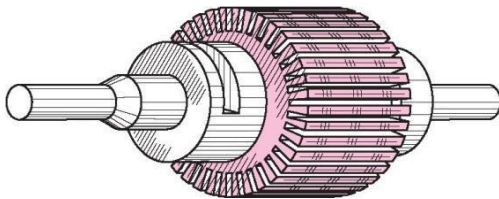
8.1-сурет. Тұрақты ток машинасының қозғалмайтын бөлігі:
1 — станина; 2 — полюсті ұштық; 3 — басты полюстің өзегі; 4 — қосымша полюстің өзегі

Тұрақты ток машинасының қозғалмайтын бөлігі (8.1-сурет) негізгі магнитті тіректер негізгі магниттік ағындарды қозғалысқа келтіретін базадан және машинада ауысуды жақсарту үшін қосымша тіректерден тұрады.

Басты полюс табақты болаттан жасалған және станинаға бұрандамалармен бекітілген өзектен, қоздыру орамасының катушкаларынан тұрады. Өзек бос ұшында арматура шеңберіндегі магниттік индукцияның қажетті таралуын қалыптастыру үшін полюсте бөлікпен қамтамасыз етіледі.

Станина машинаның мылтығы болып табылады, яғни негізгі ағынның магниттік тізбегін жабатын бөлік. Ол тұтас болаттан жасалған, себебі магнит ағыны салыстырмалы түрде тұрақты болып табылады. Негізгі полюстер арасындағы станинаға қосымша полюстер орнатылды. Қосымша полюстердің өзектерінде зәкірге тізбектей қосылған орамалар орналасқан.

Зәкір деп ЭҚК индукцияланатын машинаның бөлігін айтады. Тұрақты ток машинасында арматура серленген ядродан, орамдағы орамалдан және арматура білігіне бекітілген коллектордан тұрады. Зәкір өзегі қалыңдығы 0,5 мм қашықтықтағы электрлі болаттан жасалған, бір-бірінен лакпен оқшауланған парақтардан жиналады.



8.2-сурет. Зәкір өзегі

Өзек саңылауларына (8.2-сурет) әдетте жекелеген бөлімдерден тұратын зәкір орамасын салады. Коллектордан тоқты алып тастау үшін қылшық ұстағыштарға қылшықтар орнатылады. Қылшақты коллекторға серіппе басады. Қылшақтан тоқ арнайы икемді кабель арқылы бұрылады. Қылшақ ұстағыштарды қылшақты траверсаға кигізеді, олар электрлік оқшауланады. Машинаның полюстеріне қатысты қылшықтардың орнын өзгерту арқылы бұруға болатындай етіп траверсаны зәкірмен бір оське бекітеді.

Тұрақты тоқ электр машиналарының тән сипаты коллектор болып табылады - оқшауланған сынғыш мыс пластиналарынан құрастырылған қуыс цилиндр. Коллектордың пластиналары да машина білігінен оқшауланады. Олар зәкір ойықтарында орналасқан орама тармақтары арқылы өткізгіштермен жалғастырады. Айналмалы орама қылшақ пен коллектор арасындағы жылжымалы контактор арқылы сыртқы тізбекке қосылады.

8.3. ТҰРАҚТЫ ТОҚ МАШИНАСЫНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ

Кез келген электр машинасының (генератор немесе қозғалтқыш немесе айнымалы тоқ қозғалтқышы) жұмысы екі қарама-қарсы айналатын сәттердің өзара әрекеттесуімен сипатталады, олардың біреуі механикалық, екіншісі электр күштері арқылы жасалады. Қозғалтқыштың және генератордың жұмыс істеуіне қосымша желілік кернеу мен арматуралық орамаларда пайда болатын ЭҚК өзара әрекеттесуімен сипатталады.

Машина негізгі қозғалтқышпен (турбиналы немесе ішкі жану қозғалтқышымен) айналдырылса, генераторлық режимде жұмыс істейді, магнит өрісі қозғалады. Осы айнарудың нәтижесінде зәкір орамдарының бұрылыстарына енетін магнит ағыны өзгереді. Зәкір тізбегі қабылдағышқа қылшақтар арқылы қосылады. Осындай жағдайларда, зәкірдің орамасындағы ЭҚК, зәкір мен қабылдағышта тоқ береді.

Негізгі магнит өрісі бар зәкір тоқтарының өзара әрекеттесуі машина білігіне тежеуіш моментін жасайды, ол бастапқы қозғалтқыш арқылы өтіп кетеді. Генератор механикалық энергияны электр энергиясына айналдырады.

Қозғалыс режимінде, зәкір тізбектері және машинаның қозғалысы қуат көзіне қосылады. Зәкір тоғының магнит өрісімен өзара әрекеттесуі айналдыру моментін түзеді, оның әрекетімен айналмалы зәкір машинаның білігіне жүктеу моментінен асып түседі.

Қозғалтқыш электр энергиясын механикалық энергияға айналдырады, содан кейін зәкірдің айналуының механикалық қуатына айналады:

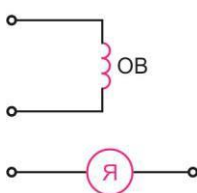
$$P_{эм} = EI_{я}; P_2 = Mn/9,55.$$

Қозғалтқыштағы шығындарды ескере отырып, оның ПӘК, %, қатынасы анықталады

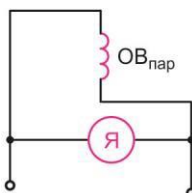
$$\eta = P_2/P_1 \cdot 100 = (P_1 - \sum P)/P_1 \cdot 100.$$

Тұрақты ток машиналардың ең маңызды жіктелген белгісі - негізгі магнит өрісін қоздыру тәсілі. Мұның бір жолы машинаның полюстеріне тұрақты магнитті қолдануды көздейді. Көптеген қазіргі заманғы машиналарда негізгі магнит өрісі электр магниттерімен қозғалады. Ол үшін қозғалтқыштың полюстерінің өзектеріне қоздыру ағымымен қозғалу орамдары қолданылады. Генератор режимінде де, қозғалтқыш режимінде де жұмыс істейтін тұрақты ток машиналарының барлық жұмыс сипаттамалары қоздыру схемасының зәкір тізбегіне жалғанғандығына байланысты. Бұл тізбектердің қосылуы параллель, тізбекті және аралас болуы мүмкін, сондай-ақ бұл тізбектер бір-бірінен тәуелсіз болуы мүмкін, сәйкесінше машиналардың параллель, тізбектей, аралас және тәуелсіз қозуын ажыратуға болады.

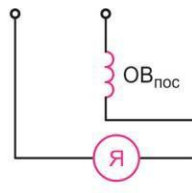
Тәуелсіз қозатын машиналарда (8.3-сурет) қозу орамасы ҚО электр тоғының тәуелсіз көзіне қосылады, осының арқасында оның ішіндегі ток машинаның зәкірінің шығыстарындағы кернеуге байланысты болмайды. Осы машиналардағы қозу орамдарының сымдар қимасы қоздыру тоғы көзінің кернеуіне байланысты таңдалады. Бұл машиналар үшін тән негізгі магнит ағынның машинаның жүктемесіне тәуелсіздігі болып табылады.



8.3-сурет. Тәуелсіз қозуы бар машина

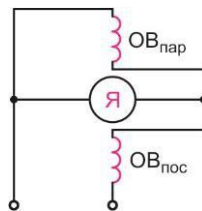


8.4-сурет. Параллель қозуы бар машина



8.5-сурет. Тізбектей қозуы бар машина

8.6-сурет. Аралас қозуы бар машина



Параллель қозуы бар машиналарда (8.4-сурет) қозу орамасының тізбегі зәкірдің Я тізбегімен параллель қосылады. Бұл жағдайда қозу тоғы I_{ϕ} зәкір тоғынан бірнеше есе аз ($0,05...0,01$), ал зәкір тізбектерінің шығыстары мен қозу арасындағы кернеу U бірдей. Демек, қозу орамасының кедергісі

$$\left(R_{\phi} = \frac{U}{I_{\phi}} \right) \text{ салыстырмалы үлкен болу керек. Параллель қозатын}$$

машинаның қозу орамасының

жұқа сымнан жасалған $w_{\text{пар}}$ жұп тармақтар саны көп және осының арқасында елеулі кедергіге ие. Жоғары қуат жүйесінде жұмыс істейтін параллель қозу машиналары үшін негізгі магниттік ағынның тұрақтылығы және машина жүктеу жағдайларына оның шамалы тәуелділігі тән.

Тізбектей қозу машиналарында (8.5-сурет), зәкіртоғы I_{ϕ} қозу орамасының тоғына тең, сондықтан зәкір үлкен қиманың симынан жасалған. Тізбектей қозу орамындағы тоқ мәні I_{ϕ} үлкен, осының арқасында қажетті магнит қозғалтқыш күшті ($I_{\phi} w_{\text{пос}}$) алу үшін бұл орамның бірнеше тармағы $w_{\text{пос}}$ болуы жеткілікті. Яғни тізбектей қозу орамасының кедергісі R_{ϕ} салыстырмалы түрде аз. Бұл машиналар магниттік ағынның кең шектеріндегі өзгерістерді машинаның жүктемесінің өзгеруімен сипаттайды.

Аралас қозуы бар машиналарда (8.6-сурет) әрбір полюстік өзекте екі орам бар. Осы орамдардың зәкірге параллель қосылған біреуі негізгі болып табылады. Одан туындайтын МДС ($I_{\text{пар}} w_{\text{пар}}$) негізгі магнит өрісін қоздырады.

Екінші орама $w_{\text{пос}}$ тек осы магнит өрісіне қосымша әсер етеді. Тізбектей немесе параллель қоздау орамасының көмегімен құрылған МДС басымдыққа байланысты машина өзінің сипаттамалары бойынша шағын параллель қозу орамасы бар тізбектей қозатын машина болуы мүмкін. Аралас қозатын көптеген машиналарда екі орамның МДС қосылады.

Тұрақты тоқ машиналарының барлығы үшін зәкір орамындағы, зәкір тоқтарының әсер етудің электромагниттік моментінің және машинаның негізгі магнит өрісінің ЭҚК негізгі болып табылады.

Полюс астындағы магнит өрісімен қозғалған кезде өткізгіш (зәкір орамы) магнит жолақтарды кесіп өтеді және оның ішінде ЭҚК индукцияланады:

$$e_1 = 1n_{\alpha}B,$$

мұндағы 1 — өткізгіштің белсенді ұзындығы; n_{α} — зәкірдің айналу жиілігі; B — магниттік индукция.

Бұл ЭҚК лезде мәні, ол полюстік бөліну бойымен магнит индукцияның өзгеруіне байланысты өзгереді. ЭҚК орташа мәнін анықтау үшін оның өрнегіне полюстік бөліну шегіндегі полюс астындағы магнит индукцияның орташа мәнін B_{op} қоямыз:

$$E_{1cp} 1n_{\alpha}B_{cp}.$$

Магнит индукцияның орташа мәні полюстің магнит ағынының ол өтетін ауданға қатысына тең:

$$B_{\alpha\delta} = \frac{\Phi}{rl},$$

мұндағы r — кешенді бөліну; 1 — орам секциясының белсенді ұзындығына те зәкір ұзындығы.

Мына белгіленуді енгізіп $\tau = \frac{\pi D}{2p}$, мұндағы D — зәкір диаметрі, аламыз

$$B_{cp} = \frac{\Phi}{\frac{\pi D}{2p} l} = \frac{2p\Phi}{\pi D l}$$

Орамның бір белсенді өткізгішінде индукцияланатын ЭҚК орташа мәнін электромагниттік индукция заңының формуласы бойынша анықтаймыз:

$$E_1 = B_{cp} l v$$

Яғни,

$$E_{\text{ср}} = \frac{2p\Phi}{\pi D l} l v = \frac{2p\Phi}{\pi D} v$$

Зәкір орамының өткізгіштерінің сызықтық қозғалыс жылдамдығы, м/с,

$$v = \pi D n / 60,$$

мұндағы D — зәкір диаметрі, м; n — айналу жиілігі, айн/мин.

Яғни,

$$E_{\text{ср}} = \frac{2p\Phi}{\pi D} \frac{\pi D n}{60} = \frac{2p\Phi n}{60},$$

мұндағы p — полюстер жұбының саны, м; n — қозғалтқыштың айналу жиілігі; Φ — магниттік ағын.

Зәкір орамы N белсенді өткізгіштерден тұрады. Қылшақтар осы орамды $2a$ параллель тармақтарға бөледі. Осылайша, әрбір параллель тармақтың шегінде $\frac{N}{2a}$ белсенді өткізгіштер тізбектей жалғанады.

Зәкір ЭҚК — бұл орамның бір параллель тармағының ЭҚК, ол оны құрайтын өткізгіштердің құраушыларында индукцияланатын ЭҚК сомасына тең. Яғни,

$$E_y = \frac{E_{\text{1\ddot{a}\ddot{a}}} N}{2a},$$

немесе

$$E_y = \frac{p}{a} N \Phi \frac{n}{60} = C_E \Phi n,$$

мұндағы N — белсенді өткізгіштер саны; a — параллель тармақтар саны; C_E — осы машина үшін тұрақты коэффициент.

Қозғалтқышта зәкір ЭҚК-і тоққа қарама-қарсы бағытталған және қарсы электр қозғаушы күш деп аталады. Генератор зәкірінің ЭҚК өзгерту үшін не қозу тоғын өзгерту арқылы магнит ағынын, не генератор зәкірін айналдыратын қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгерту қажет. Зәкірдің электр қозғаушы күшін реттеуге болады, ол үшін зәкірдің магнит өрісін немесе айналу жиілігін өзгертеді.

Тұрақты тоқ машинасы генератор режимінде жұмыс істегенде зәкір тоғының машинаның негізгі магнит өрісімен әрекеттесуі тежегіш момент түзеді, ол бастапқы қозғалтқышты асып өту керек. Машина қозғалтқыш режимінде жұмыс істегенде зәкір тоғының магнит өрісімен әрекеттесуі айналу моментін түзеді.

Осы екі режим кезінде энергия тасымалдау бағыты әртүрлі, бірақ зәкірге әсер ететін электромагниттік моменттің табиғаты бірдей.

Машина полюстерінің астындағы зәкір орамының N белсенді өткізгіштерінің әрбір өткізгішіне күш әсер етеді. Осы күштердің сомасы зәкірге әсер ететін электромагниттік өріс тудырады:

Машинаның электромагниттік моменті

$$M_{эм} = P_3 \Omega,$$

мұндағы $\Omega = 2\pi n/60$ — зәкірдің бұрыштық жылдамдығы, рад/с.

$P_3 = EI_\gamma$ және $E = \frac{pN}{60} n\Phi$ болғандықтан, машинаның электромагниттік моменті келесі өрнекпен анықталады:

$$M = \frac{pN}{2\pi a} I \Phi = \tilde{N} \Phi I.$$

p , N және a параметрлері осы машина үшін тұрақты, себебі

$\frac{pN}{2\pi a} = C_M$ өрнегі қозғалтқыштың конструкциялық деректеріне тәуелді тұрақты (момент бойынша) коэффициентке сәйкес келеді $C_M = 9,55 C_E$.

Коэффициент C_M қозғалтқыштың төлқұжатынан қозғалтқыштың номиналды моментін $M_{ном}$ оның номиналдытоғына бөлген кезде алымынан анықтайды.

Тұрақты ток машиналарының айналу жиілігі келесі формула бойынша анықталады $n = E/C_E \Phi$.

8.1-мысал Тәуелсіз қозудың тұрақты ток қозғалтқышының келесі номиналды параметрлері бар: $P_{ном} = 130$ кВт; $U_{ном} = 220$ В; $n = 600$ айн/мин; $\eta = 92\%$; $R_a = 0,01$ Ом; $C_M = 65$. Зәкірдің номиналды тоғын, ЭҚК және қозғалтқыштың айналдыру моментін, бір полюстің магнит ағынын және электромагниттік қуатты анықтау.

Ш е ш і м і . Қозғалтқыштың төлқұжатында номиналды механикалық қуат P_2 көрсетілгендіктен, тұтынатын қуат $P_1 = P_2/\eta = 141$ кВт. Зәкір тоғын (параллель қозу кезінде) мына қатынастан табамыз $I_{ном} = P_{1ном}/u_{нош} = 645$ А.

ЭҚК мына формуламен анықтаймыз $E = U - I_{ном} K_\gamma = 220 - 645 \cdot 0,02 = 213,5$ В, электромагниттік қуатты — мына формула бойынша $P_{эм} = EI_\gamma = 137$ кВт. Айналдыру моментін мына формуламен анықтаймыз $M = C_M I_\gamma \Phi = 2,2$ кН • м; а магниттік ағынды — мына формуламен анықтаймыз $\Phi = E/\pi C_E = 9,55 E/\pi C_M = 0,052$ Вб.

8.2-мысал Тәуелсіз қозудың тұрақты тоқ генераторының келесі номиналды параметрлері бар: $P_{\text{ном}} = 10 \text{ кВт}$; $U_{\text{ном}} = 110 \text{ В}$; $n_{\text{ном}} = 1450 \text{ айн/мин}$; зәкірдің жұмыс кедергісі $R_{\text{я}} = 0,05 \text{ Ом}$. Тұтынушының және қозу тізбегінің номиналды тоқтарын анықтау, егер $I_{\text{ном}} = 5\% I_{\text{я-ном}}$ құрады. Номиналды жұмыс режимінде генератордың ЭҚК және электромагниттік моменті неге тең?

Ш е ш і м і . Тұтынушының номиналды тоғы $I_{\text{ном}} = P_{\text{ном}}/U_{\text{ном}} = 10000/110 = 91 \text{ А}$ қатынаспен, ал қозу орамының тоғы $I_{\text{ном}} = 4,55 \text{ А}$ анықталады. Генератор ЭҚК $E = U_{\text{ном}} + I_{\text{ном}} R_{\text{я}} = 110 + 91 \cdot 0,05 = 114,55 \text{ В}$. Қозғалтқыштың электромагниттік моменті $M = 9,55 E_{\text{ном}}/I_{\text{ном}} = 68,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

8.5. ЗӘКІР РЕАКЦИЯСЫ

Машинадағы магнит ағыны тоқ өтетін барлық орамдармен түзіледі. Бос жүріс режимінде генератор зәкірінің орамы бойымен тоқ өтпейді, ал қозғалтқыштың зәкірінің орамымен мәні шамалы бос жүріс тоғы өтеді. Сондықтан машинада тек полюстердің осьтік сызығына қатысты симметриялы, қозу орамымен түзілетін негізгі магнит ағыны Φ бар.

Қылшақтар зәкір орамының өткізгіштерінің жанында орналасқан, олардан қылшақтар осы сәтте жалғанған коллекторлық пластиналарға аралық шықпалары шығады. Барабан зәкірі бар машина кеңістігінде қылшақтар полюстердің осьтері бойында орналасқан. Қылшақтардың осылай орналасуы *геометриялық нейтралды орналасу* деп аталады, яғни зәкірдің центрі арқылы өтетін желілерге және негізгі ағынмен индукцияланатын ЭҚК нөлге тең орам өткізгіштері нөлге тең. Геометриялық нейтраль полюстердің осьтік сызықтарына перпендикуляр.

Генератор зәкірінің орамына жүктеме $R_{\text{н}}$ жалғанса немесе қозғалтқыштың білігіне тежегіш момент әсер етсе, орам бойымен зәкір тоғы $I_{\text{я}}$ өтеді, ол зәкірдің магнит ағынын $\Phi_{\text{я}}$ түзеді. Зәкірдің магнит ағыны қылшақтар орналасқан сызықпен бағытталады. Егер қылшақтар геометриялық нейтралды орналасса, онда зәкір ағыны негізгі магнит ағынына перпендикуляр орналасады және сондықтан көлденең магнит ағыны деп аталады.

Зәкірдің магнит ағынының негізгі магнит ағынына әсері *зәкір реакциясы* деп аталады.

Оның салдарынан машина саңылауындағы магнит индукция одан сайын бірқалыпсыз болады. Магниттік индукциясы жоғары нүктелерде тұрған зәкір өткізгіштерінде үлкен ЭҚК индукцияланады, бұл коллектордың көрші пластиналары арасындағы потенциал айырмасының ұлғаюына және коллекторда ұшқына пайда болуына әкеледі. Кейде электр доғасы барлық коллекторды жабады, «дөңгелек от» түзеді, бұл ұшқындаудың әлеуетті себебі болып табылады.

Көп жағдайда зәкірдің реакциясы - жағымсыз құбылыс, ол негізгі магнит өрісін бұрмалап, машинаның жұмыс істеу жағдайларын нашарлатады, сондықтан оларды құрастыру кезінде оның әсерін азайту шаралары қарастырылады.

Қылшақарды физикалық нейтральге жылжытып, зәкір реакциясының теріс әсерін азайтуға болады. Қылшақтарды генератордың жанынан зәкірдің айналу бағытымен, ал қозғалтқышта - керісінше, айналуға қарсы бағытта жылжытады.

Дайын машинаны шығарған кезде оның қандай да ұшқындалуын болдырмайтын қараңғы коммутацияны баптайды. Бірақ машинаны пайдалану кезінде коллектор мен қылшақтар тозған сайын, ұшқындай пайда болуы мүмкін. Кейбір жағдайларда ол елеулі және қауіпті болуы мүмкін, онда ұшқындау себептерін анықтау және жою үшін машинаны тоқтату керек.

Коллектордағы ұшқындалуға әкелетін себептерге механикалық және коммутациялық себептерді жатқызуға болады:

- *механикалық ұшқындау себептері* — қылшақтардың коллекторға әлсіз қысылуы, коллектордың соғылуы, оның эллиптикалығы немесе тегіс емес беті, коллектор бетінің ластануы, мыс пластиналар үстінен миканитті оқшауландудың шығуы, траверсаның, сұққылардың, қылшақ ұстағыштардың тығыз жабылмауы, сондай-ақ қылшақ пен коллектор арасындағы электр контактіні бұзатын басқа себептер;
- *ұшқындаудың коммутациялық себептері* зәкір орамасының секцияларының бір параллель тармақтан екіншісіне өтуіне байланысты машини болатын физикалық процесстер кезінде туындайды.

Кейде ұшқында бір топ себептер жинағынан туындайы. Ұшқындау себептерін анықтауды механикалық себептерден бастау керек, себебі оларды коллектор мен қылшақ құрылғының күйін тексеру арқылы анықтауға болады. Коммутациялық себептерді анықтау және жою қиынырақ.

Ұшқындау машинаның жұмыс істейтін ортасының химиялық жағдайының өзгеруіне байланысты. Сонымен қатар ұшқындау кенеттен пайда болып, тіпті уақыт аралығында өзгеруі мүмкін.

Электр қозғалтқыштың негізгі теңдеуіне тағы да оралайық $U = E + I_{я}R_{я}$. Қозғалтқыштың ЭҚК үшін өрнек генератордың ЭҚК үшін өрнектен ерекшеленбейді, себебі екі жағдайда да орамның өткізгіштері магнит өрісінің күштік сызықтары арқылы өтеді. Генератор зәкірі механикалық күшпен, ал қозғалтқыштың зәкірі электр күшпен тербелетіні электромагниттік индукция заңы тұрғысынан маңызды емес. Сондықтан $E = C_E n \Phi$, яғни, $U = C_E n \Phi + I_{я}R_{я}$. Яғни, қозғалтқыштың айналу жиілігі

$$n = \frac{U - I_{я}R_{я}}{\tilde{N}_A \Phi}.$$

Практикалық тұрғыдан қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу шарттары мен тәсілдерін елестету маңызды. Шығарылған формула осы есепті шығаруға мүмкіндік береді. Қуатын шығындарын азайту үшін зәкір орамасының кедергісін $R_{я}$ мүмкіндігінше аз етіп жасауға тырысады (нақты машиналарда ол жүздеген немесе мыңдаған үлес ом құрайды). Осыған сәйкес зәкірдің белсенді кедергісіндегі кернеудің түсуі $I_{я}R_{я}$ желінің кернеуіне қарағанда үлкен емес. Сондықтан қозғалтқыштың айналу жылдамдығына арналған

формулада $I_{я}R_{я}$ көбейтіндісін елемеуге болады. Онда $n \approx \frac{U}{C_E \Phi}$.

Осылайша, қозғалтқыштың айналу жиілігін баяу өзгертудің келесі тәсілдері бар:

- зәкір тізбегінде реостат кедергісін өзгерту $r_{доб}$;
- Φ қозудың магнит ағынын өзгерту (қозу тізбегінде тоқтың өзгеруі 1_B);
- қозғалтқыш зәкіріне келтірілген кернеуді U өзгерту.

Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу тәсілдері реттеу баяулығымен және диапазонымен, үнемділікпен (шығындар мөлшерімен және қолданылатын аппаратура құнымен) бағаланады.

Зәкір тізбегіндегі реостат кедергісін $r_{доб}$ өзгерту арқылы қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу номиналды айналу жиілігінен «төмен» жаққа азайту арқылы мүмкін.

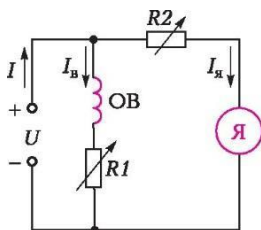
$r_{\text{доб}}$ кедергісін ұлғайтқан сайын жасанды механикалық сипаттаманың ординаталар осіне қатысты бұрылу бұрышы азаяды, яғни сипаттама жұмсарады, бұл жүктеме өзгерген кезде қозғалтқыштың айналу жиілігінің ауытқуының ұлғаюына әкеледі.

Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеудің бұл тәсілінің артықшылықтары - жүзеге асыру қарапайымдылығы және баяулығы (реттегіш реостаттың сатылар санына байланысты). Бұл тәсілдің кемшіліктері — реостаттағы $r_{\text{доб}}$ электр шығындарымен байланысты үнемсіздігі, олардың шамасы зәкір тоғының квадратына пропорционал, және, салдарынан, шығындар есебінен қозғалтқыштың пайдалы қуатының азаюы; айналу жиілігін номиналды айналу жиілігінен «төмен» ғана реттеу мүмкіндігі.

8.7-суретте реттегіш реостаттардың параллель қозудың тұрақты тоғының қозғалтқыш схемасына қосылу мүмкіндігі көрсетілген. Желінің кернеуі U тұрақты кезде кедергіні $R2$ ұлғайта отырып, зәкірге келтірілген кернеуді және қозғалтқыштың айналу жылдамдығын азайтамыз. Кедергіні $R1$ ұлғайта отырып, қозу тоғын және қозудың магнит ағынын азайтамыз, яғни қозғалтқыштың айналу жылдамдығын ұлғайтамыз.

Тәуелсіз (параллель) қозғалтқыштардағы реостаттың көмегімен қозу тоғын реттеу күштік тізбекте (зәкір тізбегінде) емес, қуаты үлкен және орташа қозғалтқыштардағы тоқ зәкірдің номиналды тоғынан 10...15% аспайтын қозу тізбектерінде жүзеге асырылғандықтан, осы реостаттағы шығындар елеусіз. Бұл қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеудің қарастырылып отырған тәсілінің үнемділігін білдіреді. Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеудің қарастырылып отырған тәсілінің кемшілігі магнит ағынын Φ өзгерткен кезде механикалық сипаттаманың бұрылу бұрышы өзгертінді, яғни оның қаттылығы өзгертінді болып табылады.

Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеудің қарастырылып отырған тәсілін жүзеге асыру оңай және тұрақты тоқ қозғалтқышының айналу жиілігін номиналды айналу жиілігінен "жоғары" реттеу қажет болғанда қолданылады.



8.7-сурет. Параллель қозу тұрақты тоғының қозғалтқышының схемасына реттегіш реостаттарды қосу

Қозғалтқыштың айналу жиілігін зәкір тізбегіне келтірілетін кернеуді өзгерту арқылы реттеу номиналды айналу жиілігінен "жоғары" ғана жүзеге асырылады, себебі қозғалтқышқа номиналды кернеуден жоғары кернеу жіберу коммутация және оқшаулаудың электр беріктігі шарттары бойынша мүмкін емес.

Қазіргі кездегі электр жетегіндегі қозғалтқышқа келтірілетін кернеуді өзгертудің негізгі тәсілі оны басқарылатын тиристорлық кернеу түрлендіргішінен қоректендіру болып табылады.

Генератор-қозғалтқыш жүйесінде қозғалтқышты тұрақты тоқтың жеке генераторынан қоректендіру кезінде келтірілетін кернеуді реттеуге болады.

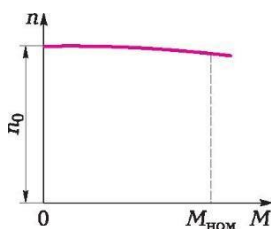
Қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеудің осы тәсілінің артықшылығы механикалық сипаттамалардың тұрақтылығы, баяулығы және реттеудің кең диапазоны болып табылады.

Қозғалтқыштың айналу жиілігін кең шектерде баяу және үнемді реттеу мүмкіндігі тұрақты ток қозғалтқыштарының ең маңызды артықшылығы болып табылады. Көптеген жағдайларда мотор электр қозғалтқыш зәкірінің айналу бағытын өзгерту қажеттілігі туындайды. Электр қозғалтқыш зәкірінің айналу бағытының өзгеруі *реверсирлеу* деп аталады. Тұрақты ток қозғалтқышын реверсирлеу үшін қозу магнит ағынының немесе зәкір тоғының бағытын өзгерту қажет. Егер қуат көзінің кернеу полярлығын өзгерту есебінен қозу ағынының бағыты мен зәкір тоғын бір мезгілде өзгертсе, қозғалтқыш зәкірінің айналу бағыты өзгермейді. Қозғалтқыштарды реверсирлеу зәкір тізбегіндегі немесе қозу тізбегіндегі ажыратып қосқыштар көмегімен жүргізіледі.

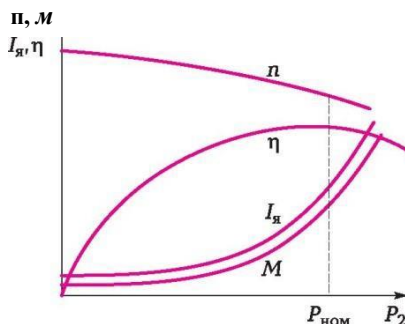
8.6. ТӘУЕЛСІЗ ЖӘНЕ ПАРАЛЛЕЛЬ ҚОЗУДЫҢ ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЖҰМЫС СИПАТТАМАЛАРЫ

Орнатылған айналу жиілігінің зәкір тізбектерінің қуат кернеуі және қозуы тұрақты болғанда қозғалтқыштың моментіне тәуелділігі *механикалық сипаттама* деп аталады.

Қозғалтқыштың айналу жиілігінің n , зәкір тоғының I_a , айналдыру моментінің M және пайдалы әсер коэффициентінің η



8.8-сурет. Параллель және тәуелсіз қозудың тұрақты ток қозғалтқыштарының механикалық сипаттамасы



8.9-сурет. Параллель және тәуелсіз қозудың тұрақты ток қозғалтқыштарының жұмыс сипаттамалары

зәкір тізбектерінің қуат кернеуі және қозуы тұрақты болғанда ($I_e = \text{const}$) қозғалтқыш білігіндегі пайдалы қуатқа P_2 тәуелділігі *жұмыс сипаттамалары* деп аталады.

Тәуелсіз қозу қозғалтқышының механикалық және жұмыс сипаттамалары параллель қозу қозғалтқышының осы сипаттамаларына ұқсас.

Параллель және тәуелсіз қозудың тұрақты ток қозғалтқыштарының механикалық сипаттамалары 8.8-суретте келтірілген. 8.8-суреттен көрініп тұрғандай, тежегіш моменттің кешектерде (нөлден бастап номиналды мәнге дейін) өзгеруі кезінде қозғалтқыштардың айналу жиілігі шамалы өзгереді. Яғни тәуелсіз және параллель қозу қозғалтқыштарының қатаң механикалық сипаттамалары бар.

Параллель және тәуелсіз қозудың тұрақты ток қозғалтқыштарының жұмыс сипаттамалары 8.9-суретте келтірілген. Пайдалы қуат P_2 ұлғайған сайын айналдыру моменті ұлғайғандықтан, қозғалтқыштың айналу жиілігі азаяды. Айналдыру моменті ұлғайған сайын оған пропорционал зәкір тоғы да ұлғаяды. Машинаны ең үлкен ПӘК номиналды мәннен сәл төмен жүктемелер кезінде қол жеткізілетіндей етіп жобаланады.

Отандық зауыттар түрлері және міндеті әртүрлі тұрақты ток машиналарын шығарады. Номиналды қуаттары 0,13 бастап 200 кВт дейін П сериялы электр қозғалтқыштарды қозғалтқыштың айналу жиілігін кең және баяу реттеуді қажет ететін электр жетектерде қолданады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Тұрақты ток машинасының ЭҚК неге тәуелді?
2. Қосымша полюстер не үшін орнатылады?
3. Генератордың өздігінен қозу процесі қалай өтеді?
4. Тұрақты ток машинасының негізгі конструкциялық бөлшектерін атаңыз.
5. Тұрақты ток генераторының зәкір орамдарының тармақтарында қандай ЭҚК индукцияланады?
6. Коллектордың негізгі міндеті қандай?
7. Тұрақты ток машинасының зәкірі дегеніміз не?
8. Қандай құбылыс зәкір реакциясы деп аталады?

СИНХРОНДЫ МАШИНАЛАР

9.1. СИНХРОНДЫ МАШИНАНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ

Синхронды машиналар әрі генератормен, әрі қозғалтқыш режимінде қолданылады. Синхронды электр машиналар көп жағдайда генераторлар ретінде қолданылады. Синхронды генераторлар электроэнергетиканың негізін құрайды, себебі бүкіл әлемдегі электр энергиясы синхронды генераторлардың - турбо- немесе гидрогенераторлар көмегімен өндіріледі. Бұл ретте осындай генераторлардың бірлік қуаты мыңдаған және тіпті миллиондаған киловатт құрайды.

Синхронды электр қозғалтқыштар синхронды қозғалтқыштарға қарағанда едәуір аз, және де осы қуаттарда және жұмыс режимінде олар үнемдірек болған кезде ғана қолданылады.

Синхронды электр қозғалтқыштар — бұл әдетте қуаты үлкен қозғалтқыштар, себебі дәл солар өздерінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері бойынша басқа типті қозғалтқыштардан асып түседі. Бұл олардың бірге жақын қуат коэффициентімен жұмыс істей алуымен түсіндіріледі. Қуаты аз синхронды қозғалтқыштар ескерілмейді, (әдетте 1 кВт дейін), бұл қозғалтқыштарда өзгермейтін синхронды айналу жиілікпен жұмыс істеу қабілеттері қолданылады.

Синхронды машиналар сонымен қатар синхронды компенсаторлар - электр энергиясының ірі тұтынушыларының қуат коэффициентін өте жоғары мәндерге дейін арттыруға және осы арқылы энергияның үнемделуіне әкелетін реактивті қуат генераторлары ретінде қолданыс тапты.

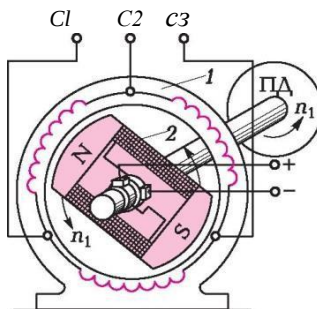
Құрылыс жағдайында іштен жану қозғалтқыштарынан жетегі бар синхронды генераторлар жылжымалы электр станциялары үшін қолданылды.

Синхронды қозғалтқыштардың абсолютті қатты механикалық сипаттамасы бар, яғни олардың айналу жиілігі тұрақты. Өнеркәсіпте және құрылыста

бұл қозғалтқыштар компрессорлық және сорғы қондырғылары үшін, сондай-ақ тас ұнтақтағыштар мен экскаваторлар үшін де қолданылады.

9.1-суретте синхронды генератордың функционалды схемасы келтірілген.

Статорда 1 асинхронды машинаның орамына ұқсас үш фазалы орам орналасқан. Роторда қосу орамасы бар электромагнит 2 орналасқан, ол айналамалы роторда және екі жылжымайтын қылтақта орналасқан екі түйіспелі сақиналардың көмегімен жүзеге асырылатын жылжымалы контактілер арқылы тұрақты тоқтан коректенеді.



9.1-сурет. Синхронды генератордың функционалды схемасы:
1 — статор; 2 — қосу орамасы бар электромагнит

ПҚ ретінде турбина, іштен жану қозғалтқышы немесе басқа механикалық энергия көзі қолданылатын жетекті қозғалтқыштан генератор роторы синхронды жылдамдықпен айнала бастайды.

Бұл ретте ротор электромагнитінің магнит өрісі де синхронды жылдамдықпен айналады және статордың үш фазалы орамында айнымалы ЭҚК E_A , E_B және E_C түзеді, олар мәні бойынша бірдей және фаза бойынша бір-біріне қатысты $1/3$ периодқа (120 эл. град) ығысқан бола тұра, симметриялы үш фазалы ЭҚК жүйесін түзеді.

Статор орамының қысқыштарына $C1$, $C2$, $C3$ жүктеме қосылған соң, статор орамының фазаларында токтар I_A , I_B , I_C пайда болады. Және де статордың үш фазалы орамы айналмалы магнит өрісін түзеді. Осы өрістің айналу жиілігі генератор роторының айналу жиілігіне тең. Осылайша, синхронды машинада статордың магнит өрісі және ротор синхронды түрде айналады.

Синхронды генератордың ЭҚК жиілігі f_1 , Гц, ротордың синхронды айналу жиілігіне пропорционал n_1 , айн/мин:

$$f_1 = \frac{pn_1}{60},$$

мұндағы p — полюстер жұбының саны (қарастырылып отырған генераторда екі полюс, яғни $p = 1$).

Өнеркәсіптік жиілікті (50 Гц) ЭҚК алу үшін осындай генератордағы роторды $n_1 = 3000$ айн/мин жиілікпен айналдыру керек.

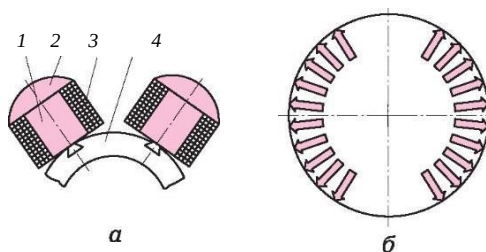
Синхронды машина қозғалмайтын бөліктен (статордан) және айналатын бөліктен (ротордан) тұрады. Синхронды машиналардың статорлары асинхронды қозғалтқыштардың статорларынан ерекшеленбейді, яғни корпустан, өзектен және орамадан тұрады.

Синхронды машина статорының конструкциялық орындалуы машинаның міндетіне және габариттік өлшемдеріне байланысты әртүрлі болуы мүмкін. Осылайша, қуаты үлкен көп полюсті машиналарда статор өзегінің диаметрі 900 мм асатын жағдайда өзек пластиналарын жеке сегменттерден жасайды, олар құрастыру кезінде статор өзегінің цилиндрін түзеді. Үлкен көлемді синхронды машиналардың статор корпустарын тасымалдауға және орнатуға ыңғайлы болу үшін оларды ажырамалы етіп жасайды. Синхронды машиналардың роторларының (9.2-сурет) екі түбегейлі ерекшеленетін конструкциялары бар. Олар анық полюсті және анық емес полюсті болуы мүмкін.

Синхронды машина генератор немесе қозғалтқыш болып жұмыс істей алады.

Айнымалы тоқ электр энергиясын өндіретін энергетикалық қондырғыларда синхронды генераторлардың бастапқы (жетекті) қозғалтқыштары ретінде негізінен қозғалтқыштардың үш түрін қолданады: гидравликалық турбиналар, бу турбиналары, іштен жану қозғалтқыштары — дизельді немесе бензинді. Аталған жетекті қозғалтқыштар түрлерінің кез келгенін пайдалану синхронды генератордың конструкциясына елеулі түрде әсер етеді.

Егер жетекті қозғалтқыш гидравликалық турбина болса, онда синхронды генератор *гидрогенератор* деп аталады. Гидравликалық турбина әдетте кішігірім айналу жиілігін дамытады (60...500 айн/мин), сондықтан



9.2-сурет. Синхронды машиналардың роторлары:

a — анық полюсті: 1 — өзек; 2 — полюсті ұштық; 3 — полюсті катушка; 4 — жиек; *б* — анық ноплюсті емес

өнеркәсіптік жиілікті айнымалы тоқ (50 Гц) алу үшін гидрогенераторда полюстер саны үлкен роторды пайдаланады. Гидрогенераторлар роторларының конструкциясы анық полюсті, әрбір полюс өзектен 1, полюсті ұштықтан 2 және полюсті катушқадан 3 тұратын жеке торап түрінде орындалады (9.2, а-сурет). Ротордың барлық полюстері жиекке 4 бекітілген, ол полюстер ағындары тұйықталатын машинаның магнит жүйесінің мойынтұрығы болып табылады. Гидрогенераторлар әдетте тік орналасқан біліктен жасалады.

Б у т у р б и н а с ы үлкен айналу жиілігімен жұмыс істейді, сондықтан ол айналдыратын генератор *турбогенератор* деп аталады және жылдам жүрісті синхронды машина болып табылады. Осындай генератордың роторларын не екі полюсті ($n_1 = 3000$ айн/мин), не төрт полюсті ($n_1 = 1500$ айн/мин) етіп жасайды.

Турбогенератордың жұмысы барысында оның роторына елеулі центрден тепкіш күштер әсер етеді. Сондықтан механикалық беріктік шарттары бойынша турбогенераторларда анық емес полюсті ротор қолданылады, оның түрі қозу орамдарына арналған бойлық саңылау бетінде профрезерленген ұзынша болат цилиндр түрінде жасалады (9.2, б-сурет). Анық емес полюсті ротордың өзегін сағағы (білік ұштары) бар тұтас болат соғылма түрінде немесе құрастырма етіп жасайды. Анық емес полюсті ротордың қозу орамы оның бетінің $\frac{2}{3}$ бөлігін (периметрі бойынша) ғана қамтиды. Бетінің қалған $\frac{1}{3}$ бөлігі полюстер түзеді. Ротор орамының беткі бөліктерін бұзылудан қорғау үшін центрден тепкіш күш әсерінен роторды екі жақтан әдетте магнитті емес болаттан жасалатын болат шентемір сақиналармен (каппалармен) жабады.

Қарастырылған синхронды генераторлар — гидрогенераторлар және турбогенераторлар — елеулі қуатымен (30 бастап 1200 МВ • А дейін) және шығысында жоғары кернеумен (30 кВ дейін) сипатталады. Бұл генераторлар әдетте Ресейдің бірыңғай энергетикалық жүйесіне қосылған ірі электр станцияларында қолданылады.

Сонымен қатар іштен жану қозғалтқыштары - кішігірім елді мекендерді және өнеркәсіптік орталықтардан алшақ орналасқан кәсіпорындарды, уақытша өнеркәсіптік қондырғыларды және т.б. автономды электрмен қамтамасыз ету агрегаттары кеңінен қолданылады. Бұл агрегаттар әрі стационар, әрі жылжымалы болуы мүмкін. Осындай агрегаттарда жетекті қозғалтқыштың негізгі түрі дизельді қозғалтқыштар болып табылады, ал агрегаттың қуаты азырақ болса, бензинді қозғалтқыштарды пайдалану мүмкін.

9.3. СИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ ЖӘНЕ ІСКЕ ҚОСЫЛУЫ

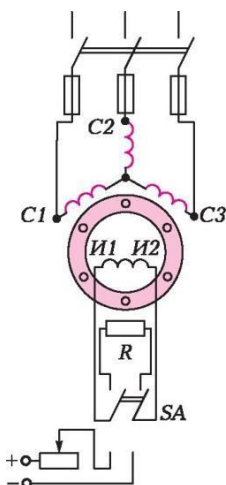
Синхронды қозғалтқыштың синхронды генератордың конструкциясымен салыстырғанда түбегейлі айырмашылықтары жоқ. Басқаша әрекет ететін электр қозғалтқыштарымен салыстырғанда (асинхронды және коллекторлық) синхронды қозғалтқыштардың ерекшелігі — олардың механикалық сипаттамасы мүлдем қатты, яғни синхронды қозғалтқыштың білігіндегі жүктеу моменті рұқсат етілген шектерде өзгерген жағдайда оның айналу жиілігі синхронды жиілікке ω_1 өзгеріссіз тең болып қалады.

Синхронды қозғалтқыштың негізгі айырмашылығы - іске қосу тәсілі. Синхронды қозғалтқыш оның статор орамдарын қуат көзіне жалғаған кезде іске қосу моментін дамытпайды, себебі ротор өзінің инерттілігінен лезде статордың магнит өрісінің айналу жиілігіне тең айналу жиілігіне жете алмайды, ол бір мезгілде статор орамдары желіге қосылған кезде орнатылады. Сондықтан қозған ротордың полюстері мен статордың айналмалы өрісі арасында синхронды айналдыру моментін түзетін тұрақты магнит байланысы туындайды.

Синхронды қозғалтқышты іске қосу үшін роторды алдын ала статор өрісінің айналу жиілігіне жақын жиілікпен айналдыру қажет. Осы жағдайларда статор өрісі айналып жатқан ротордың полюстеріне қатысты баяу қозғалатыны соншалықты, қозу орамын қуат көзіне жалғаған кезде

статордың айналмалы өрісінің роторының полюстері арасында магнит байланыс туындайды, ол синхронды электр магниттік моменттің туындауын қамтамасыз етеді. Осы моменттің әсерінен ротор синхронизмге тартылады, яғни синхронды жиілікпен айнала бастайды.

Синхронды қозғалтқышты іске қосудың бірнеше тәсілдері бар, бірақ асинхронды тәсіл практикада кеңінен қолданылады. Оны жүзеге асыру үшін ротордың полюсті ұштықтарының саңылауларында



9.3-сурет. Синхронды қозғалтқыштың асинхронды іске қосылуы:

$I1, I2$ — қозу орамдарының қысқыштары; SA — ауыстырып қосқыш; R — белсенді кедергісі бар резистор

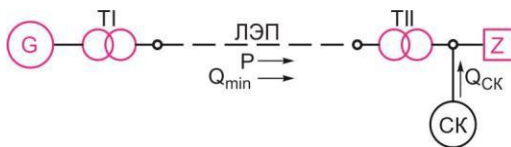
қысқа тұйықталған ротордың орамына ұқсатып жасалған қысқа тұйықталған іске қосу орамының өзектерін орналастырады. Әдетте осы орамның өзектерін жезден, мыстан жасайды және екі жағынан мыс сақиналармен тұйықтайды.

Синхронды қозғалтқышты іске қосу үшін қозу орамын ҚО резисторға R тұйықтайды (9.3-сурет), статор орамының үш фазалы желісіне қосады. Статордың айналмалы өрісі іске қосу орамының өзектерінде ЭҚК индукциялайды және осы өзектерде ток туындайды. Осындай тоқтардың статордың айналмалы өрісімен өзара әрекеттесу нәтижесінде ротордың әрбір өзегіне электромагниттік күш $P_{эм}$ әсер етеді. Осындай күштердің жиынтығы роторда асинхронды момент M_a түзеді, оның әсерінен ротор статор өрісімен бағыттас айнала бастайды. Роторды синхронды айналу жиілігіне жақын жиілікпен айналдырған соң қозу орамын ҚО тұрақты ток көзіне жалғайды. Қозғалтқыш қозады (ротордың полюстері магниттеледі), статор өрісі мен ротор полюстері арасында тұрақты магнит байланысы туындайды, ол синхронды электромагниттік байланыс түзеді және қозғалтқыш синхронизмге тартыла бастайды, яғни ротор айналып жатқан магнит өрісімен бірге синхронды айнала бастайды. Бұл ретте ротордың іске қосу орамында ЭҚК түзілмейді, сондықтан асинхронды момент $M_a = 0$.

9.4. СИНХРОНДЫ КОМПЕНСАТОРЛАРДЫҢ МІНДЕТІ ЖӘНЕ ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ

Синхронды компенсаторлар (СК) реактивті қуатты генерациялауға арналған синхронды машина болып табылады. Синхронды компенсаторды оның қуат коэффициентін арттыру мақсатында электр жүйеге қосады. Бұл ретте өтіп жататын құбылыстардың принципі кейбір тұтынушылар үшін қажетті реактивті қуатты электр станциясының синхронды генераторы емес, тұтынушыға тікелей жақын орнатылған және реактивті қуат көзі болып табылатын синхронды компенсатор шығаратыны болып табылады.

Елеулі реактивті қуатты қажет ететін айнымалы ток тұтынушыларының қатарына ең алдымен асинхронды қозғалтқыштар жатады. 9.4-суретте синхронды генератордан G , көтеретін ТІ және азаятын ТІІ трансформаторлардан, электр тасымалдау желілерінен ЭТЖ,



9.4-сурет. Синхронды компенсаторды электр жүйеге қосу схемасы

G — синхронды генератор; $ТІ$ — көтеретін трансформатор; $ТІІ$ — азайтатын трансформатор; ЭТЖ — электр тасымалдау желісі; Z — тұтынушы; $СК$ — синхронды компенсатор

тұтынушыдан Z және тікелей тұтынушының кірісіне қосылған синхронды компенсатордан $СК$ тұратын энергетикалық жүйе келтірілген. Желіге қосылған синхронды компенсатор бос жүріс режиміндегі ($P_2 = 0$) синхронды қозғалтқыш ретінде, яғни біліктегі жүктемесіз жұмыс істейді, және де тұтынушының Z жұмысы үшін қажетті реактивті қуат $Q_{СК}$ өнідерід, мысалы асинхронды қозғалтқыштар тобы. Осының арқасында синхронды генератордағы G реактивті қуат және ЭТЖ минималды мәнге Q_{min} дейін жеткізілген, бұл бүкіл электр жүйенің экономикалық көрсеткіштерінің артуына әкеледі.

Синхронды компенсатор бос жүріс режимінде, әдетте асры қозумен жұмыс істейтін синхронды қозғалтқыш болып табылады.

Кейде синхронды компенсаторлар жеткіліксіз қозумен жұмыс істейді. Бұл электр жүйесіндегі тоқтың электр жүйесінің осы аумағының тұтынушылары түзетін тоқтың индуктивті құраушысымен өтелмейтін елеулі сыйымдылықты құраушысы болған жағдайда қажет болады.

Синхронды компенсаторлар ұзақтығы үлкен желілер бойымен энергия тасымалдау кезінде желідегі кернеуді тұрақтандыру үшін қолданылады. Үлкен индуктивті жүктемелер кезінде желінің соңындағы кернеу (тұтынушылардағы) басындағыға қарағанда әлдеқайда аз болады; аз жүктемелер кезінде керісінше, электр тасымалдау желісінің сыйымдылық кедергілерінің әсерінен желінің соңындағы кернеу желінің басындағы кернеумен салыстырғанда артуы мүмкін. Егер желінің соңында (тұтынушыларда) қозуы жеткілікті емес, жоғары жүктемелермен жұмыс істейтін синхронды компенсаторды қосса, онда бұл кернеудің желінің соңында кернеуді өзгеріссіз қалдыруға мүмкіндік береді.

Синхронды компенсаторлар — бұл реактивтілігі үлкен электр машиналар: 10000 бастап 160000 квар. дейін.

Оларды әдетте 6,6 бастап 16 кВ кернеуге дейін, 50 Гц жиілікте, білікті тік орналастырып жасайды. Қазіргі сериялы синхронды компенсаторларда асинхронды іске қосу қолданылады, сондықтан олардың роторлары іске қосу торларымен жабдықталған.

Компенсатор білігі айналу моментін тасымалдамайды, сондықтан оны есептегенде ротордың ауырлық күшін және магнитті тарту күшін ғана ескереді. Нәтижесінде компенсатор білігінің синхронды қозғалтқыштың білігімен салыстырғанда қимасы аз болады, бұл компенсаторлардың габариттік өлшемдерінің және массасының азаюына әкеледі. Синхронды компенсаторлардың білігінің шығыңқы ұшы болмағандықтан, компенсаторлардың ішінде сутекті салқындатуды қолдану үшін оларды салыстырмалы түрле герметикалау оңай.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Синхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі қандай?
2. Синхронды қозғалтқыш асинхронды қозғалтқыштан қалай ерекшеленеді?
3. Синхронды генераторды желіге қосу үшін қандай шарттар орындау қажет?
4. Синхронды компенсаторлардың міндеті және жұмыс істеу принципі қандай?

ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІНІҢ НЕГІЗДЕРІ

10.1. ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІ ТУРАЛЫ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕР

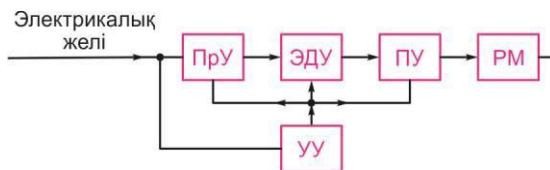
Кез келген жетекті қозғалтқышты қозғалысқа келтіру үшін қандай да энергия түрін механикалық энергияға түрлендіретін қозғалтқыш, сондай-ақ қозғалтқыш білігі мен жетекті механизм арасындағы механикалық беріліс жүйесі қажет.

Жетекті механизмдерді (станоктар, желдеткіштер, жүкарбалар, крандар және т.б.) қозғалысқа келтіру үшін электр қозғалтқыштарды қолдану олардың басқа қозғалтқыштарға қарағанда бірқатар артықшылықтарына байланысты: кез келген қуаттағы электр қозғалтқыштарын жасау мүмкіндігі, құрылысы және басқару қарапайымдылығы, пайдалану сенімділігі, автоматтандыру мүмкіндігі.

Электр жетегі дегеніміз жұмыс процестерін электрлендіруге және автоматтандыруға арналған электромеханикалық құрылғы (10.1-сурет).

Алғашқы рет электр жетегі ретінде 1837 жылы кеме жетегі үшін тұрақты тоқ қозғалтқышы қолданылды. 1889 ж. М.О. Доливо-Добровольский 1893 жылы жетек ретінде орнатылған асинхронды қозғалтқыш құрастырды.

Электр жетегінің барлық элементтері нақты сипаттамаларға ие, электр жетегіне қойылатын талаптарға сәйкес келетін бірыңғай жүйені құрайды.



10.1-сурет. Электр жетегінің құрылымы схемасы

Электр қозғалтқыш құрылғы (ЭҚК) — электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін электр жетегінің негізгі элементі.

Түрлендіргіш құрылғы (ТҚ) кернеуді, тоқты немесе жиілікті түрлендіреді (магнитті күшейткіш, түзеткіші бар магнитті күшейткіш).

Басқарушы құрылғы (БК) — нақты схема бойынша қосылған және оның электр бөлігіне әсер ету арқылы электр жетегінің (қол немесе автоматты) жұмысын басқаруды қамтамасыз ететін коммутациялағыш, күшейткіш, түрлендіргіш және басқа элементтердің кешені.

Беріліс құрылғысы (БҚ) электр жетегінің механикалық бөлігіндегі қозғалысты түрлендіреді — айналдыру моментін сәйкес өзгертетін айналу жиілігін ұлғайтады немесе азайтады. Беріліс құрылғысы ретінде әдетте редукторлар, белдікті немесе шынжырлы берілістер қолданылады. Кейбір жағдайларда беріліс құрылғысы қозғалыстың сипатын түрлендіреді, мысалы, айналдыру қозғалысты ілгерілемелі қозғалысқа (төрткілдеш беріліс немесе қосиінді-бұлғақты механизм). Беріліс құрылғысы жоқ электр жетектері болады. Осындай электр жетектерінде қозғалтқыш білігінің қозғалысы тікелей жұмыс машинасына (электр желдеткіштер, электр бұрғылар және т.б.) беріледі.

Жұмыс машинасы (ЖМ) өңделетін материалдың немесе ұйымның формаларын, қасиеттерін, қалыптарын өзгертеді. Мысалы, металл өңдегіш станок (жонғыш, бұрғылау, фрезер станогы және т.б.) немесе көтергіш құрылғы жұмыс машинасы болуы мүмкін.

Электр жетектерінің мынадай түрлері бар: топтық (трансмиссиялық), дара және көп қозғалтқышты:

- *топтық (трансмиссиялық) электр жетегі* — бір электр қозғалтқышпен бірнеше жұмыс машиналары іске қосылатын электр жетегі. Қазіргі өндірісте осындай электр жетегі шектеулі қолданылады, бұл оның кемшіліктерімен түсіндіріледі: берілісті құрылғылардың үлкендігі, автоматтандыру мүмкін еместігі, әр жұмыс машинасын басқару күрделілігі;
- *дара электр жетегі* — әрбір жұмыс машинасы жеке қозғалтқышпен іске қосылатын электр жетегі. Қазіргі уақытта осындай жетек көптеген жұмыс машиналары үшін негізгі болып табылады;
- *көп қозғалтқышты электр жетегі* — жұмыс машинасының жеке элементтерінің жеке электр жетектері бар электр жетегі.

Электр жетектерінің бұл түрі күрделі механикалық құрылғыларда (илемдік станок, ірі станоктар және т.б.) қолданылады. Бұл жұмыс машинасының механикалық бөлігін жеңілдетуге, қозғалыс берілісіне арналған элементтер бөлігін шығарып тастауға мүмкіндік береді.

Электр жетектің негізгі функциясы - жұмыс механизмін қозғалысқа келтіру және оның жұмыс режимін технологиялық процестің талаптарына сәйкес өзгерту болып табылады.

Электр жетектері бөлінеді:

- қозғалыс сипатына қарай — *айналмалы*, электр қозғалтқыш құрылғы айналмалы қозғалтқыш болып табылады, және *сызықтық*, электр қозғалтқыш құрылғы сызықтық қозғалтқыш болып табылады;
- электр қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі бойынша — *үздіксіз әрекет ететін* электр жетектері, қозғалмалы бөліктер үздіксіз қозғалыс қалпында орналасады, және *дискретті әрекет ететін*, жылжымалы бөліктер дискретті қозғалыс қалпына орналасады;
- айналу бағыты бойынша — *реверсивті*, қозғалтқыш білігі қарама-қарсы бағыттарда айнала алады, және *реверсивті емес*, қозғалтқыш білігі бір ғана бағытта айнала алады.

Өндірістік үдерістерді автоматтандыру электр жетегін пайдаланумен байланысты, себебі электр тізбектерінің жұмысын автоматтандыру өте оңай. Өртүрлі электр аппараттар мен аспаптарды пайдалану адамды электр қозғалтқышын және, тиісінше, жетекті басқару (іске қосу, тоқтату, қалпына келтіру, жылдамдықты өзгерту) үшін электр тізбектерінде қолмен ауыстырудан босатады.

Автоматтандырылған электр жетекті пайдалану өндірістік агрегаттардың операцияларды орындау жылдамдығы мен қуатын арттыру есебінен еңбек өнімділігін арттыруға, жабдықтың тұрып қалу уақытын азайтуға және технологиялық үдерістерді оңтайландыруды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Автоматтандырылған электр жетекті қолданудың келесі қадамы автоматты желілерді, яғни автоматты түрде басқарылатын электр қозғалтқыштарын қозғалысқа келтіретін бірқатар операцияларын нақты ретпен орындайтын машиналар жүйесін құру болып табылады. Адамның рөлі негізінен электр жабдықтарын түзетуге, бақылауға және күтуге бағытталады.

Басқарушы ЭЕМ және кірістірілген микропроцессорлық жүйелерді пайдалану технологиялық процестерді автоматтандыру үшін, мысалы, роботтар мен манипуляторлар негізінде, заманауи техникалық құралдарды құру үшін электр жетектерінің сапасын айтарлықтай жақсартады.

Электрлендірілген аспаптардың (бұрғылар, ажарлағыш шарықтастар, қайшылар, аралар, жонғылар және т.б.) электр жетегі ерекше топқа жатады, олардың аз қуатты микроқозғалтқыштарын бір фазалық желіден немесе аккумулятордан қуаттану шектеулерін ескере отырып жасалады. Барлық микроқозғалтқыштарда жасалатын кедергілер деңгейін төмендету және пайдалану қауіпсіздігін арттыру бойынша шаралар қабылданады.

Басқару блогы жүргізуші қалқанындағы қолмен басқару органдарымен байланысты электр көліктері (электровоздар, трамвайлар, троллейбустар) кеңінен пайдаланылады.

Бұрын айтылғандай, электр жетегінің негізгі құрылғыларының бірі электр қозғалтқыш болып табылады. Жұмыс машиналарының атқарушы органдарын қозғалысқа келтіру үшін электр қозғалтқыштарын пайдалану басқа қозғалтқыштардың алдындағы бірқатар артықшылықтармен түсіндіріледі, оларға қуаты кез келген, басқару және реттеу қарапайымдылығы, пайдалану сенімділігі, автоматтандыру мүмкіндігі бар кез келген қозғалтқыш дайындауға болады. Сондықтан нақты жұмыс машинасы үшін электр қозғалтқышын дұрыс таңдау жауапты және маңызды инженерлік міндет болып табылады.

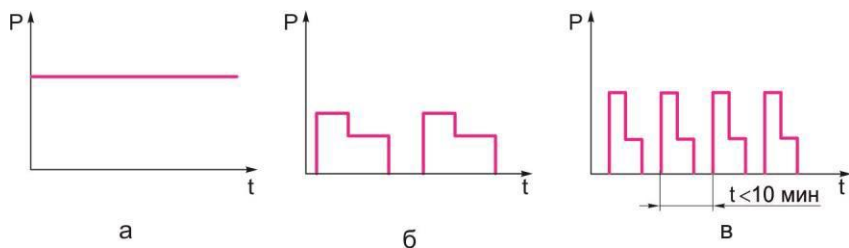
10.2. ЭЛЕКТР ЖЕТЕКТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ

Жұмыстың ұзақтығы және оның сипаты жетектің жұмыс режимін анықтайды. Электр жетегі жұмыс істегенде, үш негізгі режим қолданылады: ұзақ мерзімді, қысқа мерзімді, қайталама қысқа мерзімді.

Ұзақ мерзімді режим — бұл электр жетегінің барлық құрылғыларының температурасы белгіленген мәнге жететін ұзақтылығы бар электр жетегінің жұмыс режимі (10.2, а-сурет).

Ұзақ жұмыс режимі бар механизмдердің мысалдары ретінде сорап станцияларының центрден тепкіш сорғылары, желдеткіштер, компрессорлар, үздіксіз көліктік конвейерлер, маталарды өңдеуге арналған машиналар және т.б. атауға болады.

Электр жетегінің *қысқа мерзімді жұмыс режимінде* (10.2, б-сурет) жұмыс периоды салыстырмалы қысқа және қозғалтқыштың температурасы белгіленген мәнге жетіп үлгермейді.



10.2-сурет. Электр жетегінің жұмыс режимдері:
a — ұзақ мерзімді; *б* — қысқа мерзімді; *в* — қайталама қысқа мерзімді

Атқарушы механизмнің жұмысындағы үзіліс қозғалтқыштың қоршаған орта температурасына дейін салқындап үлгеретіндей айтарлықтай үлкен. Осындай режим қысқа мерзімді әрекет ететін әртүрлі механизмдер үшін тән: шлюздер, ажыратылмалы көпірлер, ұшақтардың көтергіш шассиі және көптеген басқалары.

Электр жетегінің *қайталама қысқа мерзімді жұмыс режимінде* (10.2, в-сурет) жұмыс периодтары үзілістермен кезектеседі (тоқтау немесе бос жүріс), және де периодтардың ешқайсысында қозғалтқыштың температурасы белгіленген мәнге жетпейді, ал жүктемені алып тастаған кезде қозғалтқыш қоршаған орта температурасына дейін салқындап үлгермейді. Қайталама қысқа мерзімді жұмыс режимі кезіндегі цикл уақыты 10 мин аспау керек. Қозғалтқышты құрастыру кезінде жылулық режим осы уақытқа есептеледі.

Қайталама қысқа мерзімді режимге тән шама периодтың T_p жұмыс бөлігінің барлық периодқа T қатынасы болып табылады. Бұл шама салыстырмалы жұмыс ұзақтығы (ЖҰ) немесе салыстырмалы қосылу ұзақтығы (ҚҰ) деп аталады және пайызбен анықталады:

$$ПВ = \frac{\dot{O}_\delta}{\dot{O}_\delta + \dot{O}_i} 100,$$

мұндағы T_p — жұмыс уақыты; T_Π — үзіліс уақыты.

Қайталама қысқа мерзімді жұмыс режимі үшін ҚҰ 15, 25, 40 және 60% арнайы есептелген қозғалтқыштарды таңдайды.

Қайталама қысқа мерзімді жұмыс режимі бар механизмдердің мысалдары ретінде көтергіш крандар, жүкарбалар, бірқатар металлургиялық станоктар, илемдік орнақтар, мұнай өнеркәсібіндегі бұрғылау станоктары және т.б. қарастыруға болады.

Электр жетектің жұмыс режимдерінің негізгі түрлеріне байланысты электр қозғалтқыштың номиналды қуаты анықталады.

Қайталама қысқа мерзімді режимде оны қыздыру және салқындату шарттары ұзақ мерзімді режимдегі жұмыс шарттарынан айтарлықтай ерекшеленеді. Мысалы, қозғалтқыштың қозу орамдарын салқындату шарттары қозғалтқыш тоқтаған кезде де өзгеріссіз болып қалады, ал қозғалтқыш тоқтаған кезде зәкірдің салқындау шарттары қатты нашарлайды.

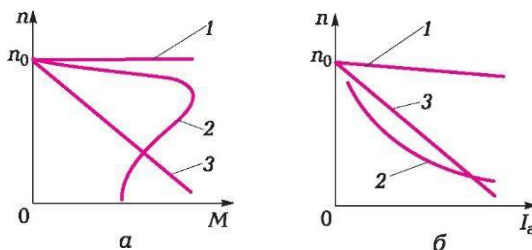
Осы себепті, салқындау шарттары өзгеріссіз ұзақ мерзімді режим үшін тұрақты тоқ қозғалтқышы қайталама қысқа мерзімді режимде пайдалану ұтымсыз болады; зәкірдің және коллектордың орамының рұқсат етілген шекті қыздыруы кезінде қозу орамы рұқсат етілген температурадан айтарлықтай аз қызады.

Яғни қайталама қысқа мерзімді режим үшін арнайы типті қозғалтқыштар шығару дұрыс. Осыны басшылыққа ала отырып, электр өнеркәсібі үш түрлі номиналды режимге арналған кранды электр қозғалтқыштарын шығарады: ұзақ мерзімді, қысқа мерзімді, қайталама қысқа мерзімді. Сәйкес нұсқама электр қозғалтқыштың тақтайшасына жазылады. Оның номиналды қуаты деп оның номиналды режиміне, яғни нақты қосылу ұзақтығы кезінде ұзақ мерзімді, қысқа мерзімді немесе қайталама қысқа мерзімді сай келетін уақыт бойы біліктегі пайдалы механикалық қуатты айтады.

10.3. ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШЫН ТАҢДАУ

Электр жетегі үшін қозғалтқышты таңдау қозғалтқыштың түрін және оның номиналды мәліметтерін анықтаудан тұрады: қуаты, кернеудің және айналу жиілігінің номиналды мәндері, аса жүктеу қабілеттігі және т.б. Жетекті қозғалтқышты дұрыс таңдау электр жетегіне барлық белгіленген режимдерде ұзақ мерзімді сенімді жұмысты қамтамасыз етеді. Қозғалтқышты таңдау қоректендіру желісінің параметрлерімен, қозғалтқышты монтаждау тәсілімен, оны пайдаланудың сыртқы шарттарымен, электр жетегінің жұмыс режимімен анықталатын бірқатар талаптарды қанағаттандырумен байланысты.

Қоректендіргіш желінің параметрлері қозғалтқыштың түрін (тұрақты немесе айналымы тоқ, бір фазалы немесе үш фазалы) және оның номиналды кернеуін таңдауды анықтайды. Монтаж әдісі және пайдаланудың сыртқы шарттары қозғалтқыштың конструкциясын (аяқтары бар немесе фланецті бекітілетін қозғалтқыш, жабық немесе қорғалған түрде орындалған) және оның климаттық орыналуын (қалыпты, салқын, тропикалық климат және т.б. үшін) анықтайды.



10.3-сурет. Асинхронды және синхронды қозғалтқыштардың механикалық қасиеттері (а) және тұрақты ток қозғалтқыштарының электромеханикалық қасиеттері (б):

1 — тікелей қосу тоғы; 2 — кері қосу тоғы; 3 — критикалық кернеу

Электр жетегінің жұмыс режимі қозғалтқыштың динамикалық және статикалық қасиеттеріне қойылатын талаптарды анықтайды.

Қозғалтқыштың динамикалық қасиеттеріне қойылатын талаптар іске қосу және тежеу жиілігіне, қолдану сипатына және қозғалтқышқа жүктемені алып тастауға байланысты.

Қозғалтқыштың статикалық қасиеттері механикалық сипаттамамен, яғни қозғалтқыштың айналу жиілігінің n электромагниттік моментке M немесе зәкір тоғына I_a тәуелділігімен бағаланады. Механикалық сипаттаманың түріне байланысты барлық электр қозғалтқыштар үш топқа бөлінеді:

- тура, параллель абсциссалар осі түрі абсолютті қатты механикалық қасиеттері бар электр қозғалтқыштар (10.3-сурет, а-сурет), 1 график). Синхронды қозғалтқыштар осындай механикалық қасиетке ие, олардың жүктеме моменттерінің рұқсат етілген бүкіл диапазонында айналу жиілігі тұрақты болып қалады;
- қатаң механикалық қасиеттері бар электр қозғалтқыштары, олардың білігіндегі жүктегіш моментті арттыру айналу жиілігінің сәл азаюымен қатар жүреді. Жалпы міндеттелген асинхронды қозғалтқыштар (10.3, а-суретті қараңыз, график 2) және тәуелсіз (параллель) козудың тұрақты ток қозғалтқыштары (10.3, б-сурет, график 1) осындай қасиетке ие;
- жұмсақ механикалық қасиеті бар электр қозғалтқыштары, олардың жүктемесі артқан сайын айналу жиілігі айтарлықтай төмендейді. Ротор орамының тізбегіндегі аса жоғары белсенді кедергісі бар асинхронды қозғалтқыштары осындай қасиетке ие.

Мысалы, атқарушы асинхронды қозғалтқыштар (10.3, *а*-суретті қараңыз, график 3), тізбектей қозатын тұрақты тоқ қозғалтқыштары (10.3, *б*-суретті қараңыз, график 2) және параллель қозатын зәкір тізбегінде қосалқы резисторы бар қозғалтқыштар (10.3, *б*-суретті қараңыз, график 3).

Электр қозғалтқышының түрін таңдағанда, өндірістік механизмінің техникалық деректері шешуші болып табылады: айналу жиілігі, оның тұрақтылығы немесе терең реттеу қажеттілігі, қуат, іске қосу шарттары (жүктемемен немесе бос жүріспен) және басқасы, сондай-ақ экономика мәселелері (орнату және оны пайдалану құны, қуат коэффициентін реттеу қажеттілігі және т.б.).

Егер айтарлықтай қуатпен қозғалтқыштың тұрақты айналу жиілігін ұстап тұру қажет болса, синхронды қозғалтқыштарды таңдайды, айнымалы кернеудің тұрақты жиілігінде олардың айналу жиілігі кез-келген жүктемеде тұрақты болып қалады. Сонымен қатар, синхронды қозғалтқыштар бір мезгілде кәсіпорынның қуат коэффициентін арттыратын өтемді құрылғылар болып табылады. Олар сорғылар жетектерінде, желдеткіштерде, компрессорлық қондырғыларда, түрлендіргіш агрегаттарда және т.б. қолданылады.

Тұрақты тоқ қозғалтқыштары айналу жиілігін баяу реттеудің кең диапазоны қажет болған жағдайларда және қозғалтқышты жиі тоқтатып, кері қайтару қажет болғанда қолданады.

Айналу жиілігін реттеу дапазоны аз болса, кернеуі өзгермейтін тұрақты тоқ желісінен қоректендіру кезіндегі параллель қозатын тұрақты тоқ қозғалтқыштары қолданылады. Айналу жиілігін реттеу дапазоны кең болса және жиі іске қосылған жағдайларда, параллель қозатын қозғалтқыш ыңғайлы, бірақ ол кернеуі кең диапазонда өзгертін бөлек қайнар көзден қоректенеді. Осындай шарттар қуатты реверсивті илемдік орнақтарда, ірі металл өңдеу станоктарында, шахталық көтергіштерде және жоғары ғимараттардағы көтергіштерде, қуатты экскаваторларда қолданылады.

Тізбектей қозатын тұрақты тоқ қозғалтқыштары өздерінің жұмсақ механикалық қасиеттерінің арқасында және үлкен іске қосу моментіне байланысты, негізінен электр көліктерінде, көтергіш крандардың жетегінде, илемдік орнақтардың кейбір қосалқы механизмдерінде қолданылды.

Көптеген механизмдер үшін қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу немесе оны тұрақты ұстап тұру қажет болмағандықтан,

қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштар ең таралған болып табылады. Олар құрылымы бойынша және пайдалануда қарапайым, сенімді және бағасы төмен.

Қозғалтқыштың айналу жиілігін тар диапозонда реттеуді қажет ететін, кейбір қондырғыларда үлкен іске қосу моменті қажет, немесе жиі іске қосылатын қондырғыларда ротордың фазалық орамы бар асинхронды қозғалтқыштар қолданылады. Оларды илемдік орнақтар, көтергіш крандар, кіші және орта қуаттағы жолаушылар лифттері, сомдау машиналары мен баспағы, басқа жабдықтар үшін қолданады.

Бірақ бұл қозғалтқыштар реттегіш реостаттарындағы қуаттың жоғалуы есебінен айналу жиілігін реттеу кезінде электр жетегінің ПЭК төмендетеді. Сонымен қатар, қозғалтқыштың айналу жиілігін тек синхронды жиіліктен азаю жағына қарай ғана реттеуге болады.

Қозғалтқыштың түрін таңдағанда оның жұмыс істеуігін қоршаған орта жағдайларын (ылғалдылық, жарылғыш заттардың болуы, шаң, қышқыл булары және т.б.) ескеру қажет. Орамдардың шаңмен ластануы жылу берілісін азайтады және оқшаулаудың мерзімінен бұрын тозуына әкеледі. Су мен қышқыл булары оқшаулау қасиеттерін нашарлатады. Егер қоршаған ортада жарылғыш заттар болса, онда конструкциясында пайда болатын ұшқын осы ортамен әсерлеспейтін қозғалтқышты таңдау керек.

Қоршаған ортаның жағдайларына сәйкес қорғалған, жабық немесе жарылыстан қорғалып жасалған қозғалтқышты таңдау керек. Қорғалған қозғалтқыштардың қызметкерлерді тоқ өткізетін бөлшектермен кездейсоқ жанасуынан, сыртқы ылғал тамшыларынан, жаңбырдан және бүркін тамшылардан қорғайтын құрылғылары болу керек. Жабық қозғалтқыштарда салқындатуды жақсарту үшін қозғалтқыш білігіне орнатылған желдеткіш бар.

Жетекке арналған электр қозғалтқыш үнемділік, өнімділік және сенімділік талаптарына сәйкес болуы керек. Жетек талаптары бойынша қажетті өқуаттан артық қуаты бар қозғалтқышты орнатқан кезде машинаның жұмысы кезінде энергияның артық шығындары туындайды, бұл қосымша күрделі қаржы жұмсауға және қозғалтқыштың габариттік өлшемдерін ұлғайтуға әкеледі. Қуаты жеткіліксіз қозғалтқышты орнату жұмыс машинасының өнімділігін төмендетеді және оны сенімсіз етеді, ал қозғалтқыштың өзі оңай зақымдануы мүмкін.

Қозғалтқыш оның қуаты мүмкіндігінше толығырақ пайдаланылатындай етіп таңдалуы керек.

Жұмыс істеу барысында қозғалтқыш ең жоғарғы рұқсат етілген температураға дейін қызу керек, бірақ одан аспау керек. Сонымен қатар қозғалтқыш мүмкін болатын уақыт жүктемелері кезінде қалыпты жұмыс істеуі керек және осы жұмыс машинасына қажетті іске қосу моментін дамыту керек. Осыған сәйкес қозғалтқыштың қуаты көп жағдайда жылыту жағдайларына негізделіп (қызу бойынша қуатын таңдау) таңдалады. Содан кейін қозғалтқыштың жүктеу қабілетінің машинаны іске қосу шарттарына және уақытша жүктемелерге сәйкестігі тексеріледі. Кейде (қысқа мерзімді жүктеме үлкен болған кезде) қажетті максималды қуатқа негізделіп, қозғалтқышты таңдап алу керек. Осындай жағдайларда қозғалтқыштың қуаты көп жағдайда толық пайдаланылмайды.

Жетекті қозғалтқышының қажетті номиналды қуатын анықтағанда алдымен оның есептік қуатын есептейді. Есептік қуатты анықтау әдістемесі электр жетегінің жұмыс режиміне байланысты.

Егер электр жетегінің жұмыс режимі тұрақты жүктеме моменті бар ұзақ мерзімді болса, онда жетекті қозғалтқыштың есептік қуаты $P_{\text{есеп}}$, кВт, мына формула бойынша анықталады:

$$P_{\text{есеп}} = 0,105 \cdot 10^{-3} M_c n_2,$$

мұндағы M_c — статикалық момент, Н • м; n_2 — қозғалтқыш білігінің айналу жиілігі, айн/мин.

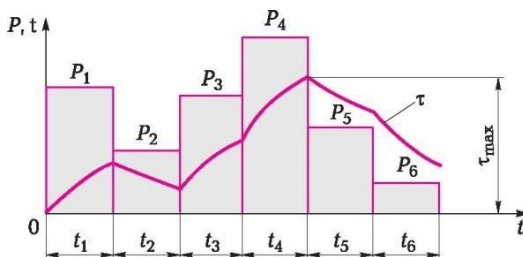
Каталог бойынша қабылданған әрекет ету принципінің электр қозғалтқыштарына кернеу мен айналу жиілігін ескеріп, номиналды қуаты есептік номиналды мәннен 10 ... 20% жоғары, яғни $P_{\text{ном}} = (1,1 \div 1,2) P_{\text{есеп}}$. қозғалтқышты таңдайды.

Егер электр жетегінің жұмыс режимі қайталама қысқа мерзімді болса, онда қозғалтқыштың ұзақ мерзімді жұмыс режиміне арналған қозғалтқыштың есептік қуаты $P_{\text{есеп}}$ салыстырмалы ұзақтыққа байланысты таңдалады:

ПВ, %	15	25	40	60
P	$0,4 P_{\text{есепт}}$	$0,5 P_{\text{есепт}}$	$0,62 P_{\text{есепт}}$	$0,77 P_{\text{есепт}}$

Қуаттың есептік мәні $P_{\text{есеп}}$ бойынша номиналды қуаты есептік қуаттан 10...20% жоғары қозғалтқышты таңдайды.

Таңдалған қозғалтқыш түрінің асқын жүктеме қабілетін және бастапқы іске қосу моментін тексеру керек. Қозғалтқыштың шамадан тыс жүктелу қабілеттілігінің рұқсат етілген минималды мәні $M_{\text{max}} / M_{\text{ном}} > 1.5$ (егер электр жетегінің жұмыс шарттары бойынша одан артық шамадан тыс жүктелу қабілеттілігі талап етілмесе).



10.4-сурет. Электр қозғалтқыштың айнымалы жүктемеграфигі

Егер электр жетегінің жұмыс режимі айымалы жүктемесі бар ұзақ мерзімді болса, онда қозғалтқыштың білігіндегі жүктеме айнымалы, яғни электр жетегінің статикалық моменті уақыт бойынша өзгереді. Бұл ретте жетекті қозғалтқышта белгіленбеген жылулық процесс жүреді (10.4-сурет), себебі әртүрлі уақыт аралықтарында $t_1, t_2, t_3, \dots$ қуат шығындары бірдей емес. Бұл режимде қозғалтқыштың қызу графигінің $\tau = f(t)$ сынық қисық түрі бар.

Бұл режимде жетекті қозғалтқыштың қажетті номиналды қуатын былай анықтайды. Алдымен қозғалтқыш қуатының алдын ала есептік мәнін анықтайды - $P_{\text{есеп}}$, кВт:

$$D_{\text{есеп}} = \frac{D_1 + D_2 + \dots}{n_t},$$

мұндағы $P_1, P_2, \dots$ - әртүрлі уақыт аралықтарында қозғалтқыш білігіндегі қуаты, кВт; n_t — қозғалтқыш білігіндегі әртүрлі қуатқа сәйкес келетін уақыт аралықтарының саны.

Алынған мән $P_{\text{есеп}}$ бойынша алдын ала жетекті қозғалтқышты таңдайды, оның номиналды қуаты $P_{\text{есеп}}$ қарағанда 10..20% жоғары, яғни $P_{\text{ном}} = (1.1..1.2)P_{\text{есеп}}$. Содан кейін, таңдалған қозғалтқыш түрінің техникалық мәліметтерін қолданып, есептік қуаттың $P_{\text{есеп}}$ нақтыланған мәнін анықтайды. Ол үшін қозғалтқыштың электр шығындары жүктеме тоғының квадратына пропорционал екеніне негізделген балама токтың әдісі қолданылады:

$$\sum P_{\text{пер}} = k_{\text{п}} I^2$$

мұндағы $k_{\text{п}}$ — қозғалтқыштың жүктеме тоғы мен айнымалы шығындар қуаты арасындағы пропорционалдық коэффициенті.

Электр қозғалтқышының айнымалы жүктеме графигін пайдаланып (10.4-суретті қараңыз), электр жетегінің жұмыс істеген уақыты бойы энергияның жалпы шығындарын есептеуге арнаған формуланы шығарамыз:

$$\sum W_{\text{пер}} = (\sum P_{\text{пост}} + k_{\text{п}} I^2) t_1 + (\sum P_{\text{пост}} + k_{\text{п}} I^2) t_2 + \\ + (\sum P_{\text{пост}} + k_{\text{п}} I^2) t_3 + S \quad (10.1)$$

мұндағы $X P_{\text{пост}}$ — магниттік және механикалық шығындар сомасына тең қозғалтқыштың жалпы шығындары; $I_1, I_2, I_3, \dots$ — сәйкесінше $t_1, t_2, t_3, \dots$ уақыт кесінділерінде қозғалтқыш тұтынатын тоқтар.

Егер жетекті қозғалтқыш t уақыт бойы тұрақты жүктемемен жұмыс істесе, онда оның энергия шығындары келесі формула бойынша анықталады

$$\sum W_{\text{пос}} = (\sum P_{\text{пос}} + k_{\text{п-экв}} I^2) t \quad (10.2)$$

мұндағы $I_{\text{экв}}$ — қозғалтқыштың эквивалентті тоғы, қозғалтқыш тұрақты жүктемемен t уақыт жұмыс істегенде сол уақыт ішінде айнымалы жүктемемен жұмыс істегендегі сияқты температураға дейін қызады.

Осылайша, t уақыт ішінде жүктеме графигі бойынша ұзақ мерзімді айнымалы жүктемемен жұмыс істеген кездегі қозғалтқыштағы энергия шығындары тұрақты жүктемемен және $I_{\text{экв}}$ тоқпен жұмыс істеген осы қозғалтқыштың энергия шығындарына тең болады, яғни $\sum W_{\text{пер}} = \sum W_{\text{пос}}$. Тиісті түрлендіруден кейін, (10.1) және (10.2) формулаларын пайдаланып, эквивалентті тоқ $I_{\text{экв}}$ үшін өрнекті аламыз А:

$$I_{\text{уёа}} = \frac{\sqrt{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + \dots}}{t}.$$

$I_{\text{экв}}$ тоқ алдын ала таңдалған қозғалтқыштың номиналды тоғынан аспауы керек ($I_{\text{экв}} < I_{\text{ном}}$). Егер бұл шарт орындалмаса, онда номиналды қуаты жоғары қозғалтқышты таңдау керек.

Жетекті қозғалтқыштың номиналды қуатын анықтау кезінде эквивалентті тоқ әдісі магниттік және механикалық шығындардың тұрақтылығын ұсынады: $\sum P_{\text{пост}} = \text{const}$. Егер қозғалтқыш магниттік және механикалық шығындар кезінде жұмыс істесе, онда әдіс айтарлықтай қателікті береді.

Каталог бойынша таңдап алынған қозғалтқышты асқан жүктеме қабілетіне тексеру керек, яғни жүктеме диаграммасымен анықталатын ең үлкен жүктеме моменті қозғалтқыштың тұрақты жұмысына кедергі келтірмеуіне көз жеткізу керек. Бұл ретте қоректендіру желісіндегі кернеу төмендеу мүмкіндігін ескеру қажет. Қозғалтқышты сондай-ақ әрі статикалық жүктемені, әрі динамикалық моменттерді ескеріп, бастапқы іске қосу моментінің шамасы бойынша тексеру керек.

10.4. ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУДЫҢ ҮЛГІЛІ СХЕМАСЫ

Электр жетекті басқару электр қозғалтқышын іске қосу мен тоқтатудан, оның айналу жиілігін реттеуден, тежеу және кері айналдырудан тұрады, яғни өндірістің технологиялық режиміне негізделген режимді үздіксіз ұстауды білдіреді. Электр жетекті басқару қол немесе автоматтандырылған болуы мүмкін.

Қолмен басқару аппараттары көп жағдайда салыстырмалы қуаты аз электр қозғалтқыштарды қосуға және сөндіруге арналған. Қуатты электр жетектерін қолмен басқару кейде адамның физикалық қабілеттерінен асып түсетін зор күшті пайдалану қажеттілігімен қиындайды. Бұл жағдайда электр жетектерін тек автоматты басқару құрылғыларының көмегімен ғана басқаруға болады.

Автоматты басқару заманауи өндірістің көптеген талаптарын қанағаттандыруға мүмкіндік береді және сол себепті өнеркәсіпте қалаулы, ал кейбір өндіріс түрлері үшін - басқарудың жалғыз жолы болып табылады. Қазіргі автоматтандырылған электр жетектері машиналарды қашықтықтан басқаруға, өндірістік машинаны бір қалыпта тоқтатуға, қозғалтқыштың айналу бағытын өзгертуге, қозғалтқышты және машинаны асры жүктелуден сақтауға, технологиялық процестің қажетті операциялар ретін жүргізуге және т.б. мүмкіндік береді.

Электр жетегін басқаруды автоматтандыру түрлі реле, контакторлар, электромагнитті аппараттар, магнитті және электромашиналық күшейткіштер, электрондық түрлендіргіштер және т.б. кең қолдануды қажет етеді. Бұл электр жетектеріне өндірістің технологиялық процесінің талаптарына сәйкес әсер етуге және электр жетегін бағдарламаланған басқаруға әсер етуге мүмкіндік береді, атқарушы механизмдердің жұмысы технологиялық процестің ретімен анықталатын, бұрын орнатылған бағдарламаға сәйкес жүргізіледі.

Аппараттар контактілері тұйықтағыш, ажыратқыш және ауыстырып қосқыш болып бөлінеді. Электр жетектерін басқару схемаларында күштік немесе электрлік тоғы электр қозғалтқыштарына жеткізілетін басты тізбектер, сондай-ақ бақылау тізбектері бар, соңғыларға басқару, қорғау және сигнализация тізбектері жатады.

Электр жетектерін басқаруды автоматтандыру негізінен іске қосуды, тежеуді және тоқтатуды автоматтандыруға, қозғалтқыш қыза бастағанда резисторлардың біртіндеп ауысуына және қозғалтқыш жұмыс істеп тұрғанда айналу жиілігін реттеу кезінде олардың параметрлерін өзгертуге әкеледі.

Электр жетектерді автоматты басқарудың негізгі принциптері функционалдық тәуелділік бойынша әртүрлі шамаларға сәйкес бөлінеді:

- тоқ функциясы ретінде басқару, яғни электр қозғалтқышының орамдарымен ағатын тоқтың мәніне байланысты;
- уақыт функциясы ретінде басқару, электр қозғалтқышының тізбегіндегі ауыстырып қосулар бойынша екі көрші операциялар арасындағы белгіленген уақыт ұсталымын белгілеуге негізделген;
- электр жетектің айналу жиілігінің функциясы ретінде;
- қозғалтқышпен қозғалысқа келтірілетін атқарушы механизмнің жол функциясы ретінде басқару.

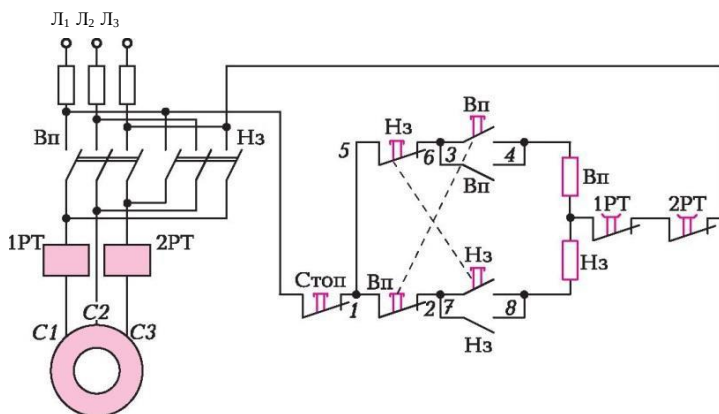
Бірақ басқарудың бірдей схемаларында автоматты басқарудың әртүрлі принциптерін жиі қолданады. Бұл ретте басқарудың күрделі схемалары қалыптасады, және де олардың ішінде әрқашан жеке электр жетектерін басқару схемаларын бөлуге болады.

Тұрақты және айнымалы тоқтың электр жетектерін автоматты басқарудың үлгілі схемасын қарастырамыз.

Қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты магнитті іске қосқыш көмегімен басқаруға болады. *Магнитті іске қосқыш* жалпы қаптамамен жабылған контакторлардан, жылулық реле және түймелік станциядан тұратын аппаратты айтады. Магнитті іске қосқышты қозғалтқыштан кез келген қашықтықта операторға ыңғайлы жерде орналастырады.

Басқару схемасына сәйкес (10.5-сурет) асинхронды қозғалтқышты екі айналу бағытында автоматты іске қосуға болады: «Алға» (Ал) және «Артқа» (Ар), және де оны тоқтату. Ол үшін магнитті іске қосқыштың екі контакторы (Ал, Ар) және үш түймеден тұратын (Ал, Ар және «Стоп») түймелік станциясы бар.

Қысқа тұйықталудан қозғалтқыш сақтандырғыштармен қорғалған. Шамадан тыс жүктеме туындаған кезде басты тізбекке тізбектей жалғанған 1РТ және 2РТ жылу релесінің қыздыру элементтері олардың бірі (немесе екеуі бірге) іске қосылып, контакторлар катушкаларымен басқару тізбегіне тізбектей жалғанған контактілер 1РТ және 2РТ ажыратылатындай етіп қыздырылады. Басқару тізбегі «Стоп» түймесімен орындалатын жолмен ажыратылады және қозғалтқыш сөндіріледі.



10.5-сурет. Магнитті іске қосқыштың көмегімен қысқа тұйықталған орамасы бар асинхронды қозғалтқышты автоматты басқару схемасы:

1, 2 — Ал түймесінің ажыратқыш контактілері; 3, 4 — Ал түймесінің тұйықтағыш контактілері; 5, 6 — Ар түймесінің ажыратқыш контактілері; 7, 8 — Ар түймесінің тұйықтағыш контактілері

Магниттік іске қосқыштар мен контакторларды пайдалану шарттарын есепке алып, электр қозғалтқыштың номиналды тоғы бойынша таңдалады. Өнеркәсіпте тура жүрісті контакторлары бар ПМЕ және ПМЛ сериялы және және айналмалы типті жылжымалы жүйесі бар ПАЕ сериялы магниттік іске қосқыштар қолданылады.

«Алға» іске қосу кезінде басқару схемасының жұмысы. Ал түймесін басқан кезде 3, 4 контактілері тұйықталады және Ал контактордың орамасына L_1 , ..., L_3 желінің қосқыштарынан кернеу жеткізіледі. Ал контакторы іске қосылады, және Ал күш тізбегінің тұйықтағыш контакторлары тұйықталып, статор орамын желіге қосады. Бір мезгілде Ал контакторы тұйықталып, Ал түймесі шоғырланады. Ал түймесін түсіруге болады.

Қозғалтқышты тоқтату үшін «Стоп» түймесін басу керек. Бұл жағдайда Ал контакторының орамынан кернеу алынып тасталады, салдарынан оның негізгі контактілері ажыратылып, қозғалтқыштың статорлық орамдарынан кернеуі түсіріледі. Бір мезгілде Ал түймесін тұйықтайтын блок-контактілер ажыратылады.

«Артка» іске қосу кезінде басқару схемасының жұмысы. Ар түймесін басқан кезде схема «Алға» іске қосқанмен бірдей жұмыс істейді, айырмашылығы тек Ар контакторы іске қосылады және статор фазаларын қосу реті кері болады. Бұл қозғалтқыш роторының айналу бағытының өзгеруіне әкеледі. Ажыратқыш контактілер 1, 2 Ал түймелер және 5, 6 Ар түймелер сәйкес тұйықтағыш контактілерден

3, 4 және 7, 8 бұрын ажыратылады. Бұл олардың өзара құлыпталуын қамтамасыз етеді және бір мезгілде Ал және Ар контакторларының орамдарына кернеу беруіне жол бермейді, бұл қозғалтқыш схемасының күштік бөлігінің қысқа тұйықталуына әкеледі.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр жетегінің құрамына не кіреді?
2. Электр жетектегі түрлендіргіш құрылғы қандай рөлатқарады?
3. Электр жетекке қанша электр қозғалтқыш кіреді?
4. Электр жетектердің негізгі жұмыс режимдері қандай?
5. Ал және Ар контакторларының орамдары қалай қосылады?
6. Реверсивті магниттік іске қосқыштың міндеті мен құрылысын түсіндіріңіз.
7. Өзара құлыптау болмағанда, Ал және Ар түймелерін бір мезгілде басқан кезде не болады?

ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ АСПАПТАР

11.1. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ АСПАПТАР ЕРЕКШЕЛІГІ

Жартылай өткізгіш аспаптардың техникасы электрониканың тәуелсіз саласына айналды. Электрондық шамдарды жартылай өткізгіш аспаптармен ауыстыру көптеген радиотехникалық құрылғыларда сәтті жүргізілген.

Радиотехниканың дамуы барысында жоғары жиілікті токтар үшін жартылай өткізгішті түзеткіштер болып табылатын кристалл детекторлар кеңінен қолданылды. Электр желінің тұрақты тоғын түзету үшін селенді жартылай өткізгіштер пайдаланылады. Бірақ олар жоғары жиіліктер үшін жарамайды.

Заманауи жартылай өткізгіш аспаптард қолдану кіші өлшемді электрондық аппаратураны жасауға, сенімділікті және қызмет ету мерзімін арттыруға, тұтынылатын электр энергиясының шығынын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік берді. Тағы бір маңызды жайт жартылай өткізгіш аспаптар өзінің жұмысы үшін жоғары кернеу көздерін қажет етпейтіні болып табылады.

Жартылай өткізгіштер - бұл оларды көмегімен соңғы онжылдықтар бойы бірқатар маңызды электротехникалық мәселелерді шешу мүмкін болған жаңа материалдар.

Қазіргі уақытта жартылай өткізгіштердің көмегімен машиналар мен механизмдерді пайдаланудың, өндірістік процестерді бақылаудың, электр энергиясын алудың, жоғары жиілікті тербелістерді күшейту және радиотолқындарды генерациялау, электр тоғының көмегімен жылу, салқын және т.б. маңызды мәселелер шешілетін 20-дан астам әртүрлі салалар бар.

Жартылай өткізгіш аспаптардың елеулі артықшылықтарымен қатар бірқатар кемшіліктер бар, олардың ішінде

параметрлердің технологиялық шашырауы, параметрлердің температураға тәуелділігі, үлкен қуаттар алу қиындықтары.

Жартылай өткізгіштер деп меншікті кедергісі өткізгіштер (металдар) мен диэлектриктер (изоляторлар) арасында аралық орын алатын және электрондық өткізгіштігі бар химиялық элементтердің кең тобын айтады. Олар ішіндегі электр тоғының тасымалдағыштары жылулық қозғалыспен, жарықпен, электрондар ағынымен және басқа да энергия көздерімен металдардан ерекшеленеді. Жылулық қозғалыссыз жартылай өткізгіштер оқшаулағыштар болып табылады.

Жартылай өткізгіштердегі өтімділік электр зарядтарының жылжымалы тасығыштарының екі түрімен жүзеге асырылады: теріс зарядталған бос электрондар және оң зарядталған саңылаулар — ығысу электрондары.

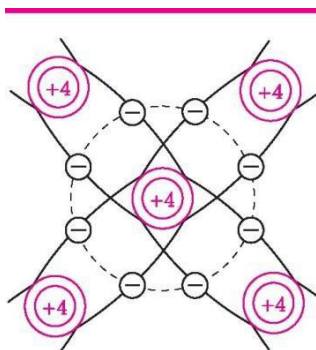
Жартылай өткізгіштердің өтімділігі қоршаған температураға, жарықтандыру мен радиация дәрежесіне, сондай-ақ оның құрамындағы қоспаның түріне және пайызына байланысты болады.

Температура жоғарылаған сайын жартылай өткізгіштердің өтімділігі артады және балқу кезінде метал сипаты болады.

Жартылай өткізгіш аспаптарды дайындау кезінде бастапқы материал Д.И.Менделеевтің химиялық элементтерінің периодикалық кестесінің төртінші топ элементтері болып табылады. Германий, кремний, сондай-ақ жартылай өткізгіш қосылыстар кеңінен қолданылады: галий арсениді, кремний карбиді, кадмий сульфиді және т.б.

Жартылай өткізгіш аспаптар электр вакуумдық және газ разрядты аспаптарға ұқсас функцияларды орындайды, сондықтан көптеген жағдайларда олар ауыстырылады.

Жартылай өткізгіш кристалды тордан тұрады және коваленттік байланыстардың болуымен сипатталады. Кремний мен германий кристалдарының алмаз типті текше торы бар. Осындай торда әрбір атом төрт көршілес атоммен ковалентті байланыстармен өзара байланысқан (11.1-сурет). Әр атом сегіз валентті электрондармен қоршалған: өзіндік төртеу және әрбір көршілес атомнан бір-бірден. Бұл жағдайда ядролардың оң зарядтары электрондардың теріс зарядымен өтеледі, сондықтан кристал электрлік бейтарап болып табылады.



11.1-сурет. Таза германийдің көршілес атомдары арасындағы коваленттік байланыстардың түзілуі

Абсолюттік нөлдік температурасы (-273°C) кезінде барлық валентті электрондар коваленттік байланыстардың қалыптасуына қатысады, яғни өткізгіштікті жүзеге асыру үшін электр зарядтарының бос тасығыштары жоқ; ал жартылай өткізгіш идеалды диэлектрикке ұқсас.

Егер қыздыру әсерінен электрон атомнан бөліну үшін жеткілікті энергия алса, онда электрон заряд тасығышқа айналады. Сонымен бірге жартылай өткізгіштің кристалл торында бос, алмастырылмаған атом аралық байланыстар түзіледі, олар шартты түрде тесік деп аталады. Электр өрісінің әсерінен бұл орынға көрші байланысты үзген электрон кіруі мүмкін. Осылайша, бос электрондардың қозғалысы л-типті электрондық өтімділікті, ал электрондық тесіктердің қозғалысы р-типті тесік электр өтімділігін анықтайды.

Егер электрондардың және электрондық тесіктердің концентрациясы бірдей болса, онда жартылай өткізгіштің өзіндік электр өткізгіштігі бар. Ол өте төмен, себебі барлық электрондар өз орбиталарында орналасқан, оларға қатаң байланысқан және зарядтардың бос тасығыштары аз.

Жартылай өткізгіштіктің қасиеттері онда қоспалардың шамалы саны болған кезде қатты өзгереді. Басқа элементтердің атомдарын жартылай өткізгіш кристалына енгізе отырып, кристалда еркін электрондардың тесіктерден басым болуы немесе керісінше, еркін электрондардан тесіктердің басым болуы мүмкін.

Таза жартылай өткізгіштер тордың түрінде кристаллдалады. Әрбір валентті байланыстың екі электроны бар: атомның қабығы сегіз электронды, ал атом тепе-теңдік жағдайында орналасады. Электронды өтімділік аймағынан "шығарып алу" үшін көп энергия жұмсауға тура келеді.

Өтімділік сипатын өзгерту үшін таза жартылай өткізгішке қоспалар қосылады. Кремний және германий үшін қоспалар ретінде Д.И.Менделеевтің Периодикалық жүйесінің III немесе V топ элементтері пайдаланылады. V тобының элементтері (сурьма, фосфор, мышьяк) электрондық өткізгіштігі басым жартылай өткізгіштерді алу үшін қолданылады, ал III топ элементтері (бор, алюминий, индий, галий) тесікті өтімділігі басым жартылай өткізгіштерді алу үшін қолданылады.

Егер кремний немесе германийді таза кристалына бес валентті электрондары бар қоспа атомын енгізсе, онда қоспа атомыковалентті байланыстарды толтыру үшін қажетті электрондардан біреу артық енгізеді; және де төрт валентті қоспа электрондары негізгі материалдың төрт көршілес атомдарымен ковалентті байланыс түзеді және сегіз валентті электрондардан тұрақты электрондық қабықша түзеді.

Қоспаның бесінші электроны атом ядросымен әлсіз байланысты болады. Бесінші электронға кішігірім энергияны жібергенде, ол ковалентті байланысты үзбей, яғни тесік жасамай, бос болады. Бесінші топтың қоспа атомдары бос электрондардың көзі болғандықтан, осындай қоспаны донорлық қоспа деп атайды, ал донорлық қоспасы бар жартылай өткізгіш л-типті жартылай өткізгіш болып табылады, себебі өткізгіштік өтімділік электрондарына байланысты.

Егер жартылай өткізгіш кристалындағы оның атомдарының біреуі трехвалентті қоспаның атомымен алмастырылса, бос электронның пайда болмайынша, толтырылмаған ковалентті байланыс, тесік пайда болады.

Қоспалық атом үзілген ковалентті байланысты толтыруға арналған электронды қабылдай алатындықтан, ол акцептор деп аталады, ал акцепторлық қоспасы бар жартылай өткізгіш р-типті жартылай өткізгіш деп аталады, себебі өткізгіштігі тесіктердің қозғалысына байланысты.

Жартылай өткізгіштерде электр заряды тасымалдаушыларының екі түрі бар: негізгі және негізгі емес. Негізгі тасымалдаушылар қоспалардың болуымен байланысты, негізгі емес тасымалдаушылар ковалентті байланыстың үзілуіне байланысты. л-типті жартылай өткізгіштегі негізгі тасығыштар - бос электрондар, ал негізгі емес тасығыштар - саңылаулар, р-типті жартылай өткізгіште негізгі тасығыштар - саңылаулар, ал негізгі емес - электрондар болып табылады.

11.2. ЭЛЕКТРОНДЫ-КЕМТІКТІҢ АУЫСУЫ (*p-n*-АУЫСУ)

Негізгі қасиеттері әр түрлі өткізгіштігі бар екі немесе бірнеше іргелес қабаттан тұратын жартылай өткізгіштермен алынатын болады.

Өткізгіш өткізгіштігі бар жартылай өткізгіштікке электр өткізгіштігі бар жартылай өткізгіштен өтетін аймақ *электронды-кемтікті ауысу*, немесе *p—n- ауысу* деп аталады.

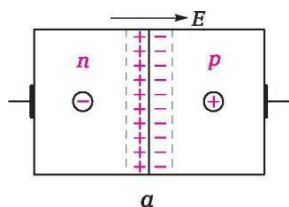
Электронды-кемтікті ауысу асимметриялық өткізгіштігінің сипатына ие, яғни сызықты емес кедергі болып табылады.

Электронды-кемтікті ауысуды *n-* және *p-*типті жартылай өткізгіш пластиналарға жай ғана жанасу арқылы құруға болмайды, себебі тораптағы ақауларсыз жалпы кристалды торды беру мүмкін емес.

Электронды-кемтікті ауысулардың қасиеттері мен үйлесімі көптеген жартылай өткізгіш аспаптардың принципі негізінде жатыр (диодтарда мен дала транзисторларда бір-бір p — n -ауысу қолданады, биполярлы транзисторларда — екі p — n -ауысу, тиристорларда — үш p — n -ауысу). Электронды-кемтікті ауысу осы аспаптардың негізгі элементі болып табылады. Ол технологиялық процестердің көмегімен құрылады. Практикада p — n -ауысуды алу тәсілі жартылай өткізгішті қоспаға өткізгіштігінің қарсы түрімен енгізілу арқылы кеңінен қолданылады, соның нәтижесінде өткізгіштігінің әртүрлі түрлерімен өңірлер арасындағы интерфейс жартылай өткізгіш бір кристалл ішінде орналасқан.

p — n -ауысудың тасымалдағыштардың тең шоғырлануы кезінде қарастырайық. Мысалы, екі қоспалы жартылай өткізгіштер бар: біреуі n -типті, екіншісі p -типті өтімділігі бар. Олардың ішіндегі акцепторлық және донорлық қоспалардың құрамдары бірдей болады. Оларды бір-бірімен тікелей байланыстыру үшін жақындатамыз.

n -типті жартылай өткізгіште электрондардың үлкен концентрациясы нәтижесінде олар бірінші жартылай өткізгіштен екінші жартылай өткізгішке дейін тарайды. Сол сияқты, екінші p -типті жартылай өткізгіштерден біріншіге дейінгі тесіктердің диффузиясы орын алады. Кез-келген диффузия жағдайында, мысалы, газдарда және сұйықтықтарда байқалғандай, тасымалдаушылар онда концентрациясы жоғары болатын жерде, олардың концентрациясы төмен болған жерлерге көшеді. n -типті жартылай өткізгіштің жұқа шекараға жақын қабатында оң заряд, ал p -типті жартылай өткізгіштің жұқа шекараға жақын қабатында теріс заряд пайда болады. Бұл қабаттардың арасында әлеуетті айырмашылық бар және кернеуі бар электр өрісі қалыптасады, бұл электрондардың және тесіктердің бір жартылай өткізгіштен екіншісіне диффузиясының алдын алады. Осылайша, екі жартылай өткізгіштердің шекарасында заряд тасымалдаушылардың (электрондар мен тесіктер) жұтып қойған жұқа қабаты үлкен қарсылыққа ие. Бұл қабат құлыптағыш, немесе p — n -ауысу деп аталады (11.2, а-сурет).



11.2-сурет. Құлыптағыш қаба, немесе p — n -ауысу, (а) және германий диодтың шартты белгіленуі (б)

Әр секундта электрондар мен тесіктердің белгілі бір саны кері бағытта шекара арқылы таралады, ал даланың әсерінен сол сан кері бағытта ауытқиды.

Тозу қабатының ені байланыс потенциалының айырмашылығымен байланысты, ол өз кезегінде материалдарды таңдауға және қоспалардың концентрациясына байланысты. Потенциалдардың түйіспелі айырмашылығы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым кедейленген қабат кең болады. Германия мен кремнийде байланыс әлеуетінің айырмашылығы вольттердің оннан бір бөлігі болып табылады, ал сарқылған қабаттың ені микрометрдің оннан бір бөлігі және жүзден бірі болып табылады.

Потенциалдардың түйіспелі айырмашылығы p — n -ауысуға заманауи технологияларда кеңінен қолданылатын бір жақты өткізгіштігінің қасиетін береді.

Егер p — n -ауысуға кернеу көзі p түйісімен байланысқан болса, n - және типтері кристалдарының байланыс қабатының шекарасындағы потенциалдық айырмашылық өзгереді. Егер қайнар көздің «+» p аймағына қосылған болса және қайнар көздің «-» аймаққа n аймағына қосылған болса, p — n -ауысуды электр тізбегіне қосу *тікелей* желі деп аталады. Егер қайнар көздің «-» p аймағына қосылған болса және қайнар көздің «+» n аймағына қосылған болса, электр тізбегіне қосу *кері* деп аталады.

Осылайша p — n -ауысу тура қосылған жағдайда кедейленген қабаттың шекараларындағы потенциалдар айырмасы (потенциалды бөгет) азаяды, ал кері қосылған жағдайда — ұлғаяды.

Потенциалды бөгеттің азаюы диффузиялық тоқтың ұлғаюына және қарсы дрейфтік тоқтың азаюына әкеледі.

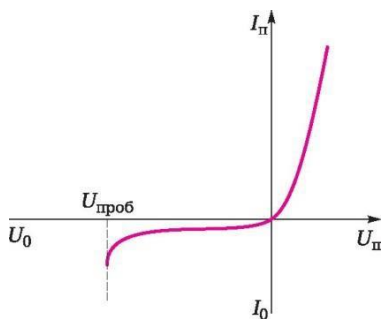
Нәтижелі ток (оны тура деп атайды) диффузиялық токпен сәйкес келеді.

Потенциалды бөгеттің ұлғаюы диффузиялық тоқтың азаюына және дрейфтік тоқтың ұлғаюына әкеледі.

Нәтижелі ток (оны кері деп атайды) дрейфтік токпен сәйкес келеді.

Диффузиялық ток зарядтардың негізгі тасығыштарымен, ал дрейфтік - негізгі емес тасығыштарымен жасалады. Зарядтардың негізгі тасығыштарының концентрация зарядтардың негізгі емес тасығыштарының концентрациясынан біршама жоғары, тура ток кері тоқтан жүздеген және мыңдаған есе артық.

Осылайша тура бағытта қосылған p — n -ауысу



11.3-сурет. Электрондық-кемтікті ауысудың вольт-амперлік сипаттамалары

электр тоғын өткізеді, ал кері бағытта қосылған - өткізбейді.

p — n -ауысудың шұралы қасиеттері оның вольт-ампер сипаттамасымен бейнеленеді, ол ағымдағы мән мен бағыттың кернеу мәніне және полярлыққа тәуелділігі болып табылады. (11.3-сурет).

11.3. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ ТҮЗЕТКІШ ДИОДТАР

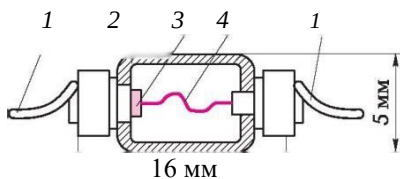
Жартылай өткізгіш диод деп екі шығысы және бір электронды-кемтікті ауысуы бар аспапты айтады.

Жартылай өткізгіш диодтардың электронды шамдармен салыстырғанда бірнеше артықшылығы бар: кішкентай габариттік өлшемдері, аз салмағы, жоғары ПӘК, электрондардың қызу көзінің жоқтығы, ұзақ қызмет мерзімі, жоғары сенімділік.

Жартылай өткізгіш диодтардың маңызды қасиеті - бір жақты өткізгіштігі - электрлік сигналдарды түзету, шектеу және түрлендіруге арналған құрылғыларда кеңінен қолданылады.

Нүктелі диодтар (11.4-сурет) және жазықтық диодтар (11.5-сурет) болып бөлінеді. Нүктелі диодтың шыны немесе метал корпуста 2 (11.4-суретті қараңыз) n -типті ауданы 1 мм^2 және қалыңдығы $0,5\text{ мм}$ германий немесе кремний кристаллдары 3 бекітіледі, оған акцепторлық саптамамен қосындылаған, болат немесе қола ине 4 қысылады. Аспап шығыстар 1 арқылы схемаларға қосылады. Қалыптастыру үрдісі кезінде күшті ток импульстері иненің кристалдануы арқылы өтеді. Бұл жағдайда иненің ұшы балқиды және акцепторлық қоспаның бір бөлігі кристалға енгізіледі. Бұл процесс *диодты қалыптандыру* деп аталады. Иненің айналасында кемтікті электр өткізгіштігі бар микроскопиялық (нүктелік) аймақ пайда болады. Осы аймақтың жартылай сфералық шекарасында n -типті кристалы бар электронды-кемтікті ауысу түзіледі.

Жазық диодтардың p — n -ауысу аумағы ондаған және жүздеген микрометрлерге жетеді. Осындай аудандарды алу үшін пайдаланады

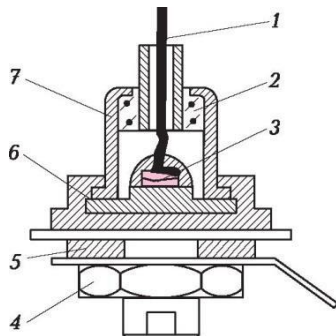


11.4-сурет. Нүктелік германий диодтың конструкциясы:

1 — шығыстар; 2 — корпус; 3 — n -типті германий немесе кремний кристалл; 4 — ине

11.5-сурет. Жазық түзеткіш диодтын конструкциясы:

1 — шығыс; 2 — шыны төлке; 3 — жартылай өткізгішті кристалл; 4 — сомын; 5 — шайба; 6 — негіз; 7 — металл корпус



балқыту немесе диффузия әдістері. *Балқыту әдісі* кезінде донорлық қоспасы бар кристалл пластинасына акцепторлық қоспа таблеткасын салады, ол пеш қызғанда балқиды.

Балқыма ішінара кристаллға енеді және кристалл массасымен шектелетін p -типті аймақ түзеді.

Осы шекарада p — n -ауысу түзіледі.

Диффузия әдісімен диодты дайындаған кезде донорлық қоспасы бар кристалды акцептордың газды ортасына (акцепторлық қоспасы бар кристалды - донордың газ ортасына) орналастырады және белгіленген температурада ұзақ уақыт ұстайды. Балқыту әдісі қоспаның концентрациясы кенет өзгертін p — n -ауысу алуға мүмкіндік береді. Диффузия әдісінде p — n -ауысу аймағындағы қоспаның атомдарының концентрациясы біртіндеп өзгереді..

Диодтың негізгі сипаттамасы (11.2, б-суретті қараңыз) оның вольт-амперлік сипаттамасы болып табылады, оның түрі p — n -ауысудың сипаттамасына сәйкес келеді.

Айнымалы тоқты түзетуге арналған жартылай өткізгішті диодтар *түзеткіш* деп аталады.

Жартылай өткізгіш диодтар радиоэлектроника, автоматика және есептегіш техника құрылғыларында, күштік (теориялық) түрлендіргіш техникада кеңінен қолданылады. Жоғары қуатты диодтар тартқыш электр қозғалтқыштарды, станок жетектерін және механизмдерде қолданылады.

11.4. ӘМБЕБАП ДИОДТАР

Әмбебап диодтар деп нүктелік немесе микроқоспалы электронды-кемтікті ауысуы бар кремний немесе германий диодтарды айтады.

Нүктелік немесе микроқоспалы диодтар n -типті электрондық өткізгіштігі бар кремний немесе германий негізінде дайындалады. n -типті өткізгіштік қалыптастыру процесіне әсер етеді.

Кремний және германий осы диодтардың базалық аймағы болып табылады. Эмиттер функциясы додтың негізгі кристалының беттерінің біріне акцепторлық қоспаны (индий немесе алюминий) қалыптау (біріктіру) арқылы алынған р-типті жартылай өткізгішті аймақты орындайды.

Электр қалыптаудың физикалық мәні мықты қысқа мерзімді ток импульстері тура немесе кері бағытта өткізгенде, металл электродтың (иненің) ұшы негізгі жартылай өткізгішпен балқып бірігуі болып табылады. Және де электрод атомдарының инеге жанасатын жартылай өткізгіштігінің бегінің тереңдігіндегі диффузияға байланысты р-типті өткізгіштігі бар қабат түзіледі, себебі индий немесе алюминий диффузиялық атомдары акцептор болып табылады. Осылайша, жарты шар тәріздес кішігірім аймақты күрт электронды-тесікке ауыстыру негізгі жартылай өткізгіш пен шекарада қалыптастыру процесінде пайда болған р-типті аймақты құрайды.

Диодты нүктелер электронды өткізгіштігі бар жартылай өткізгіштің пластинасы түрінде жасалады, ол төменнен металлдың жұқа қабаты және метал негізіне жағылған.

Пластинаға вольфрам сымынан жасалған түйіспелі серіппені қолдайды, оның соңында индий немесе алюминий қабаты жабылған. Бұл қабат акцептордың қоспасы болып табылады және саңылау өткізгіштікпен жартылай өткізгіш аймақтың аяқталған соңында құруды қамтамасыз етеді. *p*- және *n*-жартылай өткізгіштер арасында электронды-кемтікті ауысу түзіледі. Диод шыны немесе металл корпусқа салынады, оның ұштарына шығыстары бар түтіктер орнатылған.

Корпус жартылай өткізгіш элементті механикалық бүлінуден, ылғалдан қорғайды және діріл, сілкілеу және соққы жағдайында диодтың қалыпты жұмысын қамтамасыз етеді.

Әмбебап диодтар жиіліктердің кең диапазонды түзеткіштерде, сондай-ақ электрлік сигналдардың детекторларында және басқа да сызықты емес түрлендіргіштерінде жұмыс істей алады.

Қазіргі заманғы жартылай өткізгіш диодтардың мақсатына, физикалық қасиеттеріне, негізгі электрлік параметрлеріне, құрылымдық-технологиялық сипаттамаларына, бастапқы жартылай өткізгіш материалына қарай жіктелуі диодтардың шартты белгілер жүйесінде көрініс табады.

Диодтардың шартты белгіленуі мен таңбалау жүйесінің негізіне бастапқы жартылай өткізгіш материал, аспаптардың қосалқы класы (немесе тобы), міндеті (параметрі немесе әрекет ету принципі), құлыптауды ашудың реттік нөмірі туралы ақпаратты көрсететін әріптік-цифрлық код салынған.

Бірінші сан немесе әріп жартылай өткізгіш кристалдың материалды білдіреді (1 санымен немесе Г әрпімен германий, 2 санымен немесе К әрпімен - кремний, 3 санымен немесе А әрпі - галий арсениді).

Екінші орында диодтың класын білдіретін әріп тұрады (Д - түзеткіш, А - ЖЖС диодтар, В - варикап, С - стабилитрон, И - туннельдік диод). Соңғы үш сан аспаптың қолданылу түрін немесе саласын сипаттайды (егер цифрлар 101...399 шегінде болса, онда диод айнымалы тоқты түзетуге арналған, егер 401...499 шегінде болса, диод жоғары жиілікті және аса жоғары жиілікті тізбектерде жұмыс істеуге арналған, егер 501...599 шегінде болса, онда диод импульстік тізбектерде жұмыс істеуге арналған). Соңғы әріп диодтың кейбір конструктивті немесе басқа ерекшеліктерін білдіреді (аспаптың түрі).

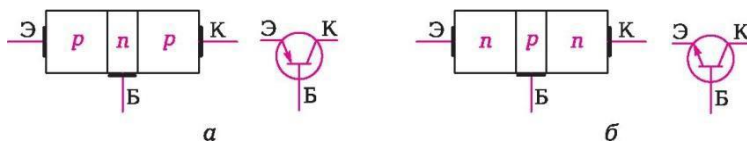
11.5. БИПОЛЯРЛЫҚ ТРАНЗИСТОРЛАР

Транзисторлар деп электрлік тербелістерді күшейту және генерациялау үшін қолданылатын белсенді жартылай өткізгіш құрылғылар аталады.

Биполярлы транзистор немесе қарапайым транзистор деп екі өзара әрекеттесетін $p-n$ - ауысулары мен үш шығысы бар жартылай өткізгіш құрылғын айтады. Оның электр өткізгіштігінің әртүрлі түрлерімен қатарласатын аймақтардан тұратын үш қабатты құрылымы бар: $p-n-p$ немесе $n-p-n$ (11.6-сурет).

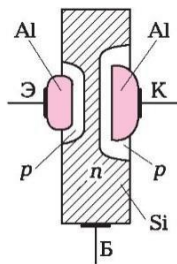
Биполярлық транзисторлардың жұмысы екі полярлықтың заряд тасымалдаушыларына да байланысты: электрондар мен кемтіктер.

Транзистордың негізгі элементі екі жазық $pn-p-n$ -ауысулары түзілген кремний немесе германий кристалы болып табылады.



11.6-сурет. Үш қабатты құрылымдар мен транзисторлардың $p-n-p$ -типті (а) және $n-p-n$ -типті (б) шартты графикалық белгіленулері:

Э — эмиттер; К — коллектор; Б — база



11.7-сурет. Балкымалы транзистордың құрылымы

Балқыма технологиядан дайындалған осындай p — n — p -типті кристалдың құрылымы 11.7-суретте көрсетілген. Донор қоспасы бар n -типті жартылай өткізгіштің пластикасы аз мөлшерде енгізіледі. Оған екі жағынан да акцепторлық қоспалар жіберіледі: германий үшін — индий, кремний үшін — алюминий.

Термиялық өңдеу кезінде, акцепторлардың қоспасының атомдары p -аймағын құрып, кристалға енеді.

p -аймақтар мен n -типті жартылай өткізгіштер арасында p — n -ауысулар пайда болады. Қоспаларды енгізу процесі бір p -аймақта екінші жағынан жоғары концентрациясы бар етіп реттеледі. Ең үлкен қоспалар концентрациясы n -типтің орташа аймағында қалады.

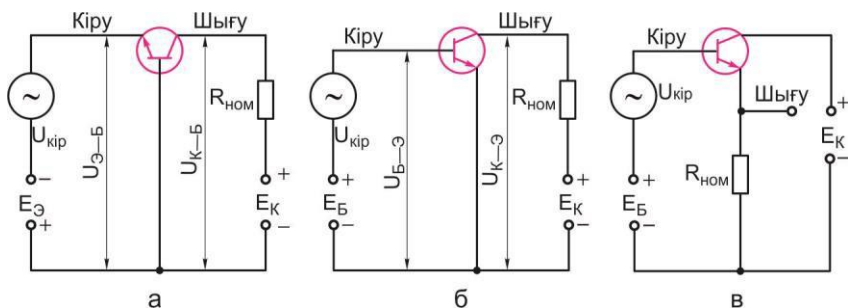
Қоспаның ең үлкен концентрациясы бар сыртқы аймақ *эмиттер*, екінші сыртқы аймақ — *коллектор*, ал ішкі аймақ — *база* деп аталады. Эмитент пен база арасындағы электронды-кемітікті ауысу *эмиттерлік ауысу*, ал коллектор мен база арасындағы — *коллекторлық ауысу* деп аталады.

Электрлік тербелістерді күшейту үшін транзисторды пайдалану басқарылатын құрылғы ретінде оның жұмыс принципіне негізделеді. Екі түрдегі транзисторлардың жұмыс принципі бірдей. Олардың айырмашылығы мынада, олар үшін қорек көздерін қосу полярлығы керісінше болып табылады. Осыған сәйкес p — n — p -типті транзисторда коллекторлық тоқ тесіктердің, ал n — p — n -типті транзисторда — электрондардың қозғалысымен түзіледі. Аймақтардың әрқайсысына транзистор схемаға қосылатын шығыстар дәнекерленген.

Биполярлық транзистордың әрекет ету принципі электр зарядтарының негізгі тасымалдаушыларын эмиттерлік аймағынан база арқылы коллектор аймағына тасымалдау кезінде пайда болатын физикалық үрдістерді пайдалануға негізделген.

Күшейту режимінде транзисторды пайдаланған кезде, эмиттерлік ауысу тура бағытта, ал коллекторлық ауысу кері бағытта жылжиды. Эмиттерлік ауысудың міндеті негізгі эмиттер тасымалдағыштарын базалық аймаққа инъекция (шашу) болып табылады.

Транзисторда үш электрод бар, оның біреуі кіріс, екіншісі - шығыс, ал үшіншісі - кіріс және шығыс тізбектері үшін ортақ.



11.8-сурет. $n-p-n$ -типті транзисторды қосу схемалары:

a — жалпы базамен ЖБ; b — жалпы эмиттермен ЖЭ; c — жалпы коллектормен ЖК

Қандай электрод жалпы болуына байланысты, транзисторды қосудың үш схемасы бар: жалпы базамен ЖБ, жалпы эмиттермен ЖЭ және жалпы коллектормен ЖК (11.8-сурет).

Кез-келген қосылу схемасында әр тізбекте тұрақты ток қуат көзінің плюс жағынан транзистордың тиісті аймақтары арқылы қуат көзінің минусына ауысады. Эмиттер көрсеткіші ол арқылы өтетін токтың бағытын көрсетеді.

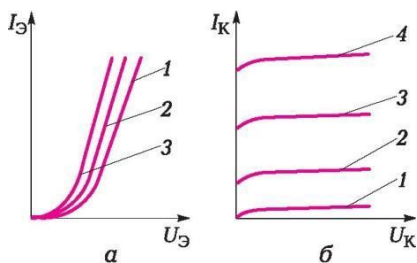
Барлық үш схемада транзистордың жұмыс принципі сақталып қалады, бірақ схемалардың қасиеттері әртүрлі; олар сондай-ақ сипаттамалары мен параметрлері бойынша ерекшеленеді.

Кез келген қосылу схемасында екі тізбектің әрқайсысында екі электродтар арасындағы кернеу әрекет етеді және ток өтеді: кіріс тізбегінде — $U_{кпр}$ және $I_{кпр}$, шығыс тізбегінде — $U_{шығ}$ және $I_{шығ}$. Бұл электрлік шамалар транзистордың жұмыс режимін анықтайды және өзара бір-біріне әсер етеді.

Транзистордың сипаттамалары осы шамалардың біреуінің өзгермейтін үшінші мәні кезінде екіншіден тәуелділігі болып табылады. Электрлік шамалардың біреуін тұрақты түрде ұстап тұру үшін, сипаттамаларды алатын схемаға тек қуат көздерін қосу керек; күшейтілетін тербелістердің жүктемесі мен көзі қосылмайды.

Транзисторларды қолдану кезінде ең маңызды сипаттамалардың екі түрі бар: кіріс және шығыс. *Кіріс сипаттама* деп (11.9, а-сурет) кіріс тоғының кіріс кернеуіне тұрақты шығыс кернеуі кезінде тәуелділігін айтады:

$$I_{кпр} = f(U_{кпр}) \text{ қайда } U_{шығ} = const$$



11.9-сурет. ЖБ бар схемадағы биполярлық транзистордың сипаттамалары:
 a — кіріс сипаттамалар: 1 — $U_k = 0$; 2 — $U_k = -5$ В; 3 — $U_k = -10$ В; b — шығыс сипаттамалар: 1 — $I_э = 0$; 2 — $I_э = 1$ мА; 3 — $I_э = 2$ мА; 4 — $I_э = 3$ мА

Шығыс сипаттама (11.9, b -сурет) деп шығыс тоғының шығыс кернеуіне тұрақты кіріс тоғы кезінде тәуелділігін айтады:

$$I_{\text{шығ}} = f(U_{\text{шығ}}) \text{ қайда } U_{\text{кір}} = \text{const.}$$

Биполярлық транзисторлар жасалатын материалы; базалық аймақтағы негізгі емес тасығыштардың қозғалыс тәсілі; қуаты мен жиілігі; мақсаты; жасалу тәсілі бойынша жіктеледі.

Транзисторлардың маңызды кемшіліктерінің бірі олардың параметрлері мен сипаттамаларының салыстырмалы жоғары тұрақсыздығы болып табылады. Тұрақсыздықтың себептері мынадай: бір типті транзисторларды дайындау процесінде параметрлердің таралуы, қоршаған орта температурасының әсері, транзисторлар уақыт өткен сайын тозу кезінде параметрлердің өзгеруі.

Электрондық-вакуумдық құрылғыларды ауыстыру кезінде транзисторлар экономикалық жағынан тиімді болды; оларды қолдану электроникадағы бірқатар мәселелерді шешуге мүмкіндік берді.

Биполярлық транзисторлар күшейткіштер мен генераторлардың әртүрлі түрлерінде, сымдық байланыс және радиобайланыс, телевизия және радиолокация, радио навигация, автоматтандыру және телемеханика, компьютерлік және өлшеу жабдықтары кеңінен қолданылады. Биполярлық транзисторлардың міндетіне байланысты оларға әртүрлі техникалық талаптар қойылады. Қазіргі халық шаруашылығының барлық салалары сұрыпталымды үнемі кеңейтуді және жартылай өткізгіш аспаптар санын көбейтуді талап етеді.

11.6. ТИРИСТОРЛАР

XX ғасырдың 50-жылдардың соңында тиристорлардың алғашқы өнеркәсіптік үлгілері пайда болды. Қазіргі уақытта бұл аспаптар кеңінен қолданылады.

Тиристор деп үш не одан да көп p — n -ауысулары бар, ауысу үшін пайдаланылатын, вольт-ампер сипаттамасында теріс дифференциалды кедергісі аумағы бар электр түрлендіргіш жартылай өткізгіш аспапты айтады.

Тиристорлардың артықшылықтары: салмағы мен жалпы өлшемдердің аздығы, ұзақ қызмет ету мерзімі, жоғары ПӘК, дірілдеуге және механикалық жүктемелерге сезімталдығының аздығы, төмен (тура) және жоғары (кері) кернеулерде, сондай-ақ өте үлкен тоқтарда жұмыс істеу қабілеті.

Автоматикада, электроникада және энергетикада әртүрлі қолдануды қамтамасыз ететін тиристорлардың негізгі қасиеті - бұл екі тұрақты күйде болуы мүмкіндігі: жабық және ашық.

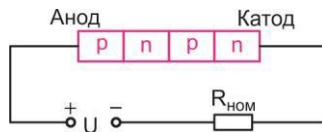
Жабық күйінде тиристордың кедергісі ондаған миллион ом құрайды және ол 1000 В дейінгі кернеуде тоқты өткізбейді дерлік; ашық күйінде тиристордың кедергісі біршама ғана. Ондағы кернеудің төмендеуі ондаған және жүздеген ампер тоғы кезіне шамамен 1 В құрайды. Тиристордың бір күйден екіншісіне ауысуы өте қысқа мерзімде, тіпті секіріп өтеді. Басқарылатын және басқарылмайтын тиристорларды (тринисторлар мен динисторлар) деп бөлінеді.

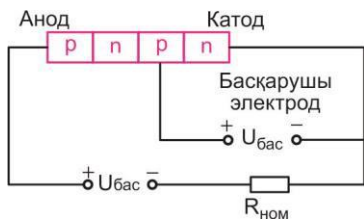
Ең қарапайым тиристор *динистор* болып табылады — p — n — p — n типті, төрт қабатты құрылым құрайтын, басқарылмайтын ауыстырып қосқыш диод (11.10-сурет). Динистордың бір күйден екіншісіне ауысуы шығыстардағы кернеудің мәнінің немесе полярлығының өзгеру жолымен жүзеге асырылады.

Тиристорлардың басқа түрлерінде сияқты мұнда шеткі p — n -ауысулар *эмиттерлік*, ал орташа p — n -ауысу — *коллекторлық* деп аталады. Ауысулар арасында жатқан құрылымның ішкі аймақтары *базалар* деп аталады. Сыртқы n -аймақпен электр байланысын қамтамасыз ететін электрод *катод*, сыртқы p -аймақпен — *анод* деп аталады.

Динисторды 11.10-суретте көрсетілген схема бойынша қосқан кезде коллекторлық p — n -ауысу жабық, ал эмиттерлік ауысулар ашық.

11.10-сурет. Басқарылмайтын ауыстырғыш диодты — динисторды қосу схемасы





11.11-сурет. Тринистор қосу схемасы

Ашық ауысулардың кедергісі аз, сондықтан қуат көзінің барлық кернеуі жоғары кедергісі бар коллекторлық ауысуға қолданылады. Бұл жағдайда тиристор арқылы кішкене ток ағып тұрады.

Динисторлардың негізгі қолданысы - негізгі жұмыс режимі бар схемалар болып табылады. Динистордың маңызды кемшілігі сыртқы кернеуді өзгертпестен, қосу кернеуін басқару мүмкін еместігі болып табылады.

Бұл кемшілік бақыланатын тиристорда (тринистор) жойылды, онда эмитенттердің біреуі басқарушы етіп жасалған. Тринистордағы ауысып қосу кернеуін басқару мүмкіндігі үшінші басқарушы электродқа кернеу беру арқылы жүзеге асырылады (11.11-сурет).

Басқарушы электроды кішкентай басқару сигналының көмегімен (кернеу импульсінің) негізгі электродтарда өзгеріссіз (белгіленген) кернеу кезінде тиристорды жабық күйден ашық күйге ауыстыруға мүмкіндік береді. Басқарушы кернеудің көмегімен ашық күйден жабық күйге кері өту мүмкін емес.

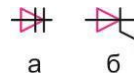
Басқарушы электрод тринистордың кез-келген базасына қосылуы мүмкін. Қандай да базаны пайдалану тек басқарушы кернеудің қуат көзінің полярлығын өзгертуге ғана әкеледі. Басқарушы кернеудің полярлығы тринистордың қосылуы жеңіл болатындай болу керек.

Тиристорлар кремнийден балқыту және диффузия немесе тізбекті диффузия әдісі арқылы дайындалады. Тиристорларды дайындау кезінде кремнийді пайдалану $p-n$ -ауысуды кері қосқан кезде кремнийдегі токтар германийға қарағанда аз болғанымен түсіндіріледі. Кремний жоғары температураларға төзеді, бұл тиристорлардың параметрлерінің тұрақтылығының жоғарылауына әкеледі.

Қазіргі уақытта өнеркәсіпке негізінен басқарылатын тиристорлар шығарылады, себебі олар қосу кернеуін басқаруға мүмкіндік береді, бұл олардың практикалық қолдану салаларын кеңейтеді. Сыртқы түрі бойынша тиристорлар транзисторларға және орташа қуатты диодтарға ұқсас. Динисторлар мен тринисторлардың шартты графикалық көрінісі 11.12-суретте көрсетілген.

Өнеркәсіпте әрі тура, әрі кері бағыттарда ауыса алатын, кернеудің әртүрлі полярлығында бірдей вольт-амперлік сипаттамаларға ие симметриялық тиристорлар (триак) шығарылады.

11.12-сурет. Динисторлардың (а) және тринисторлардың (б) шартты графикалық көрінісі



Симметриялық тиристор - бұл бір-бірін тұйықтайтын екі тиристордың қарсы қосылуы. р-типті электр өткізгіштігі бар аймақтардың біреуінде тиісті басқарушы шығысы бар түзеткіш контакт жүзеге асырылса, симметриялық тиристорды басқарылмалы етуге болады.

Транзисторлар сияқты тиристорлар электронды вакуумдық құрылғыларды ауыстыру кезінде тиімді болып шықты; оларды қолдану электроника және электротехника саласындағы бірқатар жаңа мәселелерді шешуге мүмкіндік берді.

Көптеген жағдайларда функционалды міндеті ұқсас схемалар транзисторларда да, тиристорларда да жинақталуы мүмкін.

Қуатты және аса қуатты тиристорларды қолданудың ерекше саласы электр энергетикасы болып табылады. Тоқтың кез-келген параметрлерінің шағын өлшемді, сенімді және үнемді статикалық түрлендіргіштерін құру мүмкіндігі электр энергиясын тасымалдау және үлестіру, электр жетегін және басқа электротехникалық құрылғыларды басқару жүйелерін одан әрі жетілдіру үшін үлкен перспективалар ашады.

Транзисторлар мен тиристорларды таңбалау әріптік-цифрлық кодпен жүзеге асырылады. Бірінші орында тұрған әріп немесе сан бастапқы жартылай өткізгіш материалды сипаттайды: Г (немесе 1) — германий; К (немесе 2) — кремний. Екінші орында тұрған әріп аспаптың класын білдіреді: Т — биполярлық транзистор; П — дала транзисторы; Н — динистор; У — тринистор. Үшінші орында аспаптың параметрлерін анықтайтын сан тұрады (қуаты, ток, жиіліктер диапазоны). Содан кейін 01 бастап 99 дейінгі екі таңбалы сан тұрады, ол әзірленім нөмірін, және технологиялық типті түрді көрсететін әріпті білдіреді.

11.7. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ РЕЗИСТОРЛАР

Варисторлар. Жабдықтардың, мысалы қоректену блоктарының істен шығуының жиі себебі желіде асқан кернеу импульстерінің бар болуынан деп түсінеміз.

Олар найзағай разрядтарымен немесе коммутациямен байланысты түрлі электромагниттік бөгеттерден және тізбектің индуктивті және сыйымдылықты элементтерінің разрядтарынан, сондай-ақ тиісті өтпелі процестерден туындайды.

Варисторлар асқын кернеуден қорғайтын ең сенімді және икемді компоненттер болып табылады. Олар импульстік асқын кернеуді мен артық тоқты шектеу үшін және энергияны сіңіру үшін өте ыңғайлы. Варисторлардың негізгі қасиеттерінің бірі - ағып кету тоғының уақытқа тәуелді болуы, яғни ұзақ өміршеңдігі.

Варистор — бұл сызықты емес қасиеттері бар жартылай өткізгіш резистор. Басқаша ол сызықты емес жартылай өткізгіш кедергі (СЖК) деп аталады. Варистордың негізгі материалы кремний карбиді (SiC) мен қандай байланыстырғыш зат болып табылады. Кедергінің сызықты еместігі кремний карбидінің дақылдары арасындағы микроконтактілердің қызуымен түсіндіріледі. Варисторлар бірнеше килогерцке дейінгі жиілігі бар тұрақты және айнамаы токпен қолданылады.

Электр тоғын ажыратушы бола тұра, варистор қарапайым жағдайда кедергі көзінің ішкі кедергісіне параллель орнатылады. Асқын кернеу болмаған жағдайда, варистор арқылы өтетін ток өте аз болады.

Варистордың кемшілігі оның әдетте жоғары өзіндік сыйымдылығы болып табылады, ол бұйымдардың жоғары жиіліктерде пайдалану мүмкіндігін шектейді. Тасымалдау желілерінде бұл варисторларды олармен енгізілген сыйымдылық тасымалданатын ақпаратқа айтарлықтай әсер етпеген кезде қолданылады.

Варисторлар сонымен қатар кернеулерді тұрақтандыру және айырбастау үшін пайдаланылуы мүмкін (газдан ажыратқыштар мен шектейтін диодтардан басқа, жабдықты асқын кернеуден қорғауға арналған).

Осылайша, варисторлардың жоғары кернеуді қорғаныс құралдарында қолдану электромагниттік кедергілерден қажетті қорғанысты қамтамасыз етуге, құрылғылардың жалпы өлшемдерін азайту үшін кішігірім ток және қуат шығындарын азайту үшін қорғаныс функцияларын тиімді және қарапайым түрде іске асыруға, нәтижесінде - істен шығуды қоспағанда, жабдықтың пайдаланылуының кепілді мерзімін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Тотықандырғыш-мырыш варисторлар қазіргі уақытта тұрмыстық техника (теледидарлар, микротолқынды пештер, тұрмыстық радио жабдығы және т.с.с.), өнеркәсіптік электроника құрылғылары (электр қозғалтқыштары, бақылау тізбектері және т.б.), релелік схемалар, қорғаныс сұлбалары), байланыс жабдығы, деректерді өңдеу құрылғылары, электр беру жабдығы (газды кетіруге арналған детекторлар), индикатор (автомобиль электроникасы, темір жол көлігі) және т.б.

сияқты әртүрлі мақсаттарда күрделі және қымбат жартылай өткізгіш жүйелерді қорғаудың жылдам қолданылатын құралы болып табылады.

Терморезисторлар. Олар кедергісі температураға қатты тәуелді болатын жартылай өткізгіш резисторлар болып табылады. Оларды сондай-ақ термокедергілер немесе термисторлар деп атайды. Әдетте «термистор» термині температуралық сезімтал жартылай өткізгіш құрылғыларға қолданылады.

Термисторлар негізінен сызықты емес аспаптар болып табылады және жиі қатты таралған параметрлерге ие. Термисторлардың теріс температуралық кедергі коэффициенті бар.

«Термисторлар» категориясы жартылай өткізгіш аспаптардың екі түрін біріктіреді: тікелей жылыту термисторлары және жанама жылыту термисторлары. Соңғылары қосымша жылу көзіне ие - жылытқыш (құрылымдық жағынан жылытатын талшықтар немесе оқшаулағыш түтікке орау). Тікелей жылыту термисторларына жартылай өткізгішті болометрлер кіреді. Бұл құрылғылар, әдетте, екі пленкалы термистордан тұрады және байланыссыз температураны өлшеуге арналған.

Негізінде термисторлар жартылай өткізгіш керамика болып табылады. Олар металл тотықтарының ұнтақтары негізінде (әдетте никель мен марганец оксидтері), кейде аз мөлшерде басқа тотықтар қосып дайындалады. Ұнтақ тәріздес тотықтар сұйық қамыр алу үшін сумен және түрлі байланыстырғыш заттармен араластырылады, оған қажетті пішін келтіріледі және 1000°C жоғары температурада күйдіріледі. Оған өткізгіш металл жабын (әдетте күміс) дәнекерленеді және шығыстар қосылады. Аяқталған термистор әдетте эпоксидті шайырмен немесе әйнекпен қапалады немесе қандай да басқа корпусқа оралады.

Термисторлардың диаметрі 2,5 - 25,5 мм түрлі дискілер және шайбалар түрі, әртүрлі өлшемді өзектер пішіні бар.

Кейбір термисторлар алдымен үлкен пластиналар түрінде жасалады, содан кейін шаршыларға кесіледі. Өте кішкентай моншақты термисторлар екі шығысында қамыр тамшыларын тікелей күйдіру арқылы титан қорытпасынан күйдіру арқылы жасалады, содан кейін жабын алу үшін термисторды шыныға түсіреді.

Көптеген термисторларда шығыстарды ішкі жалғау үшін дәнекерлеу қолданылады.

Әлбетте, осындай термисторды дәнекерлеудің балқыту температурасынан асатын температураны өлшеу үшін қолдануға болмайды. Термисторлардың эпоксидті жабыны тек қана теспей, тек 200 ° С жоғары температурада сақталады. Жоғары температура үшін дәнекерленген немесе термалды терминалдары бар шыны тәрізді термисторлар қолданылуға тиіс.

Термисторлар көптеген салаларда қолданылады. Іс жүзінде ешқандай күрделі тақта термисторларсыз істей алмайды. Олар температура сенсорларында, термометрлерде, температура режимдеріне қатысты кез келген электроникада сызықтық емес элементтер ретінде қолданылады. Өртке қарсы техникада стандартты температура датчиктері бар.

Тензорезисторлар, Тензорезисторлар ұшқынның статикалық және динамикалық жүктемесі бойынша жаңа бөлшектер мен бөлшектердің серпімді деформацияларын өлшеуге, сондай-ақ басқа да механикалық шамаларды (күштер, жеделдету, ауыстыру, қысым) өлшеуге арналған, олар микроклимат аймақтарында қалыпты және суық климаты бар деформациямен байланысты.

Тензорезистордың әрекет ету принципі тензорезистивті әсерге негізделеді, ол жартылай өткізгіш кедергісінің оған түсірілетін қысымына тәуелділігінен тұрады.

Тензорезисторларға арналған материалдар ретінде көбінесе кремний қолданылады, бірақ басқа жартылай өткізгіштер де пайдаланылуы мүмкін.

Тензорезистор UBC-10T желімі сіңірілген, фенилон термотұрақты қағаздан жасалған қаптамаға кірістірілген, жұқа константанды фольгадан жасалған (қалыңдығы 3 және 5 мкм) ілмекті тор болып табылады. Тоқ шығыстары бекітілген ілмекті тор тензорезистордың сезімтал элементі болып табылады.

Тензорезисторлардың негізгі параметрлеріне *номиналды кедергі* (ондаған ом бастап, ондаған килоом дейін), яғни қысым болмаған кездегі кедергі, және жартылай өткізгіш затына, электр өтімділік түріне, меншікті кедергіге және деформация бағытына байланысты *тензосезімталдық коэффициенті* жатады.

л-типті жартылай өткізгіштерде тензосезімталдық коэффициенті теріс, яғни қысым артқанда кедергі азаяды, ал р-типті жартылай өткізгіштерде - тензосезімталдық оң болады. Тензорезисторлар сондай-ақ шекті рұқсат етілген деформациямен сипатталады, аспаптың істен шығуына жол бермеу үшін одан асуға болмайды.

Тензорезисторы үш түрлі материалдардың біреуі үшін термоөтелген:: болат, мыс, алюминий. Тензорезисторлар қалпына келтірілмейтін бұйымдарға жатады.

Токтаусыз жұмыс істеу ықтималдылығы ± 1000 шамасының салыстырмалы штаммы бар 200 000 жүктеме циклі үшін 0,98 құрайды.

Диффузияны өлшеудің әмбебап құралы ретінде тензорезисторлар белгілі боуы келесі мүмкіндіктермен түсіндіріледі: базалар өлшемі миллиметр үлестерінен басталатын деформацияларды өлшеу; көп нүктелердегі дистанциялық өлшеулер; өзін-өзі термоөтеу немесе автоматты схемалық өтем кезінде температуралардың кең ауқымындағы өлшеулер; объектінің күрделі кернеулі күйлерін өлшеу; қолайсыз сыртқы жағдайлар кезіндегі (ылғалдылық, қысым және т.б.) өлшеулер.

Тіктөртбұрышты, розеткалы, мембраналық және КФ5 тізбекті тензорезисторлар шығарылады.

Белгілену мысалдары: КФ5П1-3-400 Б12 — тензорезистор КФ5, тікбұрышты, база — 3 мм, кедергі — 400 Ом, сапа тобы — Б, болат үшін термоөтелген.

Сондай-ақ *тезодиодтар* бар, олар қысым әсерінен вольт-амперлік сипаттаманың өзгеру принципі бойынша жұмыс істейді. Осындай өзгеріс деформация кезіндер—л-ауысудағы потенциалды кедергінің биіктігінің өзгеруімен байланысты. Тензодиодтардың тензосезімталдық коэффициенті жүздеген және тіпті мыңдаған бірліктерге жетеді. Ол туннельді диодтарда одан да жоғары болуы мүмкін.

Сондай-ақ, *тензотранзисторлар* бар, оларда қысымның әсерінен вольт-амперлік сипаттамасы өзгереді. Қысым қолданылатын аймаққа қарай ағым өзгерген кезде өзгереді.

Басқарушы *p—n*-ауысуы бар бір ауыспалы транзистордың тензосезімталдығы қарапайым бір ауыспалы транзисторлан бірқатар жоғары. Жиілікті шығысы бар қысым түрлендіргіші ақпараттық сигналдың шудан қорғалғыштығына және өлшеу дәлдігіне қойылатын жоғары талаптары бар құрылғылар жасау үшін практикалық қызығушылық тудырады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Германий атомының құрылымы қандай?
2. Қандай факторлар кристалдың өзіндік электр өткізгіштігін жасайды?
3. Кристалдың қоспалы электр өтімділігінің мәні неге байланысты?
4. Электрондық және кемтікті өтімділіктер арасындағы айырмашылық қандай?

5. p — n -ауысу үшін қандай ойық қауіпті?
6. Германий шұрасының құрылымы қандай?
7. Нүктелік диодтың негізгі қасиеті қандай?
8. Қандай диодтар айнымалы тоқты түзету үшін қолданылады?
9. Транзистордың жұмыс істеу принципі қандай?
10. Транзисторды қосылу схемаларын атаңыз.
11. ЖЭ схемасы бойынша қосылған транзистордың сипаттамаларын көрсетіңіз.
12. Қандай сипаттамалар тобын I_z мәнін өзгерту арқылы алуға болады?
13. Тиристордың құрылысы қандай?
14. Тиристордың қанша p — n -ауысулары бар?
15. Жартылай өткізгішті резисторлардың негізгі түрлерін атаңыз.
16. Транзисторлар мен тиристорлар техниканың қандай салаларында қолданылады?

ФОТОЭЛЕКТРЛІК АСПАПТАР

12.1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Фотоэлектрлік аспап — сәуле энергиясын түрлендіргіш, оның әсерінен аспаптағы жұмыс ортасының электр қасиеттері өзгереді. *Сәулелік* энергия деп жиіліктердің кең ауқымындағы электромагниттік энергияны айтады. Алайда көптеген жағдайларда фотоэлектрлік аспаптар ультракүлгін, көрінетін және инфрақызыл сәулеленуді қамтитын оптикалық диапазонның электромагниттік сәулеленуін қабылдайды. Фотоэлектрлік аспаптардың жұмысы фотоэлектрлік құбылыстарға (фотоэффектілерге) негізделеді. Фотоэффектінің екі түрі бар: ішкі және сыртқы.

Ішкі фотоэффект — заттың электрондарының қозуы, яғни сәулеленудің әсерінен олардың жоғары энергетикалық деңгейге өтуі, соның арқасында зарядтың бос тасығыштарының концентрациясы, демек, заттардың электрлік қасиеттері өзгереді. Ішкі фотоэффект тек жартылай өткізгіштерде және диэлектриктерде байқалады және біртекті жартылай өткізгіштердегі электр өткізгіштігінің өзгеру түрінде немесе біркелкі емес жартылай өткізгіштерде (р—п-құрылымдарында) пайда болады. Ішкі фотоэлектрлік әсер қолданылатын біртекті және біртекті емес құрылымы бар жартылай өткізгіш аспаптар фотоэлектрлік жартылай өткізгіш сәулелену қабылдағыштары ретінде қызмет етеді.

Ішкі фотоэлектрлік әсердің мәні мынада. Сәулелік энергия жарықтың кванттары (фотондары) түрінде белгілі бір энергиямен шығарылады. Бұл энергияның таза жартылай өткізгіштерде (және диэлектриктерде аз дәрежеде) әсер етуі салдарынан валентті электрондардың бір бөлігі энергиясы соншалықты артуы мүмкін, олар тыйым салынған аймақтан асып және өтімділік жиілігіне ауып кетуі мүмкін.

Қоспасыз жартылай өткізгіштерде сәулелену энергиясы әсерінен донорлық деңгейлерден электрондар өткізгіштің диапазонына, ал р-типті жартылай өткізгіштерде акцепторлардың деңгейінен тесіктер валенттіліктің диапазонына өтеді (яғни, валенттілігі электрондары аккортор деңгейлеріне өтеді). Таза жартылай өткізгіштердің электрондары тыйым салынған жолақшаны еңсере алатындай етіп, олардың ішкі электрөткізгіштігінің активтендіру энергиясынан үлкен, немесе оған төтенше жағдайларда, яғни фотоэлектрлік эффекттің пайда болу шарты орындалуы керек екенін хабарлау қажет. Жартылай өткізгіштерде электрондар иондалу энергиясына қарағанда үлкен (немесе тең) энергия туралы хабарлауы керек.

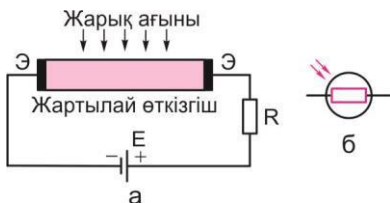
Бұл жағдайда жартылай өткізгіш *фототүрлендіргіш* деп аталатын қосымша өткізгіштікке ие болады.

Сыртқы фотоэффект — бұл фотоэлектрондық эмиссия, яғни сәулеленудің әсерінен заттың бетінен тыс электрондардың шығуы. Фотоэлектрлік эмиссия кез келген затта үлкен немесе аз дәрежеде болуы мүмкін. Бұл құбылысты зерттеуді ресейлік физик А.Г.Столетов жүргізді, ол фототоқтың бар екендігін анықтаған және катодпен шығарылатын бос электрондардың саны катодты сәулелендіретін жарық ағынына пропорционал екендігін анықтаған. Сыртқы фотоэлектрлік әсер электровакуумдық фотоэлектрлік аспаптардың - электрондық және газразрядты фотоэлементтердің, сондай-ақ фотоэлектрондық көбейткіштердің жұмысының негізінде жатыр.

12.2. ФОТОРЕЗИСТОРЛАР

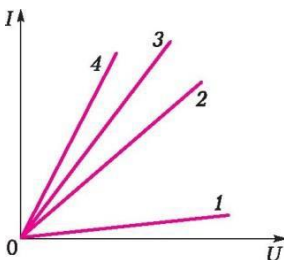
Фоторезисторлар — екі контактісі бар және электрлік кедергісі түсетін сәулеленудің қарқындылығы мен спектральды құрамына байланысты өзгеретін жартылай өткізгіш аспаптар.

12.1-суретте фоторезистордың қосылу схемасы және шартты графикалық кескіні көрсетілген.



12.1-сурет. Фоторезисторды қосу схемасы (а) және гартты графикалық кескіні (б)

Жарыққа сезімтал жартылай өткізгіш материалдардың пластинаны өткізбейтін материалдың (шыны, керамика, кварц) төсеміне бекітеді; жартылай өткізгішке тоттануға жатпайтын материалдардан (күміс, алтын, платина) жасалған тоқ өткізгіш электродтар қосылады. Сезімтал элементтерді көбінесе жарық өткізетін тесігі бар пластмасса немесе металл корпусқа орналастырылады. Металл контактілер арасындағы фотосезімтал жартылай өткізгіш пластинаның бөлігі жұмыс істейді.



12.2-сурет. Фоторезистордың вольт-амперлік сипаттамасы

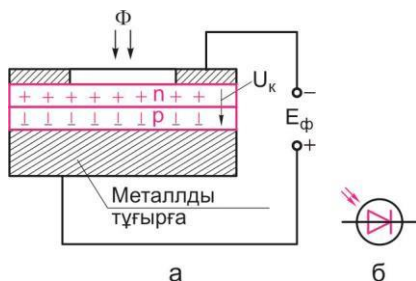
Жарыққа сезімтал материал ретінде негізінен жартылай өткізгіш қосылыстар қолданылады: сульфид немесе кадмий теллурид, күкіртті қорғасын, индий антимониді. Өнеркәсіп түрлі конструкцияларда фоторезисторлардың көптеген түрлерін шығарады.

Фоторезисторды электр тізбегіндегі қуат көзіне қосу кезінде, қараңғы тоқ деп аталатын шағын тоқ өтіп кетеді. Фоторезистор жарықтандырылған кезде электр тізбегіндегі тоқ ішкі фотоэлектрлік әсерге байланысты фототерудің арқасында артады. Вольт-ампердік сипаттама, яғни фототоқтың тұрақты жарық ағынында қолданылатын кернеуге тәуелділігі айтарлықтай сызықтық (12.2-сурет). 2...4 сипаттамалар фоторезистормен жарықтандыру кезінде алынды (жарықтандыру неғұрлым көп болса, сипаттама соғұрлым қатты болады), ал 1 сипаттама түрлі кернеулерде қараңғы тоққа сәйкес келеді.

Фоторезисторлар инерциалық болып табылады, бұл жарықтандыру өзгерген кезде заряд тасымалдаушылардың уақытында пайда болуына және рекомбинациясына байланысты болады, соның салдарынан фототок жарықтың өзгеруін бақылап үлгермейді. Осы кемшіліктерге қарамастан, фоторезисторлар әртүрлі басқару және өлшеу схемаларында, әсіресе, автоматтандыру және компьютерлік технология бойынша практикалық қолдануды табады.

12.3. ФОТОДИОДТАР

Фотодиодтар — бұл бір $p-n$ - ауысуы және екі контактілері бар жартылай өткізгіштер, олардың әрекет ету принципі ішкі фотоэффектіні пайдалануға әсерін негізделген.

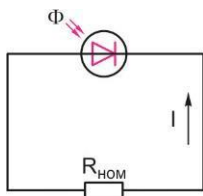


12.3-сурет. Фотодиодтың құрылымы (а) және оның шартты графикалық кескіні (б)

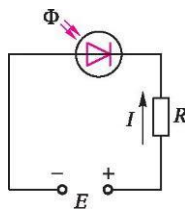
Фотодиодтардың құрылымы (12.3, а-сурет) қарапайым диод құрылғысына ұқсас тек корпуста ғана (егер металл болса), оған диод орналастырылады, диодқа жарық түсетін шыны терезесі бар. Терезенің әйнегі фотодиодтың белсенді элементі сезімтал болуға тиіс спектрдің сол бөлігінде мөлдір болады. Егер корпус пластмасса болса, полимерлік материал спектрдің қалаған бөлігі үшін ашық болуы керек. Әдетте, жарықты p — n -ауысу жазықтығына перпендикуляр (сирек - параллель) бағыттайды. Фотодиодтың шартты графикалық көрінісі 12.3, б-суретте көрсетілген.

Жартылай өткізгіш материалдар ретінде германий, кремний, селен, индия арсениді, кадмий сульфиді және т.б. қолданылады. Фотодиод екі режимде жұмыс істей алады: сыртқы қуат көзі жоқ фотогенератор (фотоэлемент) режимінде (12.4-сурет) және сыртқы қуат көзі бар фототүрлендіргіш режимінде.

Бірінші жағдайда жарық әсерімен фотодиодтың қысқыштарында фотоЭҚК жасалады. Осындай фотодиодтар *жартылай өткізгішті фотоэлементтер* деп аталады. Екінші жағдайда, фотодизод тізбегіне қуат көзін қосады, ол p — n - ауысудың кері ығысуын жасайды (12.5-сурет).



12.4-сурет. Фотодиодты генераторлық режимде қосу схемасы



12.5-сурет. Фотодиодты түрлендіргіш режимде қосу схемасы

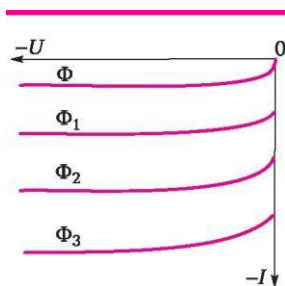
Егер фотододты жарықтандырылмаған болса, онда ол әдеттегі диод сияқты әрекет етеді, ол арқылы p және n (бұл жағдайда қараңғы деп атауға болады) аймақтардың аз зарядты заряд тасымалдаушыларынан қалыптастырылған кері ағыс өтеді. Егер фотодиодқа жарық түссе, онда ішкі фотоэлектрлік әсерге байланысты фотодиодтың екі аймағында заряд тасымалдаушылардың жұптары пайда болады. p — n -ауысу өрісі жеделдетілген өріс болып табылатын негізгі емес заряд тасымалдаушылар p — n -ауысуды оңай жеңе алады, іргелес аймаққа түседі (n -аймағының кемтіктері p аймағына, ал p -аймағының электрондары n аймағына) және осылайша фотодиодтың минималды заряд тасымалдаушыларының жалпы ағымына үлес қосады. Жарықтандырумен байланысты миноритарлы заряд тасымалдаушылардың ағымы p — n -ауысуға қолданылатын кернеуге тәуелді емес; бұл жарық ағынымен пропорционал және *жарық тоғы* немесе *фототок* деп аталады. Заряд тасымалдағыштар жұптарын жасау процесімен бір мезгілде олардың рекомбинациясы жүреді.

Сондықтан p — n -ауысуға қол жетеді және ол арқылы p немесе n аймағының енінен артық диффузиялық ұзындығы бар заряд тасығыштары өтеді. Сонымен қатар, сәулелендірілген дененің тереңдігінде жарық қарқындылығы төмендейді, сондықтан заряд тасымалдаушы жұптардың негізінен сыртқы сәулелендірілген бетінде пайда болады. Егер сәулелендірілген аймақтың ені фотодиодтардың нақты құрылымына сәйкес келетін тесіктердің диффузиялық ұзындығынан аз болса, онда фотододтағы фототок i_{ϕ} аймағындағы тесіктердің қозғалысына байланысты болады.

12.6-суретте жарық ағынының Φ әртүрлі мәндері үшін фотодиодтың $I_{\phi} = f(U)$ вольт-амперлік сипаттамасы көрсетілген. $\Phi = 0$ кезіндегі сипаттама диодтың вольт-амперлік сипаттамасының кері тармағы, яғни қараңғы ағынның сипаттамасы болып табылады. Фототоктың I_{ϕ} жарық ағынына қатынасы оның *фотосезімталдығы* B_{ϕ} деп аталады.

Фотодиодтардың маңызды кемшілігі олардың параметрлерінің температураға тәуелділігі болып табылады.

Фотогенератор режимінде жұмыс істейтін фотодиодтар күн энергиясын түрлендіретін көздер ретінде кеңінен қолданылады. Мұндай көздер фотэлементтер немесе күн элементтері деп аталады. Олардан ғарыштық объектілерде электр станциялары ретінде қолданылатын күн батареяларын жасайды. Фотэлементтер фотодиодтардан тек конструкциялық ерекшеліктерімен ерекшеленеді.



12.6-сурет. Фотодиодтың вольт-амперлік сипаттамасы

Фотодиодтар өнеркәсіпте кеңінен пайдаланылады: есептегіш техникада, фотометрияның, киноаппаратураның, өндірістік процестерді автоматтандыру жүйелерінің және т.б. тіркегіш және өзшегіш аспаптарында.

12.4. ФОТОТРАНЗИСТОР

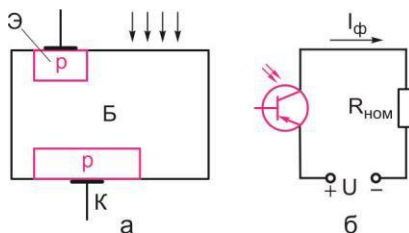
Фототранзистор — бұл сәулелік энергия әсерінен фототоқтың күшею қасиеті бар екі p — n -ауысулары бар үш қабатты жартылай өткізгіш фотоэлектрлік құрылғы. Биполярлық және далалық фототранзисторлар қолданылады.

Биполярлық фототранзистор — бұл фотосезімтал элементі биполярлық транзистордың құрылымын қамтитын фототранзистор.

Далалық фототранзистор — бұл фотосезімтал элементі далалық транзистордың құрылымын қамтитын фототранзистор.

Фототрансформацияның құрылысы мен жұмыс принципі биполярлық транзисторға ұқсас. Көп жағдайда фототранзисторда эмиттерден және коллектордан екі шығысы бар. Базаның сыртқы бөлігі фотосезімтал бет болып табылады, сондықтан эмиттердің әдетте шағын өлшемдері бар. Копуста жарық өткізетін терезе бар. Фототранзистордың құрылымы және оны қосу схемасы 12.7-суретте келтірілген. Фототранзисторды қосудың екі схемасы бар: еркін базасы бар схема және сызықты сипаттаманы алу үшін қажетті ығысу кернеуі базаға берілетін схема.

Жарықтандыру болмаған кезде фототранзистордың тізбегінді кішігірім қараңғы ток өтеді. Фотосезгіш бетті жарықтандыру кезінде, онда заряд тасымалдаушылардың жұптары жасалады.



12.7-сурет. Фототранзистордың құрылымы (а) және қосылу схемасы (б)

Коллекторлық ауысу арқылы базаның (тесіктердің) негізгі емес зарядтар тасығыштары коллекторға ауысады, және кері ауысу тоғы база тесіктерінен түзілген тоққа артады (диодтың фототоғын ұқсас фототоқтың бір бөлігі). Алайда, фотодиодқа қарағанда, фототранзисторда фототоқтың екінші құраушысы бар: базадан тесіктердің қашуы оның ішіндегі қалпына келтірілмеген теріс кеңістік зарядының пайда болуына және эмитенттің әлеуетті тосқауылының төмендеуіне әкеліп соғады. Соның салдарынан эмитенттің базаға енгізген тесіктері саны көбейеді, демек, базадан коллекторға өтетін саңылаулар саны артады.

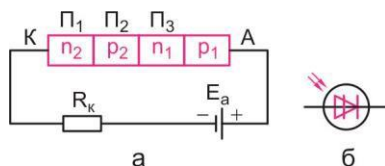
Осылайша, фототранзистордың сезімталдығы фотодиодтың сезімталдығынан әлдеқайда жоғары. Үзілген базасы бар фототранзистордың вольт-амперлік сипаттамалары ЖЭ бар схема бойынша қосылған биполярлық транзистордың шығыс сипаттамаларына ұқсас. Аспаптардың негізгі параметрі жарық ағыны Φ болып табылады. Фототранзисторлардың жиіліктік сипаттамалары оның сыйымдылығы есебінен эмиттерлік ауысудың инерциялығына байланысты фотодиодтарға қарағанда нашар. Фототранзисторлардың параметрлері елеулі түрде температураға байланысты.

Фототранзисторлар түрлі салаларда кеңінен қолданылады: фототеграфияда, фототелефонияда, есептегіш техникада, көрінетін, инфрақызыл және ультракүлгін сәулелерді тіркеу кезінде.

12.5. ФОТОТИРИСТОР

Фототиристор — фотоэлектрлік әсер қолданылатын тиристор. Фототиристорлар жоғары қуатты электр сигналдарының жарық сигналдарымен коммутация үшін қолданылады. Фототиристор басқарылатын тиристордың фотоэлектрлік аналогы болып табылады. Фототиристорды қосу схемасы және оның шартты графикалық кескіні 12.8-суретте келтірілген. Фототиристордың төрт қабатты $p-n-p-n$ -құрылымы бар, оның Π_1 және Π_2 ауысулары тура бағытта, ал коллекторлық ауысу Π_3 — кері бағытта ығысқан.

12.8-сурет. Фототиристорды қосу схемасы (а) және шартты графикалық кескіні (б)



Жарық ағыны, әдетте, тиристордың екі базасына түседі- p_2 және n қабаттар. Бұл ретте жарықтандыру артқан сайын эмиттерлік тоқтар артады, бұл эмиттер тоғын тасымалдау коэффициентінің өсуіне алып келеді. Басқа сөзбен айтқанда, фототиристорлар мен кәдімгі тиристорлар арасындағы негізгі айырмашылық фототиристорлардағы тоқ тасымалдау коэффициенттері, жанама түрде, жарықтандыру функциясы болып табылады. Фототиристордың кедергісі оның коммутациялық қасиеттерін бағалаудың негізгі параметрі болып табылады және әдетте 200 МОм (жабық жағдайда) 0,1 Ом-ға дейін өзгереді (ашық жағдайда). Фототиристорлар жарық сәулесінің көмегімен елеулі қуаттарды басқаруға мүмкіндік береді.

12.6. ЖАРЫҚ ДИОДТАР

Жарық диодтар — бұл бір p — n -ауысуы бар, электр энергиясын когерентті емес жарық сәулелену энергиясына түрлендіретін жартылай өткізгіш аспаптар.

Жарық диодтардың әрекет ету принципінің негізінде сәуле шығарғыш рекомбинация - электрон-тесік жұптарын рекомбинациялау кезінде жарық кванттарын шығару қасиетті жатыр. p — n -ауысу тура бағытта қосылған жағдайда рекомбинация байқалады. Рекомбинация әрдайым сәуле шығарғыш болмайды. Бірқатар жағдайларда ауысуға қолданылатын барлық энергия тор торына ауысады, яғни жылу рекомбинациясы орын алады. Осылайша, германий ауысулары кезінде электр энергиясы толығымен жылу энергиясының түрінде шығарылады.

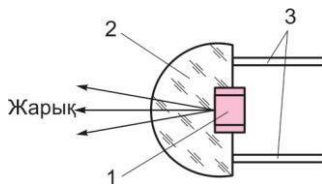
Жарықдиодтардың жартылай өткізгіш материалдары ретінде әдетте қосарланған және үштік қосылымдар пайдаланады. Қызыл, сары және жасыл жарық диодтары галлий фосфидінің негізінде; күлгін жарық - кремний карбидінің негізінде және т.б. жасалады. Құрылымдық жағынан жарық диодтар жалпақ және жартылай сфералық болуы мүмкін. Жарық диодтарда p — n -ауысулар балқыту немесе диффузия әдісімен жасалады.

12.9-суретте мысал ретінде жарық диодтың жеңілдетілген конструкциясы көрсетілген. л-типті, p — n -ауысу құрылған монокристалл түріндегі диод корпусының ішіне - шығарылған жарықты өткізетін шыны линзаға орналастырылады. p - және n -типті салалардан тоттанбайтын металдан (күміс, алтын) шығыстар жасалған.

Жарық диодтардың шағын габариттік өлшемдері мен салмағы, қуаттың төмен тұтынылуы, жоғары тұрақтылық және ұзақ қызмет мерзімі бар. Жарықдиодтардың инерциялығы аз. Жарық диодтарға әртүрлі пішіндер беруге болады, сондай-ақ оларды бір кристалда сызықшалар түрінде орналастыруға болады.

12.9-сурет. Жарық диод конструкциясы:

1 — л-типті монокристалл; 2 — корпус — шыны линза; 3 — шығыстар

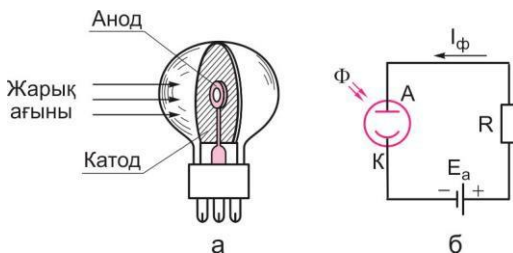


Бұл жағдайда, қандай да сегменттерді қосқанда, 0-ден 9-ға дейінгі кез келген санды алуға болады. Сондықтан олар сандық және алфавиттік ақпараттарды енгізу және шығару үшін жарық тақталарда, қарсы шешетін машиналарда кеңінен қолдануды табады. Оптоэлектроникада жарық диодтарды қолдану өте маңызды.

12.7. ФОТОЭЛЕМЕНТ

Фотоэлемент — оптикалық сәулелену энергиясын электр энергиясына айналдыратын және фотокатодты және анодты қамтитын электровакуумды аспап.

Электровакуумдық электрондық фотоэлементтің құрылысы 12.10, а-суретте, ал оның қосылуы схемасы 12.10, б-суретте келтірілген. Шыны баллонда жоғары вакуумда екі электрод орналасқан: катод және анод. Анод әдетте баллонның ортасында орналасқан шағын металл сақина; катод - әуе шарының ішкі бетіне қолданылатын жұқа фотоөткізгіштік қабаты болып табылады. Анод тізбегінде тұрақты кернеу мен жүктеме көзі бар. Фотоэлементті жарықтандырған кезде катод электрондарды шығара бастайды және анод тізбегінде жарық ағынының қарқындылығына пропорционал жарық ағыны Φ пайда болады.



12.10-сурет. Электровакуумдық электрондық фотоэлементтің құрылысы (а) және қосылу схемасы (б)

Жарық ағыны Φ өзгерген кезде, фототок I_{ϕ} пропорционалды түрде өзгереді. Фотоэлементінде шығу кернеуі жарықтың көмегімен басқарылады.

Фотокатодтың сезімталдығын жоғарылату үшін фотокадод бетіндегі жарық фототратоға ұшыраған кезде электрондардың шағын жұмыс функциясы бар материалдардан жасалған. Әдетте фотокадод ретінде күміс-оттекті-цезий, сурьма-цезий және көпсілтілі материалдар қолданылады.

Фотоэлементті инертті газбен (гелий, неон және т.б.) толтырылған кезде, өздігінен берілмейтін газдың ағып кетуіне байланысты құрылғының сезімталдығын арттыруға болады. Осындай фотоэлементтер *газразрядты фотоэлементтер* деп аталады. Электронды фотоэлементпен салыстырғанда газразрядты фотоэлементте фотокадодтың жарық сезімталдығы шамамен 10 есе артады.

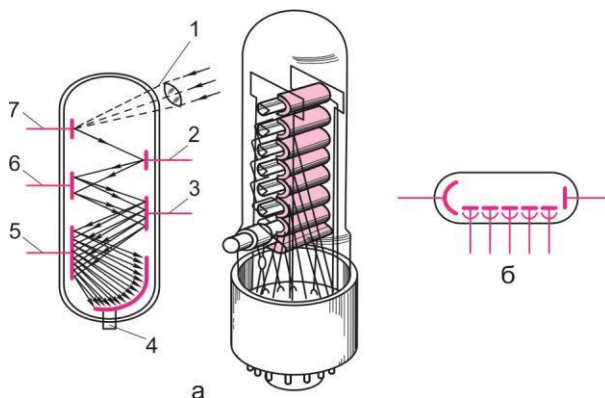
Электрондық фотоэлементтер ғылым мен техниканың әр түрлі салаларында кеңінен қолданылады. Атап айтқанда, олар фотореледе қолданылады, олар өндірістегі әр түрлі мөлшерде бақылауды қамтамасыз етеді: жарықтандыру, орталардың ашықтығы, бөлшек беттерінің өңдеу сапасы және т.б.

12.8. ФОТОЭЛЕКТРОНДЫ КӨБЕЙТКІШ

Фотоқөбейткіш (ФЭК) — бұл оптикалық сәулелену энергиясын электр энергиясына түрлендіретін және құрамында фотокадод, анод және фототокты күшейтуге арналған диодтар қамтитын электровакуумдық аспап. Бұрын қарастырылған фотоэлементтердің фототоғы өте аз, сондықтан оны айтарлықтай күшейту қажет. Бұл фотоқөбейткіштерде осы мақсат үшін екіншілік эмиссия қолданылады.

Жарықтың әсерінен фотокадодтан ұшып шығатын электрондар (12.11-сурет) электродты (немесе магнит өрісі) өріс электродқа жіберіледі, ол диод деп аталатын айтарлықтай қайталама эмиссия коэффициенті болады. Диодтан шығарылған қайталама электрондар әлдеқайда жоғары потенциалға ие болатын келесі диодқа бағытталады, сонымен қатар соңғы электродты анодқа жететін соңғы электродтарға жеткенше, қосымша электрондарды одан да көбейтеді.

Электрондық ағынның күшейту әсерін алу үшін қайталама электрондардың санының барлық диодтарға арналған бастапқы электрондардың санына қатынасы бірліктен үлкен болуы керек. Бұл қатынас *қосалқы эмиссия* коэффициенті деп аталады.



12.11-сурет. Фотокөбейткіштің құрылысы (а) және шартты графикалық кескіні (б): 1 — жарық ағыны; 2 — бірінші каскад; 3 — үшінші каскад; 4 — анод; 5 — төртінші каскад; 6 — екінші каскад; 7 — фотокатод

ФЭҚ көмегімен жарық ағындарын тіркеуге болады. ФЭҚ әртүрлі автоматты және өлшегіш схемаларда қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Жарық сәулеленудің табиғаты қандай?
2. Қандай аспаптар сыртқы және ішкі фотоэффектілері бар фотоэлементтер деп аталады?
3. Қандай фактор фотоэлектрлік аспаптардың жұмыс сапасына әсер етеді?
4. Қандай электрондар фотоэмиссия тоғын қамтамасыз етеді?
5. Динодтар тоғы қандай құбылыстан туындайды?
6. Фотодиод және қарапайым жартылай өткізгіш диод арасындағы айырмашылық қандай?
7. Ненің сезімталдығы жоғары: фотодиод немесе фототранзистор?
8. Жарық диодтың әрекет ету принципінің негізінде қандай қасиет жатыр?

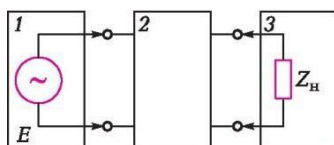
ЭЛЕКТР СИГНАЛДАРЫН КҮШЕЙТКІШТЕР

13.1. НЕГІЗГІ АНЫҚТАМАЛАР

Өнеркәсіптік электроникада электрлік сигналдарды күшейту қажеттілігі жиі кездеседі, мысалы, электрлік емес әдістермен электрлік емес шамаларды өлшеу, технологиялық үдерістерді бақылау және автоматтандыру. Осы міндеттерді шешу үшін электрондық күшейткіштер қолданылады.

Кішігірім электр энергия мөлшерін жұмсау арқылы әлдеқайда көп энергияны басқаруға болатын құрылғылар *күшейткіштер* деп аталады. Күшейткіштер ғылым мен техниканың әр түрлі салаларында кеңінен қолданылады. Күшейткіштің құрамына күшейткіш (белсенді) элемент, пассивті элементтер және қуат көзі кіреді.

Күшейткіш элементтің тағайындалуы - қуат көзінің электр энергиясын күшейтілген сигналдардың энергиясына айналдыру. Күшейткіштің кірісіне қолданылатын күшейтілген сигнал осы энергияны түрлендіру үдерісін бақылайды. Нәтижесінде шығыс сигналы кіріс сигналының функциясы болып табылады. Қуат көзінің қуатына байланысты шығыс сигналының қуаты күшейген сигналдың қуатынан бірнеше есе көп. Күшейткіш сигналдардың қуаты күшейткіштің шығыс тізбегіне қосылған жүктемеде бөлінеді. Күшейткіштің пассивті элементтері күшейткіш элементтің қажетті жұмыс режимін қамтамасыз ету және басқа мақсаттар үшін қолданылады.



13.1-сурет. Күшейткіштің құрылымы схемасы:

1 — сигнал көзі; 2 — төртұшты; 3 — жүктеме

Күшейткішті (13.1-сурет) кіріс қысқыштарына сигнал көзі 1, ал шығыс қысқыштарына жүктеме 3 қосылған төртұшты түрінде көрсетуге болады. Егер күшейткіштің бір күшейткіш элементі сигналдың қажетті күшейтуін қамтамасыз етпесе, онда кейбір байланыс элементтерінің көмегімен бір-бірімен байланыстыратын бірнеше күшейтетін элементтер пайдаланылады: резисторлар, трансформаторлар және басқалары. Бір күшейткіш элементті және оған жатқызылған элементтерді *күшейткіш каскад* деп атайды.

Күшейткіштерді шартты түрде үш түрге бөлуге болады: кернеу, ток және қуат күшейткіштері. Осындай бөлудің шартты сипаты кез-келген күшейткіш түбінде қуатты күшейтетінімен байланысты.

Күшейтілген сигналдардың табиғаты бойынша гармоникалық және импульстік сигналдар күшейткіштері бөлінеді. Сигналдың күшейтілетін жиіліктерінің диапазоны мен абсолюттік мәндері бойынша тұрақты ток күшейткіштері (өткізу жолағының нөлден жоғарғы жұмыс нүктесіне дейін), айнымалы ток, жоғары жиілік, аралық жиілік, төмен жиілік (дыбыс жиілігінің күшейткіштері), кең жолақты күшейткіштер арасында бөлінеді. Қолданылатын күшейткіштерге байланысты транзисторлар, түтіктер, диодтар, магниттік және басқа да күшейткіштер ерекшеленеді. Қолданылатын каскад аралық байланыстарға байланысты гальваникалық байланысы бар күшейткіштер (бұл тікелей немесе потенциометриялық байланыс; мұндай байланыстың каскадтары сигналдың ток және кернеуінің құрамдас бөліктері ғана емес, сонымен қатар тұрақты компонент күшейе алады), резисторлық-сыйымдылықты байланыс (ЛС-байланыс) (конденсатор каскадтың шығу тізбегінен келесі сатыға шығу үшін кернеудің тұрақты компонентіне жол бермейтін бөлгіш элемент), трансформаторлық қосылыспен, тербелмелі контур арқылы байланысатын күшейткіштер болады.

13.2. КҮШЕЙТКІШТЕРДІҢ НЕГІЗГІ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Электр сигналдарын күшейткен кезде шығыс сигналының кіріс сигналынан кейбір ауытқулары пайда болады, олар *бұрмаланулар* деп аталады. Күшейткіштің қасиеттері және онымен енгізілген бұрмаланулар әдетте *көрсеткіштер* деп аталатын бірқатар мөлшермен сипатталады. Негізгі көрсеткіштерге мыналар жатады:

- күшейткіштің кіріс мәліметтері — кіріс кернеу $U_{вх}$, ток $I_{вх}$ және қуат $P_{вх}$, күшейткіш жүктемеге

белгіленген қуатты, кернеуді немесе тоқты, сондай-ақ күшейткіштің кіріс кедергісін $Z_{\text{шығ}}$ береді, оларды кейбір жағдайларда белсенді, $R_{\text{кір}}$ тең деп есептеуге болады;

- күшейткіштің шығыс мәліметтері — сигналдың шығыс қуаты P_n , жүктемеге, шығыс кернеулерге U_n немесе тоққа I_n күшейткіш жүктеменің есептік кедергісімен Z_k , жұмыс істегенде, күшейткіштің шығыс кедергісі $Z_{\text{кір}}$.
- Күшейткіштің түріне байланысты былай бөлінеді:
- кернеу бойынша күшейту коэффициенті $K_u = U_n/U_{\text{кір}}$;
- тоқ бойынша күшейту коэффициенті $K_p = I_n/I_{\text{кір}}$;
- қуат бойынша күшейту коэффициенті $K_P = P_n/P_{\text{кір}}$.

Күшейту коэффициенті күшейткіштің шығысындағы кернеу, ток немесе қуат кірістегіден қаншалықты көп екенін көрсетеді.

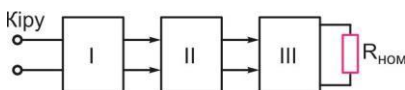
Егер күшейткіш көп каскадты болса (13.2-сурет), онда жалпы күшейту коэффициенті $K = K_1 K_2 \dots K_n$, мұндағы $K_1, K_2, \dots, K_n$ — сәйкес каскадтардың күшейту коэффициенттері.

Күшейткіш элементінің шығыс тізбегінің пайдалы әсер коэффициенті - бұл шығыстағы сигнал қуатының P_n шығыс тізбегінің қуат көзінің шығыс тізбегінен тұтынатын сигнал қуатына қатынасы: $\eta = P_n/P_{\text{п.шығ}}$.

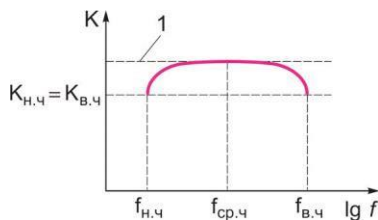
Сызықты бұрмаланулар реактивтік элементтердің - конденсаторлар мен индукторлардың күшейткіш схемасында болуымен байланысты, олардың кедергісі жиілікке байланысты. Бұл сызықтық элементтер болғандықтан, бұрмалау *сызықтық* деп аталады.

Кез келген пішіннің кіріс сигналы әр түрлі жиіліктегі сигналдың гармоникалық құрамдастарының жиынтығы ретінде және әртүрлі күшейту, яғни түрлі күшейту факторларымен ұсынылуы мүмкін. Осындай бұрмаланулар *жиіліктік* деп аталады. Сонымен қатар, сигналдың гармоникалық құрамдас бөліктері күшейткіш арқылы өтетін уақыттың біркелкі емес уақытын өтеді, бұл олардың күшейткіштің шығуында уақытша жылжуына әкеледі, яғни *фазалық* деп аталатын бұрмаланулар орын алады.

Жиіліктік бұрмаланулар күшейткіштің амплитудалық-жиіліктік (жиіліктік) сипаттамасы бойынша бағаланады, бұл K жиілігінің модуль f функциясына



13.2-сурет. Үш каскадты күшейткіштің құрылымы **схемасы**



13.3-сурет. Күшейткіштің амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы

13.3-суретте көрсетілген (немесе бұрыштық жылдамдыққа ω) тәуелділігін білдіреді. Күшейткіште ешқандай бұрмаланулар болмаса, AFC абсцисса қатарына параллель 1 түзу сызық болады, яғни 0-ден A_u жиілігі бірдей күшейтілетін сигналдар болады.

Күшейткіштің күшейту коэффициентінің алдын-ала анықталған мәнін қамтамасыз ететін күшейткіштің жиілік диапазоны *ӨТКІЗУ жолағы* деп аталады. Жиіліктер диапазоны төменгі $f_{н,ч}$ және жоғарғы $f_{в,ч}$ шекті жиіліктермен шектеледі, олар күшейткіштің міндетімен анықталады. $f = 50 \dots 10000$ Гц жиіліктер диапазонындағы дыбыстық тербелістер өте жақсы дыбыс сапасын қамтамасыз етеді; телефон байланысында $300 \dots 3400$ Гц жиілік диапазоны қолданылады. Жиіліктік бұрмаланулар күшейткіштің қандай да f жиіліктегі жиіліктік тербелістер коэффициенті бойынша бағаланады: $M = K_{ср,ч}/K$.

Егер $M = 1$, онда жиіліктік бұрмаланулар жоқ. M бірліктен үлкен болған сайын, күшейткішпен енгізілетін бұрмаланулар соғұрлым үлкен болады. Жиілік бұрмалану коэффициенті салыстырмалы бірліктерде де, логарифмдік түрлерде де көрсетіледі.

Күшейткіштің өзіндік шулары (кедергілері) — оның күшейткіш сигналдарының болмаған кезде де бар күшейткіштің шығуындағы сигналдар болып табылады. Күшейткіштің өзіндік шуларының кернеуі оның сезімталдығын шектейді; шудың болуына байланысты, кішігірім сигналдарды күшейту мүмкін емес.

Өзіндік шулар негізінен электрондық элементтердің кездейсоқ жылу қозғалысына және биполярлық транзисторлық базаның аймағында заряд тасымалдаушылардың хаотикалық жылулық қозғалысына байланысты болады.

Сызықты емес бұрмаланулар — күшейткіштің схемасының жеке элементтерінің (күшейткіш элементтер, ферромагниттік ядролармен индуктивтілік катушкалар, трансформаторлар және т.б.) вольт-амперлік сипаттамаларының сызықсыздығы салдарынан шығуда күшейтілген сигнал түрінде бұрмаланулар.

Елеулі сызықтық емес бұрмаланулардың пайда болу себебі транзистордың жұмыс нүктесінің бастапқы күйін дұрыс таңдау, кіріс сигналының үлкен амплитудасы, дұрыс есептелген индуктивтілік болуы мүмкін. Күшейткішті енгізу үшін таза синусоидалды сигналды қолдану кезінде сызықтық емес бұрмалану кіріс сигналының пішінін бұрмалайтын оның шығуында жоғары гармоникалық компоненттердің пайда болуына әкеледі.

13.3. КҮШЕЙТКІШТЕРДЕГІ КЕРІ БАЙЛАНЫС

Кері байланыс (КБ) деп күшейткіштің шығыс тізбегінен күшейтілген сигналдың энергиясының бір бөлігін кіріс тізбегіне беруді айтады.

13.4-суретте кері байланысы бар күшейткіштің құрылымдық схемасы келтірілген. Кері байланыс тізбегімен тасымалдау коэффициенті немесе кері байланыс коэффициенті ρ арқылы сипатталады, бұл шығыс сигналдың қандай бөлігі күшейткіштің кірісіне берілетінін көрсетеді. Әдетте $\rho < 1$.

Кері байланыс *ішкі* болуы мүмкін (ол күшейткіш элементтердің физикалық қасиеттеріне байланысты күшейткіште көрінеді), *паразиттік* (шығыс және кіріс схемалары арасындағы паразиттік сыйымдылық пен индуктивті байланыстардың пайда болуына байланысты) және *жасанды* (ол арнайы құрылған) болуы мүмкін. Ішкі және паразиттік кері байланыстар қалаусыз және оларды жоюға тырысады. Жасанды КБ сызықты емес бұрмалауды азайту және бастапқы операция нүктесін (тынық нүктесін) тұрақтандыру үшін пайдаланылады. Ол үшін кірісіне сигнал көзінің ЭҚК қарама-қарсы фазасында кернеуі беріледі. Мұндай КБ теріс деп аталады. Теріс кері байланыс электронды құрылғының жұмыс режимін, белгілі бір параметрлерін тұрақтандыру қажет болған жағдайларда қолданылады. Атап айтқанда, ол күшейткіш құрылғыларда кеңінен таралған.



13.4-сурет. Кері байланысы бар күшейткіштің құрылымдық схемасы

Егер кері байланыс кернеуін сигнал көзінің ЭҚК-мен фаза бйойынша дәл сәйкес келтіріп берсе, кірістегі сигнал күшейеді.

Мұндай КБ *оң* деп аталады. Оны, мысалы, автогенераторларда - оң кері байланыстың аталған қасиеттерінің арқасында кішігірім бастапқы «шоғы» бар болғанда дами бастайтын және біраз уақыттан кейін қандай да пішіндегі стационарлық тербелістер орнататын құрылғылар.

КБ тізбегінің күшейткіштің шығуына және кірісіне қалай қосылғанына қарай былай бөлінеді:

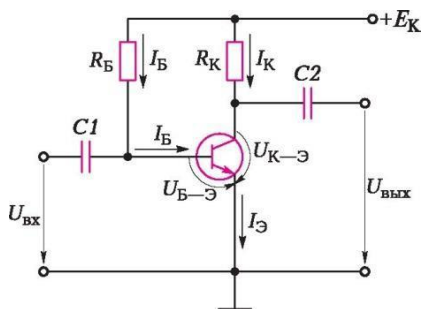
- кернеу бойынша кері байланыс - КБ тізбегін схеманың кірісіне жүктемеге параллель жалғайды, бұл ретте КБ кернеуі күшейткіш жүктемесіндегі кернеуге пропорционал келеді;
- ток бойынша кері байланыс - КБ тізбегін схеманың кірісіне жүктемеге тізбектей жалғайды, бұл ретте КБ кернеуі күшейткіш жүктемесіндегі токқа пропорционал келеді;
- тізбектей кері байланыс — кіріс бөлігіндегі КБ тізбегін сигнал көзіне тізбектей жалғайды;
- параллель кері байланыс — кіріс бөлігіндегі КБ тізбегін сигнал көзіне параллель жалғайды;
- құрама (аралас) кері байланыстар - КБ бір мезгілде ток және кернеу болып табылады, КБ бір мезгілде қатарлы және параллель болып табылады.

Теріс КБ өткізу жолағын кеңейтуге мүмкіндік береді, күшейткіштің ішінде пайда болатын бейсызық бұрмалану деңгейін, фон мен шуды төмендетеді. Теріс КБ түріне байланысты кіріс және шығыс импеданстарын азайтуға немесе көбейтуге болады. Осылайша, теріс кернеулі кері байланыс жүйесін енгізу кіріс кернеуін арттырады және күшейткіштің шығу импедансын азайтады, бұл көбінесе оның өнімділігін айтарлықтай жақсартады. Сондықтан, теріс кері байланыс енгізу кезінде пайда төмендеуіне қарамастан, ол түрлі мақсаттардағы күшейткіштерде кеңінен қолданылады.

13.4. ТӨМЕН ЖИІЛІКТІ КҮШЕЙТКІШТІҢ ТРАНЗИСТОРДА ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ. ЖҰМЫС НҮКТЕСІ

Күшейткіштің сатысын, транзисторда орындалатын, қарапайым эмитент схемасына сәйкес іске қосылатын жұмысын қарастырайық (13.5-сурет);

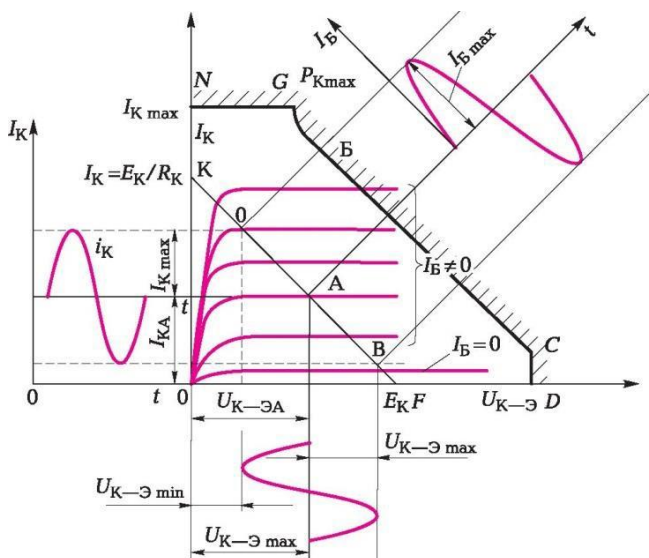
Кіріс сигналы жоқ кезде ($U_{\text{кір}} = 0$) күшейткіш тыныштықта болады және $U_{\text{шығ}}$ нөлге тең болады (кейде бұл режим статикалық деп аталады). Сигнал пайда болғанда $U_{\text{кір}}$, күшейткіш динамикалық режимде жұмыс жасайды, яғни кіріс сигналы күшейтіледі.



13.5-сурет. Күшейткіш каскадтың схемасы

Тыныштық режимінде $C1$ және $C2$ конденсаторлары күшейткіштің кірісін және оның шығуын алдыңғы және келесі сатылардан бөледі. Егер конденсаторлар болмаса, онда басқа каскадтардың резисторлары күшейткіштің резисторларына параллель қосылады, сондықтан тұрақты ток бойынша күшейткіштің режимі бұзылады.

Тұрақты ток режимі сигналдың сызықты емес бұрмалануы болмауы үшін А нүктесін (13.6-сурет) таңдау үшін қажет. Жұмыс нүктесін таңдаған кезде транзистордың кіріс және шығыс сипаттамалары қолданылады.



13.6-сурет. ЖЭ бар схамының жұмысын графикалық

Жұмыс аумағы шығы сипаттамаларының сызығымен шектеледі
 $NG-CD$.

Транзистор жұмыс істеген кезде оның коллекторының тоғы ең жоғарғы рұқсат етілген тоқтан ($I_{k\text{ тах}}$) аспауы тиіс. NG сызығы осы режимге сәйкес келеді. Әрбір транзистор коллектордағы қуатты рұқсат етілген коллектордың ағып кету күштерінен жоғары емес жоғарылатады ($P_{K\text{ тах}}$). Транзистор коллектор мен эмиттер арасындағы белгілі бір кернеуде жұмыс істейді. Бұл рұқсат етілген кернеу ұлғайған кезде транзистор сәтсіздікке ұшырайды. CD сызығы рұқсат етілген $и_{K-Э}$ мәндерінің диапазоны анықтайды.

Сипаттағы A нүктесі кіріс және шығыс сипаттамаларының сызықты бөліктерінің ортасында орналасуы керек, сызықты емес бұрмаланулар аз болады. Жұмыс нүктесі коллектор тоғымен I_{KA} және кернеуімен $и_{K-ЭA}$ сипатталады.

13.5-суретте көрсетілген схемадан анықтауға болады:
 $и_{K-Э} = E_K - I_k R_k$ — бұл қарастырылып отырған тізбектің динамикалық сипаттамасының теңдеуі.

I_K , $и_{K-Э}$ координаттарындағы динамикалық сипаттамалар шығу тегіне жетпейтін тікелей сызық теңдеуі болып табылады.

Екі нүктені біле тұра, динамикалық сипаттаманы (жүктеме сызығын) құру оңай. Жүктеме сызығының осьпен $и_{K-Э}$ қиылысу нүктесін анықтаймыз. Ол үшін I_K нөлге теңестіреміз, онда $и_{K-Э} = E_K - 0R_k$; $U_K = E_K$ (F нүктесі).

Түзу сызықтың осьпен I_K қиылысуының екінші нүктесі былай табамыз: жүктеме түзуі осьпен I_K қиылысқанда кернеу $и_{K-Э} = 0$; $0 = E_K - I_K R_k$; $I_K = E_K / R_k$ (K нүктесі). Осы екі нүктені біле тұра, жүктеме сызықты KF оңай құрамыз. $и_{K-Э} = E_K - I_k R_k$ теңдеуі екі белгілі шама бойынша үшіншісін анықтауға мүмкіндік береді.

Жүктеменің жұмыс аумағы AB сызығы болады, себебі екі жағынан A нүктесінен бастап тоқ ағымының өзгерісі коллектор тоғында бірдей өзгерістерге әкеледі. Жүктеме сызығындағы жұмыс нүктесінің орналасуы тыныштық режимін анықтайды, яғни $и_{K-Э}$ және I_{KA} .

Егер жұмыс нүктесі дұрыс таңдалмаған болса, яғни шығыс сигналының оң және теріс амплитудасы бірдей болмаса, күшейткіште сызықты емес бұрмаланулар пайда болады. Егер күшейткіш каскадтың режимі дұрыс таңдалса, гармоникалық бұрмалану коэффициенті 5-тен көп болмауы керек.

Тыныштық режимін құру үшін күшейткіште белгілі бір ығысу тоғын (база тоғы) қамтамасыз ету қажет, онда жұмыс нүктесі A жүктеме түзу сызығының ортасында орналасады.

Кіріс сипаттамалары бойынша транзистордың базасындағы кернеуді анықтау оңай. Ол үшін шығыс динамикалық сипаттамалардың нүктелерін тізбектеу тысамалдау арқылы кіріс сигналының және коллектордың тиісті нүктелерінің әсерінен базалық тоқтың өзгеруінің шегі белгіленеді.

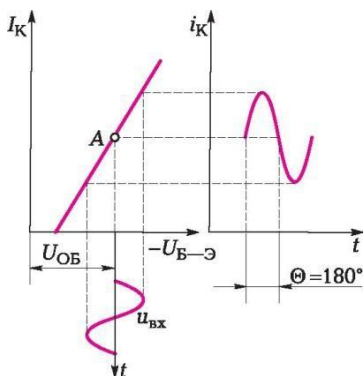
13.5. КҮШЕЙТКІШ КАСКАДТАРДЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ РЕЖИМДЕРІ

Күшейткіштің шығысындағы айнымалы құраушының пішіні сигнал кірісіне берілетін пішінімен сәйкес келуі үшін олардың арасындағы байланыс сызықтық болуы керек. Транзистор сызықтық емес элемент болғандықтан, сигнал бұрмалануы мүмкін. Бұрмалаудың болуы немесе болмауы сигналдың амплитудасы мен жүктеме желісіндегі бастапқы жұмыс нүктесінің орналасуына байланысты. Бастапқы жұмыс нүктесінің орнын таңдау да күшейткіштің ПЭК-не әсер етеді. Сигнет болмаған сәтте, қуат көздерінің барлық энергиясы тек p — n -ауысуларын жылытуға жұмсалады, яғни пайдасыз жұмсалады. Егер бастапқы жұмыс нүктесі түзу сызықты учаскенің ортасында жатса, ал сигналдың амплитудасы кіріс сипаттамасының сызықты бөлігінің шегінен аспаса, онда сигнал бұрмалануы жоқ, бұл жағдайда бұл тиімділік 50% -дан аз.

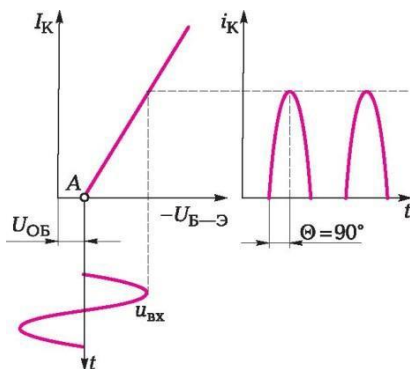
Белсенді элементтердің сипаттамаларындағы бастапқы жұмыс нүктесінің орнына және күшейтілетін сигналдың амплитудасына байланысты күшейткіш каскадтың негізгі жұмыс режимдері бөлінеді: A , B , C және D .

Белсенді элементтердің жұмыс режимдерін жиі *күшейту класстары* деп атайды. Сандық түрде, синусоидальды сигналдың күшейту режимдері ағымдағы элементтің шығу схемасы арқылы өтетін кезеңнің бөлігінің кесу бұрышымен сипатталады. Кесу бұрышын градуспен немесе радианмен белгілейді.

A режимі. Бұл режимде бастапқы жұмыс нүктесі A шамамен өтпелі сипаттаманың сызықтық бөлігінің ортасында орналасады, ал сигналдың амплитудасы сигналдың барлық кезеңінде шығыс тізбегіндегі ток өтетіндей болады (13.7-сурет). Кесу бұрышы 180° тең (сипаттамалар p — n — p -типті транзисторы бар күшейткішке ЖЭ бар схема бойынша беріледі).



13.7-сурет. Өтпелі сипаттама (А режимі)



13.8-сурет. Өтпелі сипаттама (В режимі)

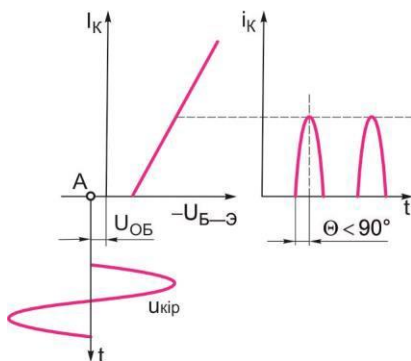
Транзистор белсенді режимде жұмыс істейді. Тыныштық тоғы үлкен болғандықтан, бұл режимде ПӘК төмен - кемінде 50%. Бұл қарастырылып отырған режимнің негізгі кемшілігі. А режимінде белсенді элемент дерлік бұрмаланусыз жұмыс істейді және шығыс сигналының пішіні кіріс сигналының пішініне сәйкес келеді. А режимі негізінен алдын ала күшейту каскадтарында қолданылады.

В режимі. Бастапқы жұмыс нүктесі А өтпелі сипаттаманың басында жатыр (13.8-сурет). Коллекторлық ток тек кіріс кернеуінің теріс жартылай периодта белсенді элемент арқылы өтеді ($p-n-p$ -типті транзистор үшін); басқа жартылай периодта ток жоқ, яғни белсенді элемент «жабық». В режимінде жұмыс істейтін каскадтың ПӘК А режиміне жұмыс істейтінге қарағанда әлдеқайда жоғары, себебі тыныштық тоғы аз.

В В режимінде күшейткіштің ПӘК-і жоғары (80% дейін), бірақ кіріс сигналының тек бір жартылай периоды ғана күшейтіледі. Сонымен қатар сигнал қатты бұрмаланады.

Сигналды күшейту үшін бүкіл период бойы екі тактілі схемалар қолданылады, схеманың бір иіні оң жартылай периодта, ал екіншісі - теріс жартылай периодта жұмыс істегенде. В режимінде қатты күшейту каскадтары жұмыс істейді.

С режимі. С режимінде бастапқы жұмыс нүктесі А өтпелі сипаттаманың бастапқы нүктесінен оң жақта орналасады (13.9-сурет). Кесу бұрышы 90° тең. Сигнал болмаған кезде, ток белсенді элемент арқылы өтпейді - элемент толығымен «жабық». Сигнал берілген кезде, коллектор тоғы кіріс сигналының кернеуінің теріс жартылай периодынан аз уақыт бойы өтеді және



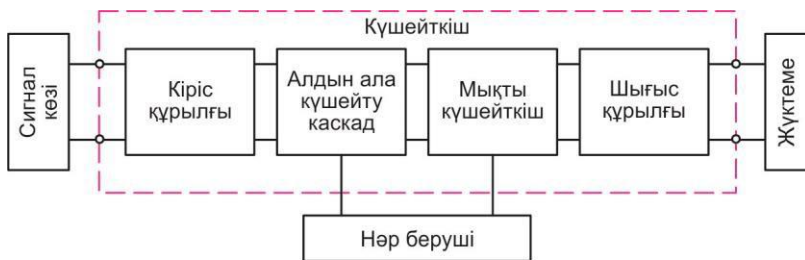
13.9-сурет. Өтпелі сипаттама (C режимі)

сигналдың бұрмалануы *B* режиміне карағанда көп. *C* режимінде жұмыс істейтін каскад ПӘК-і *B* режимінде жұмыс істейтіннен жоғары, себебі тыныштық тоғы жоқ. *C* режимін қуатты резонанстық күшейткіштерде қолданады.

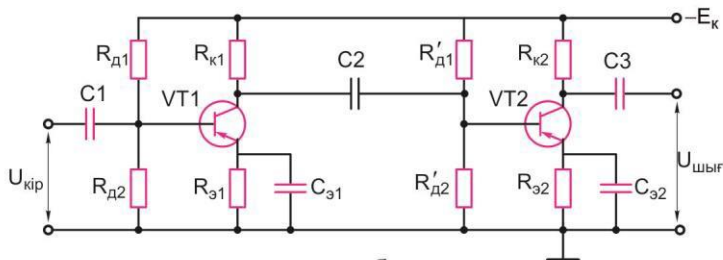
D режимі. Басқаша бұл режим *негізгі* деп аталады. Күшейткіштің осы жұмыс режиміндегі белсенді элемент не кесу күйінде, не қанықтыру күйінде болады. Бірінші жағдайда белсенді элемент арқылы тоқ нөлге тең, екінші жағдайда шығыс қысқыштар арасындағы кернеудің төмендеуі нөлге тең болады. Бұл режимде тиімділік коэффициенті *C* режимінде (ол бірге жақын) жоғары, энергия шығыны аз. Бұл режим тек тікбұрышты сигналдарды күшейту үшін ғана қолданылады.

13.6. КӨП КАСКАДТЫ КҮШЕЙТКІШТЕР

Әдетте, күшейткіштер бірнеше каскадтан тұрады; ал күшейткіштің құрамындағы әрбір жеке каскад өз функцияларын орындайды. 13.10, *а*-суретте көп сатылы күшейткіштің құрылымдық схемасы, ал 13.10, *б*-суретте ЛС-байланысы бар екі сатылы күшейткіштің нақты схемасы көрсетілген (тек негізгі элементтер көрсетілген). Кіріс құрылғысы сигнал көзінен бастап, алдын ала сүзгіші сатысының кіріс сұлбасына ауыстыруға қызмет етеді. Кіріс құрылғысы ретінде конденсаторлар, резисторлар және трансформаторлар қолданыла алады. Мысалы, 13.10, *б*-суреттегі кіріс құрылғылары *C1* және *C2* конденсаторлар болып табылады. *C1* конденсаторын тоқ көзінің тұрақты құрамдас бөлігінің және сигнал көзіне бірінші белсенді элементтің кернеуінің үзілуін болдырмау үшін,



а



б

13.10-сурет. Көп каскадты күшейткіштің құрылымдық схемасы (а) және ЛС-байланысы бар екі каскадты күшейткіштің нақты схемасы (б)

сондай-ақ сигнал көзінен тоқтың тұрақты құрамдас бөлігі белсенді элементтің кірісіне кірмеу үшін қосады. $C2$ конденсаторы — каскадтық қосылысты жүзеге асыратын екінші каскадқа арналған кіріс құрылғысы.

Алдын ала күшейту каскадтары сигналды мықты күшейткіштің кірісіне беру үшін қажетті тоқтың, кернеудің немесе қуаттың мәніне дейін арттырады. Сызықты емес бұрмалануларды азайту үшін әрқашан *A* режимі пайдаланылады. Транзисторларды әдетте ЖЭ бар схема бойынша қосады.

Мықты күшейткіш қажетті қуатты сигналды жүктемеге беруге арналған және бірнеше каскадтан тұруы мүмкін. Кейде қуатты күшейткішті соңғы деп атайды. Олардағы күшейткіш элемент әрі *A* режимінде, әрі *B* режимде жұмыс істей алады. Транзисторларды көбінесе ЖЭ және ЖБ схемалары бойынша қосады.

Шығыс құрылғысы соңғы күшейткіштің шығыс тізбегінен жүктемеге сигналды беру үшін қажет. Шығыс құрылғысы ретінде трансформаторлар, конденсаторлар және резисторлар қолданылады. Трансформаторлар, мысалы, соңғы күшейткіштің шығыс кедергісін жүктеме кедергісімен үйлестіру үшін жұмыс істейді.

13.10, б-суретте шығыс құрылғысы С2 конденсаторы болып табылады. Конденсаторлар мен резисторлар күшейткіштің және жүктің шығу тізбегінің тоқ және кернеуінің тұрақты компоненттерін ажырату үшін қолданылады.

Каскад аралық байланыстар сигнал көзінен бірінші күшейткіштің кірісіне, бір каскадтың шығысынан басқа каскадтың кірісіне және соңғы күшейткіштің шығыс тізбегінен жүктемеге сигналды тасымалдау үшін қызмет етеді, және бөлгіш элементтер функцияларын орындайды. Бұл жағдайда олар арқылы қуат күшейткіш құрылғылардың қысқыштарына беріледі.

Каскад аралық байланыстардың негізгі түрлері: гальваникалық, резисторлық, сыйымдылықты, трансформаторлық және дроссельді. Кейде осы байланыстардың комбинациясы қолданылады. Сигнаның тұрақты құрамдас бөлігінен гальваникалық байланыс ғана қамтамасыз етіледі, сондықтан бұл байланыс түрі тікелей тоқ күшейткіштерінде қолданылуы мүмкін. Байланыстардың басқа түрлері кез келген күшейткіштерде қолданылады. Гальваникалық байланыс тікелей және потенциометриялық болуы мүмкін.

Күшейткіш каскадтар онда қолданылатын қосылыс түрі бойынша аталады: ЛС-байланысы бар каскад, трансформаторлық каскад және т.б.

13.7. ТҰРАҚТЫ ТОҚ КҮШЕЙТКІШТЕРІ

Тұрақты тоқ күшейткіштері (ТТК) деп жиілігі нөлге дейін төмендейтін кезде күшейту коэффициенті азаймайтын күшейткіштерді айтады.

Осындай күшейткіштер сигналдың айнымалы ғана емес, сонымен қатар тұрақты компоненті күшейтеді.

ТТК электрондық есептегіш құрылғыларда, автоматты реттеу жүйелерінде, радиоөлшегіш құрылғыларда (электрондық вольтметрлер, сезімталдығы жоғары гальванометрлер, осциллографтар), тұрақтандырғыштарда, сондай-ақ көптеген өнеркәсіптік қондырғыларда кеңінен қолданылады. Әрекет ету принципіне қарай ТТК екі негізгі түрге бөлінеді: тура күшейту және сигналды түрлендіру арқылы.

Тұрақты тоқ күшейткіштің кірісіне әсер ететін электр сигналдары көптеген жағдайларда әлсіз. Осындай әлсіз электр сигналдарын күшейту үшін бір каскад әдетте жеткіліксіз, сондықтан көп сатылы күшейткішті пайдалану керек.

Көп каскадты ТТК құрастырғанда, сыйымдылықты немесе трансформаторлық байланысты қолдануға болмайды, себебі конденсаторлар да, трансформаторлар да тұрақты тоқ өткізбейді. Сондықтан жеке каскадтарды қосу үшін тек гальваникалық (тікелей) байланыс қолданылады. Бұл жағдайда әрбір кейінгі каскадтың транзисторының базасы алдыңғы каскадтың коллекторына тікелей байланысты.

Бұл талап тұрақты тоқ бойынша көрші каскадтардың режимдерін үйлестіру қажеттілігіне байланысты белгілі бір қиындықтардың туындауына алып келеді. Осындай қиындықтар айнымалы тоқ күшейткіштерінде пайда болмайды, онда бөлгіш конденсаторлар тұрақты тоқ бойынша каскадтарды оқшаулайды.

ТТК құрастыру кезінде туындайтын қиындық осындай күшейткіштер өте тұрақсыз болып табылатындығында. Тіпті қуат көздерінің кернеуінің, сондай-ақ транзистор параметрлерінің және олардың тозуына байланысты схема бөлшектерінің, қоршаған температураның тербелістерінің өте баяу өзгеруі тоқтарда баяу өзгерістерді тудырады, олар гальваникалық байланыс тізбектері арқылы күшейткіштің шығысына беріледі және шығыс кернеудің өзгеруіне әкеледі.

ТТК-да келесі шарттар орындалуы керек: кіріс сигналы болмаған жағдайда шығысында сигналдың әрі айнымалы, әрі тұрақты құраушылары болмауы керек, әйтпесе кіріс және шығыс кернеулер арасындағы пропорционалдылық бұзылады. Егер тиісті шаралар қабылданбаса, бұл талап ТТК-да сақталмайды.

Күшейткіштің шығысындағы бақыланбайтын факторлар (күшейткіш элементтерінің тозуы, қоршаған ортаның температурасындағы және электр қоректену кернеуіндегі ауытқулар және т.б.) себебінен болатын кіріс сигналы болмаған кезде кернеудің ауытқуы *күшейткіштің көл дрейфі* деп аталады. Дрейфтің негізгі себептері күшейткіш элементтердің, резисторлардың және қуат көздерінің температуралық және уақыттық тұрақсыздық параметрлері, сондай-ақ төмен жиілікті шулар мен бөгеттер болып табылады. Нөл дрейфтері күшейтілетін сигналдарды бұрмалайды және ол жұмыс істей алмайтындай етіп, тізбектің жұмысын бұзуы мүмкін.

Температураның өзгеруі есебінен нөл дрейфін өтеу үшін арнайы термоөтемдік схемалары, ал күшейткіштің кірісінде - дифференциалды каскадтар қолданылады. Кейде күшейткіш алдын ала қызады, сондықтан оның барлық элементтері операция басында тұрақты температураға ие, ал жиі - термостатта болады.

Қуат көздерінің тұрақсыздығының себебі болып табылатын дрейфті болдырмау үшін, соңғылары электрондық, магниттік және басқа тұрақтандырғыштар арқылы тұрақтандырылады. Тұрақты тоқ күшейткіштерге микроминиатюризацияға жатпайтын элементтер кірмейді, сондықтан олар негізінен гибридік және жартылай өткізгіш интегралды микросхемалар түрінде жасалады. Күшейткіштер бір тактілі және екі тактілі болуы мүмкін.

13.8. ИМПУЛЬСТІК КҮШЕЙТКІШТЕР

Жалпы жағдайда кез-келген пішіндегі импульстік сигналдарды тұрақты компоненттің сомасы және түрлі жиіліктегі гармоникалық тербелістер сериясы ретінде ұсынылуы мүмкін. Импульстік сигналдың жиіліктер спектрі өте кең болуы мүмкін: ондаған герцтен бастап ондаған мегагерцке дейін. Тікбұрыш пішінді импульс ең көп таралған, бұрмалаусыз және бұрамалаумен болып табылады. Әдетте бұрмаланулар көбіне күшейткіштердің өткізу қабілеттілігінің шектеулі болуымен байланысты. Импульстің фронтының ұзаруы және шығарылу жоғары жиілікті аймақтағы жиілік сипаттаманың қопарылу салдары болып табылады, ал импульс шыңының қисаюы (түсуі) - төмен жиілікті аймақтағы жиілік сипаттаманың қопарылу салдары болып табылады.

Сигналдың жоғары жиілікті құраушыларының өтуіне паразиттік сыйымдылықтар мен ішкі кедергілер бөгет жасаса, сондай-ақ сигналдың төмен жиілікті құраушыларының өтуіне - күшейткіш элементтерінің сыйымдылықтары мен индуктивтіліктері бөгет жасаса, күшейткіштің шығысындағы импульс күшейткіштің жеткілікті кең өткізу жолағы кезінде ғана шығарылады. Осылайша, импульстік күшейткіштер қойылатын негізгі талап -бұл жиіліктердің жиіліктері өткізетін кең жолақ, сондықтан импульстік күшейткіштерді көп жағдайда *кең жолақты* деп атайды. Импульстік күшейткіштерде кең жолақтылық талабын қанағаттандыру үшін резисторлық каскадтар қолданылады, олар ең жақсы амплитудалық-жиіліктік, фазалық және өтпелі сипаттамаларға ие.

Импульстік күшейткіштердің белсенді элементтері ретінде жоғары жиілікті транзисторлар қолданылады: биполярлық транзисторлар жиі ЖЭ схемасы бойынша, ал далалық транзисторлар - жалпы сағасы (ЖС) бар схема бойынша қосылады. Күшейтілетін жиіліктер жолақтарын кеңейту үшін каскадтарға олардың жиіліктік, фазалық және өтпелі сипаттамаларын басқаратын арнайы түзеткіш тізбектер енгізіледі.

1. Жүктеменің қандай түрі жиіліктердің кең диапазонында біркелкі күшті қамтамасыз етеді?
2. Күшейткіштің құрылымдық схемасына не кіреді?
3. Егер эмиттер тізбегіне резистор қосылған болса, каскадтың күшейту коэффициентімен не болады?
4. Күшейткіш каскадтардың негізгі жұмыс режимдерін атаңыз.
5. Күшейткіштің жұмыс істеу принципі қандай?
6. Күшейткіштің жұмыс нүктесі дегеніміз не?
7. ТТК қолдану салаларын атаңыз.
8. Теріс кері байланысты қандай мақсатта пайдаланылады?
9. Күшейткіште қандай бұрмаланулар бар?

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ТҮЗЕТКІШТЕР

14.1.

ТҮЗЕТКІШТЕР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Қазіргі заманғы көптеген электрондық құрылғылар үшін тұрақты тоқ энергиясы қажет. Гальваникалық элементтер, аккумуляторлар, тұрақты тоқ генераторлары, термоэлектргенераторлар және түзеткіштер тұрақты тоқ көздері болуы мүмкін. Тұрақты тоқтың ең таралған көзі түзеткіш болып табылады.

Түзеткіш деп айнымалы тоқтың энергиясын тікелей тоқ энергиясына түрлендіруге арналған құрылғыны айтады. Тұрақты тоқтың басқа көздерімен салыстырғанда түзеткіштердің айтарлықтай артықшылықтары бар: олар пайдалануда қарапайым және жұмысында сенімді, жоғары ПӘК-і бар, ұзақ қызмет мерзіміне ие.

14.1-суретте түзеткіштің құрылымдық схемасы келтірілген, оның құрамына кіреді.

- айнымалы қоректендіргіш кернеуді түрлендіруге арналған күштік трансформатор;
- бір жақты өткізгіштігі бар және айнымалы тоқты түзетілген тоққа түрлендіруді қамтамасыз ететін (бір бағыттағы ток) шұра;
- түзетілетін тоқты пішіні бойынша ұқсас тұрақты тоққа түрлендіруге арналған түзеткіз сүзгі.



14.1-сурет. Түзеткіштің құрылымдық схемасы

Кейбір жағдайларда келтірілген құрылымдық схеманың негізгі элементінен - түзеткіштен басқа, кейбір буындары болмауы мүмкін. Мысалы, түзеткіш желіге трансформаторсыз қосылуы мүмкін, немесе түзеткіштің жүктемеге жұмысы сүзгісіз орындалуы мүмкін. Екінші жағынан, көп жағдайда түзеткіш құрамына кернеу немесе тоқ тұрақтандырғышы кіреді, оны шығысында (тұрақты тоқ бойынша) немесе кірісінде (айнымалы тоқ бойынша) қосылуы мүмкін. Электрондық аппаратураның қоректенуі көбінесе айнымалы тоқтың бір фазалық желісінен жұмыс істейтін төмен қуатты түзеткіштердің көмегімен жүзеге асырылады. Осындай түзеткіштер бірфазалық деп аталады. Олар бөлінеді:

- жартылай периодты, оларда тоқ шұра арқылы желінің айнымалы кернеуінің бір жарты периодтың ішінде өтеді;
- екі жартылай период, оларда тоқ шұра арқылы екі жартылай периодтың ішінде өтеді;
- кернеу көбейтілген схемалар.

Қазіргі түзеткіштер шұралардың түрі, олардың қосылу схемасы және айнымалы кернеу көзінің фазалар саны бойынша бөлінеді. Түзеткіштер басқарылатын және басқарылмайтын болып бөлінеді. Егер кернеудің жоғарыланған тұрақты кернеуін алу қажет болса, ал бастапқы көзі тұрақты кернеуді шығарса, онда арнайы түрлендіргіштер - инверторлар қолданылады.

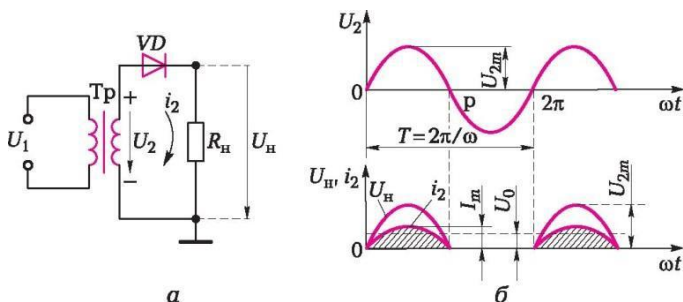
Қуатты өнеркәсіптік қондырғылар үшфазалы желіде жұмыс істейтін орта және жоғары қуатты түзеткіштермен қамтамасыз етіледі.

Заманауи түзеткіштерде шұралар ретінде көбінесе жартылай өткізгіш диодтар қолданылады.

Электрондық аппаратаруда тұрақты кернеу түрлендіргіштері кеңінен қолданылады, олар бір кернеудің тұрақты тоғын басқа кернеудің тұрақты немесе айнымалы тоғына түрлендіруге мүмкіндік береді.

14.2. ТҮЗЕТУ СХЕМАЛАРЫ

БІР ЖАРТЫЛАЙ ПЕРИОДТЫ ТҮЗЕТКІШТЕР, Белсенді жүктемесі бар бір жартылай периодты түзету схемасы (14.2, а-сурет) түзету танымал схемаларының ішінде ең қарапайым болып табылады. Талдауды жеңілдету үшін диодты және трансформаторды идеалды деп санаймыз, яғни тура бағыттағы диодтың кедергісі нөлге тең, кері бағытта - шексіздікке тең,



14.2-сурет. Белсенді жүктемесі бар бір жартылай периодты түзету схемасы (а) және уақытша диаграммалар (б)

трансформатор орамдарының белсенді және реактивті кедергілері нөлге тең деп есептейміз.

Трансформатордың қосалқы орамындағы кернеудің бірінші жартылай периоды кезінде, диодтың анодындағы VD потенциал катодқа қатысты оң болса, диод ашық болады. Трансформатордың қосалқы орамындағы кернеу U_2 тікелей жүктемеге салынады, және оның ішінде ток I_2 пайда болады (14.2, б-сурет), ол трансформатордың қосалқы орамындағы кернеудің пішінін қайталайды, себебі трансформатор идеалды. Екінші жартылай период бойы VD диодтың анодында теріс потенциал болады, диод жабық, ал жүктемедегі ток нөлге тең болады. Жүктемедегі түзетілген кернеудің, яғни период шегінде оның тұрақты құраушысының орташа мәні төмендегідей анықтауға болады:

$$U_0 = \sqrt{2} U_2 / \pi = 0,45 U_2.$$

Яғни,

$$U_2 = \pi U_0 \sqrt{2} = 2,22 U_0,$$

яғни трансформатордың қосалқы орамының қолданыстағы жүктемедегі түзетілген кернеуден 2,22 есе артық болады.

Схеманың жұмысынан диод жабылған кезде жартылай циклдарда трансформатордың қайталама орамасындағы кернеуге тең кернеу қолданылады және бұл кернеу диодқа («-» арналған анодқа) ауысқан полюстерге ие. Осы кернеудің ең жоғарғы мәні, кері кернеу $U_{обр}$ деп аталады, біздің жағдайда трансформатордың қайталама орамасындағы кернеу амплитудасына тең:

$$U_{обр} = U_{2m} = 3,14 U_0.$$

Осылайша, диодтың максималды кері кернеуі жүктемедегі түзетілген кернеуден 3 есе асып түседі.

Бір жартылай периодты түзеткіштерді жобалау кезінде осындай схемада қанағаттанарлық жұмыс істейтін диодтың түрін дұрыс таңдау қажет.

Бір жартылай периодты түзету схемасында жұмыс істеу үшін диодты таңдағанда, $U_{обр} > 3,14U_0$ теңсіздікті сақтау қажет. Егер мұндай диод таңдалмаса, онда бірнеше диодтар дәйекті түрде қосылады.

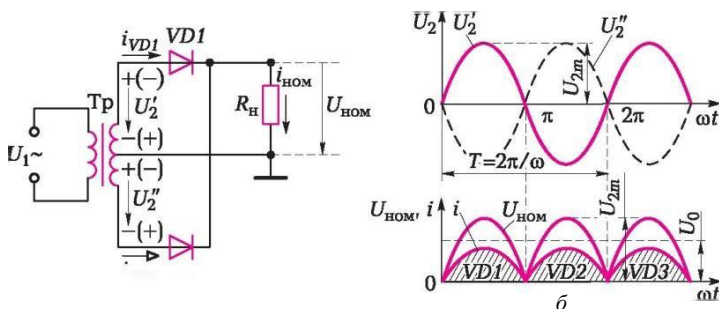
Жүктемедегі кернеу лүпілдері лүпілдеу коэффициенті бойынша бағаланады; бір жартылай периодты схема үшін $k=1.57$, яғни бірінші гармоника амплитудасы түзілген кернеуден 1,57 есе көп

Лүпілдердің үлкен коэффициенті, трансформатордың орамаларының нашар пайдаланылуына байланысты үлкен өлшемдері, диодтың үлкен кері кернеуі оның қарапайымдылығына қарамастан бір жартылай периодты түзету схемасын қолдануды шектейді.

Үлкен лүпілдеулер себебінен бұл схеманы сыйымдылықты сүзгімен бірге пайдаланады.

Екі жартылай периодты түзеткіштер, Екі жартылай периодты түзеткіш схемалар екі түрлі болады: күштік трансформатордың қосалқы орамының шығарылған орташа нүктесі бар схема және көпірлі схема.

Күштік трансформатордың қосалқы орамының шығысы бар орташа нүктесінің екі жартылай периодты схемасы (14.3, а-сурет) қосалқы орамының орташа нүктеден қосымша шығысы бар трансформатордан Tr және екі диодтан тұрады: $VD1$ және $VD2$.¹



14.3-сурет. Екі жартылай периодты түзеткіш схема (а) және уақыт диаграммалары (б)

Бұл схема жалпы жүктемеде жұмыс істейтін бір жартылай периодты екі схемадан тұрады. Бұл схемада бірінші жартылай периодта ($0 \dots n$ аралығы) диод $VD1$ ашық болады, себебі диодтың анодына трансформатордың қосалқы орамының жоғарғы нүктесінен оң потенциал салынады, ал катод жүктеме арқылы қосалқы ораманың теріс потенциалы бар ортаңғы шығысына қосылған. Жүктеме R_n арқылы алғашқы диодтың тоғы өтеді. Осы уақыт кесіндісінде диодқа $VD2$ кері кернеу (трансформатордың қосалқы ораманың екінші жартысынан) салынады және ол жабық болып қалады. Келесі жартылай периодта ($n \dots 2n$ интервалы) тура кернеу екінші диодқа салынады, ал кері кернеу - бірінші диодқа салынады, сондықтан диод $VD2$ ашық болады және жүктеме бойынша тоқ өтеді. Осылайша, жүктемедегі тоқ айнымалы кернеудің бүкіл кезеңінде бірдей бағытта өтеді. Бұл тоқ вызывает жүктемеде лүпілдеме кернеу $U_{ном}$ тудырады.

Период ішіндегі U_0 жүктемеге салынатын кернеудің тұрақты құраушысы бір жартылай периодты түзету кезіндегіге қарағанда 2 есе көп болады:

$$U_0 = 0,9U_2,$$

мұндағы U_2 — трансформатордың жартылай орамының біреуіндегі кернеудің қолданыстағы мәні.

Иодтағы максималды кері кернеу, мысалы $VD1$ диодта, қосалқы орамның ұштары арасындағы максимал кернеумен анықталады. Себебі диодтың $VD1$ анодына қосалқы орамның жоғарғы ұшының қазіргі кезде теріс кернеуі салынды. Ал катодқа тоқ өткізетін диод $VD2$ арқылы қосалқы орамның төменгі ұшының оң кернеуі салынды.

Яғни екі жартылай периодты схемада диодтың максималды кері кернеуі түзетілген кернеуден 3 есе артық болады:

$$U_{обр} = 2\sqrt{2} U_2 = 3,14U_0.$$

Егер осы схемада тоқ әрбір диод арқылы жартылай период бойы ғана өтетін болса, онда осы уақыт ішінде жүктеме арқылы ол бүкіл период бойы өтеді. Бұл дегеніміз, диод арқылы өтетін тоқтың орташа мәні жүктеме арқылы өтетін тоқтың орташа мәнінен 2 есе аз.

Трансформатордың қайталама орамасы арқылы өтетін тоқтің ағымдағы мәні жарты толқындық тізбеге қарағанда толық толқындық тізбектің жартысы.

Уақытша диаграммалардан (14.3, б-сурет) көрінетіндей, жүктемедегі кернеу желі кернеуінің периоды ішінде екі рет максимумға жетеді.

Сондықтан лүпілдегіш кернеудің негізгі гармоникасының жиілігі желі кернеуінің екі еселенген жиілігіне тең.

Екі жартылай периодты схема үшін лүпілдер коэффициенті $k = 0,67$.

Яғни қарастырылған схема бір жартылай периодты кернеуге қарағанда көбірек түзетілген кернеуді береді.

Түзеткіштің көпірлік схемасы. Түзеткіштің екі жартылай периодты көпірлің схемасы кеңінен пайдаланылады (14.4-сурет), онда қарапайым трансформатор мен көпірлі схема бойынша қосылған төрт диод пайдаланылады. Айнымалы кернеу көпірдің бір диагоналына қолданылады, ал керілген кернеу көпірдің басқа диагоналынан алынады.

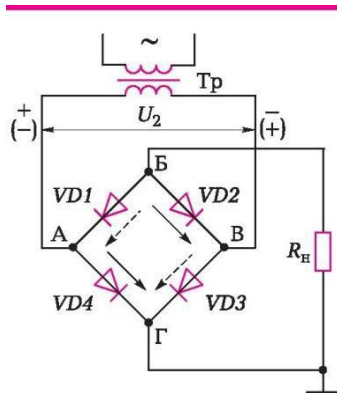
Біраз уақыттан кейін трансформатордың қайталама орамасындағы ауыспалы кернеу A нүктесінің потенциалы B нүктесінің потенциалына қарағанда жоғары болады. Содан кейін A нүктесінен («+» кернеу көзі) ток диод $VD4$ арқылы Γ нүктесіне өтеді, әрі қарай жүктеме арқылы B нүктесіне және диод $VD2$ арқылы B нүктесіне («-» кернеу көзі) өтеді. Келесі нүктедегі B нүктесінің потенциалы A нүктесінің потенциалынан жоғары болған кезде, ток B нүктесінен диод $VD3$ арқылы және диод $VD1$ арқылы A нүктесіне өтеді. Бірінші жарты кезеңде ток бағыты қатты көрсеткілермен көрсетіледі, ал екінші жартыжылдықта ток ағымы кесілген көрсеткілермен көрсетіледі. Кез-келген жартылай периодта ток жүктеме арқылы бір бағытта өтеді.

Көпірлі схеманың уақыт диаграммалары екі жартылай периодты схеманың диаграммаларымен сәйкес келеді.

Көпір схема үшін келесі қатынас рас:

$$U_0 = 0,9U_2.$$

Осы схемадағы түзетілген ток, орташа нүктенің екі жартылай периодты схемадан айырмашылығы, екі жартылай период бойы қосалқы орамда біресе бір бағытта, біресе екінші бағытта өтеді, сондықтан трансформатор өзегінің магниттелуі жоқ. Бұл трансформатордың массасы мн өлшемдерін азайтуға мүмкіндік береді.



14.4-сурет. Түзеткіштің екі жартылай периодты көпірлі схемасы

Диод $VD1$ тоқ өткізбесе, қайталама орамның жоғарғы жағынан оның анодына оң потенциал қолданылады, ал қосалқы орамның төменгі ұшының теріс потенциалы ашық диод $VD2$ арқылы катодқа қолданылады. Осылайша, өткізілмейтін бағытта диод трансформатордың қосалқы орамы арқылы кернеу астында қалады:

$$U_{\text{обр}} = U_{2m} = 2 \sqrt{2} U_2 = 1,57 U_0,$$

яғни көпірлі схемадағы кері кернеу орташа нүктесі бар екі жартылай периодты схемаға қарағанда 2 есе аз. Лүпілдеу коэффициенті орташа нүктесі бар схемадағы сияқты: $\kappa = 0,67$.

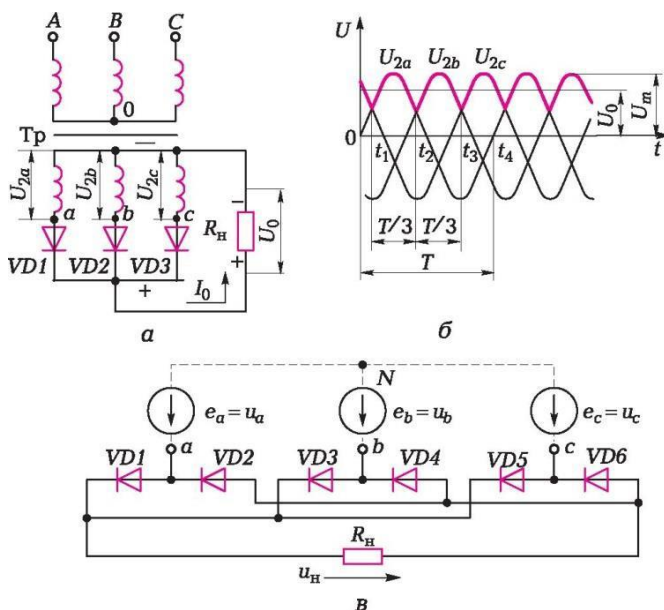
Орташа нүктесі бар схеманың түзеткіш схемасына қарағанда артықшылығы мынада: айнымалы диодтарға қолданылатын кері кернеу 2 есе аз; трансформатордың конструкциясы қарапайым, себебі қайталама орамның ортаңғы нүктесін шығарудың қажеті жоқ; трансформаторсыз электр желісінің кернеуі көпірге қолданылатын кернеуге сәйкес болғанда пайдалануға болады; трансформатордың жалпы өлшемдері мен салмағы орамалардың жақсы пайдаланылуына байланысты аз.

Көпірлі схеманың кемшілігі ретінде орташа нүктесі бар схемадағы екі диодпен салыстырғанда төрт диодтың болуын айтады.

Үш фазалы түзеткіштер. Үш фазалы тоқ түзеткіштері негізінен орта және жоғары қуатты тұтынушыларды жеткізу үшін қолданылады; олар үш фазалы тоқ желісін біртіндеп жүктейді. Үшфазалы түзеткіш схемалардың алуан түрлерінің ішінде ең қарапайым түрі 14.5, *a*-суретте келтірілген, нөлдік шығысы бар үш фазалы түзеткіш схемасы болып табылады.

Бұл схеманың жұмысын таза белсенді жүктеме жағдайында қарастырайық. 14.5, *a*-суреттен көрініп тұрғандай, схема үш фазалы трансформатордан T_r , үш шұрадан және L_n жүктеме кедергісінен тұрады. Трансформатордың бастапқы орамасын «жұлдыз» немесе «үшбұрышпен», ал қосалқы - тек «жұлдыз» арқылы жалғауға болады. Өзара байланысқан $VD1$, $VD2$ және $VD3$ шұра катодтары жүктеме бойынша оң потенциалға ие; трансформатордың нөлдік нүктесінде теріс потенциалы бар.

Келтірілген схемадағы шұралар бір шұраның анод потенциалы екі шұраның анодтарының потенциалдарына қарағанда оң, әрқайсысы $1/3$ период бойы, яғни сәйкес фазалық кернеу оң және басқа екі фазаның кернеулеріне қарағанда үлкен болған кезде кезектесіп жұмыс жасайды.



14.5-сурет. Үш фазалы түзеткіштің схемасы (а) және ондағы фазалық кернеулер (б); А.Н.Ларионовтың үш фазалы түзеткіш көпірлі схемасы (в)

145, б-суретте фазалық кернеулердің синусоидальдық бөлімдерінен қалыптастырылған түзетілген (лүпілдегіш) кернеу қалың қисық сызықпен көрсетілген. Жүктемедегі кернеу толқыны бір фазалы түзеткіш схемаларға қарағанда әлдеқайда аз екендігін және олардың жиілігі желі жиілігінің 3 есе болғанын көруге болады, бұл сүзгіні жеңілдетеді. Егер шұралары көп схеманы қолданса, онда лүпілдер саны одан әрі азаяды, сондықтан кейбір жағдайларда сүзгілерді тегістемей-ақ жасауға болады.

Үш фазалы түзеткіштің түзетілген кернеуінің орташа мәні формула бойынша анықталады

$$U_0 = 0,827U_{2m} = 1,17U_2;$$

кері кернеудің максимал мәні формула бойынша анықталады

$$U_{о\text{бр}} = \sqrt{3} U_{2m} = 2,09U_0;$$

лүпілдер коэффициенті $\kappa = 0,25$.

Бұл схема шұралардағы кернеудің төмендеуіне байланысты жиі өте төмен түзетілген кернеулерде қолданылады.

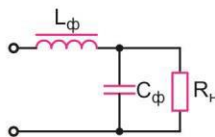
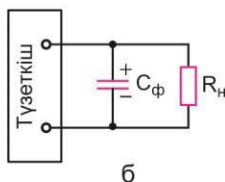
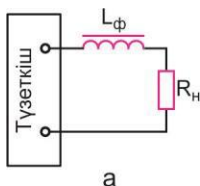
Схеманың кемшіліктері: кері кернеудің үлкен шамасы; трансформатордың нашар қолданылуы және үш фазалы трансформатордың қайталама орамдары арқылы өтетін түзетілген тоқ тұрақты компоненті арқылы трансформатордың өзегін магниттеу.

А.Н.Ларионов ұсынған түзетудің үш фазалы көпірлі схемасында (14.5, в-сурет) бір фазалы көпірлі түзеткіш пен көп фазалы түзеткіш принциптері біріктірілген. Алдыңғы схемамен салыстырғанда ол трансформатордың магниттелуінің жоқтығымен сипатталады. Ол үшін трансформатордың қосалқы орамдарының жалпы нүктесі қажет емес, сондықтан оның қосалқы орамдары әрі «жұлдыз», әрі «үшбұрыш» схемасы бойынша қосыла алады. Тізбектегі диодтардың жартысы диодтардың барлық катодты шығыстары қосылған топты құрайды, ал екінші жартысында барлық анодтық шығыстар қосылған. Түзетілген кернеудің лүпілдері үшфазалы көпірлі схемаға қарағанда азырақ болады, ал олардың жиілігі түзеткіш фазаларының екі есе санына, яғни үш фазалы қоректендіру кезінде - әр кезең үшін алты лүпілдерге тең.

14.3. ТЕГІСТЕГІШ СҮЗГІЛЕР

Түзеткіш схемаларды қарастырған кезде, түзілетін кернеу әрдайым пульсирленген және құрамында тұрақты, айнымалы компоненттерден басқа, бар екенін анықтады. Лүпілдер коэффициентінің рұқсат етілген мәндері құрылғының мақсаты мен жұмыс режиміне байланысты. Түзеткіштің кез келген схемасында шығыс кернеуінің лүпілдері рұқсат етілген мәндерден бірнеше есе жоғары болса, түзеткіштер шығысындағы тегістегіш сүзгілер қосылады. Тегістегіш сүзгіге қойылатын негізгі талаптар ауыспалы компоненттің төмендеуі және түзілген кернеудің тұрақты құрамдас бөлігінің азаюы болып табылады. Соңғысы сүзгінің түзеткіш пен жүктемесі арасында қосылуына және одан бүкіл жүктеме тоғының өтуіне байланысты. Бұл ретте сүзгідегі шығындардың азаюымен бір мезгілде айнымалы құраушы азаяды және түзетілген кернеудің тұрақты құраушысы да азаяды. Фильтрдің негізгі параметрлерінің бірі тегістеу коэффициенті болып табылады.

Тегістеу коэффициенті деп сүзгінің кірісінде лүпілдер коэффициентінің сүзгінің шығысындағы лүпілдер коэффициентіне қатынасын айтады.



146 -сурет. Тегістегіш сүзгілердің схемалары:
а — индуктивті; б — сыйымдылықты

147 -сурет. Г-тәріздес
индуктивті-сыйымдылықты сүзгі

Ең қарапайым тегістеу сүзгілерінің рөлі жүктемені қатарластырылған индуктивтік катушкалармен (штуцерлермен) және жүктеме параллель қосылған конденсаторларды ойната алады.

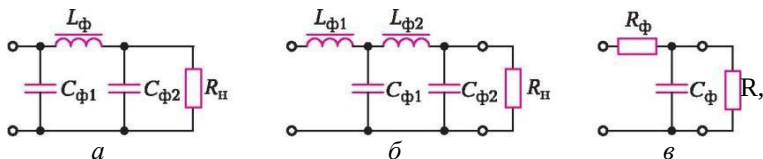
Жақсылап тегістеуді қамтамасыз ету үшін жүктеменің қатарына қосылған сүзгінің индуктивті кедергісі жүктің кедергісінен айтарлықтай асып кетуі керек (14.6, а-сурет). Дросселдің белсенді кедергісі әдетте кішкентай болғандықтан, онда түзетілген тоқ тұрақты компоненті тоқ кернеуінің жоғалуын тудырмайды және сүзгіге кірістегі тұрақты кернеу U_0 тең болады.

Индуктивті сүзгіні қолдану кішкене жүктеме кедергісі үшін (жоғары қуатты түзеткіштерде) пайдалану тиімді, себебі бұл жағдайда қажетті тегістеу коэффициентін алу үшін шағын индуктивтілік қажет.

Конденсаторды жүктемеге параллель қосқан кезде (14.6, б-сурет) лүпілді жақсы тегістеу үшін оның сыйымдылықты кедергісі жүктеме кедергісінен қарағанда әлдеқайда аз болуы керек. Сұйықтықтың кернеуі конденсатордан кернеуден асып кеткен кезде конденсатор шұра арқылы зарядталады. Қалған уақыт конденсатор жүктемеге разрядталады.

Сүзгі конденсаторлары ретінде әдетте үлкен сыйымдылығы бар электролит конденсаторлары қолданылады.

Іс жүзінде, әдетте, аралас сүзгілер пайдаланылады: Г-тәріздес (14.7-сурет) және П-тәріздес (14.8, а-сурет). Бұл сүзгілер тоқ жүктемесін жақсы тегістелуін қамтамасыз етеді. Олардың жұмысын түсіну оңай, сүзгінің кірісіндегі кернеуді тұрақты компоненттің қосындысы мен гармониканың (айнымалы компоненттер) саны ретінде көрсетеді. Онда сүзгінің индуктивтілігі мен сыйымдылығы бөлгіш болып табылады. Бөлгіштің индуктивті кедергісінде айнымалы мәннің үлкен бөлігі орналасады, ал сыйымдылықты кедергісінде - түзеткіш кернеуінің тұрақты құраушысының үлкен бөлігі орналасады.



148 -сурет. П-тәріздес сүзгі (а), күрделі көп буынды сүзгілер (б) және ЛС-сүзгі (в)

Лүпілдерді тегістеудің жоғары коэффициентін алу үшін L_Φ және C_Φ мәндерін ұлғайту қажет, бұл үлкен габариттік өлшемдерге және дроссельдер мен конденсаторлардың үлкен массасын әкеледі. Бұл жағдайда ең жақсы нәтижелер бірнеше сериялы байланысты сүзгінің Г-тәріздес буындарынан тұратын күрделі көп буынды сүзгілерін пайдалану арқылы алынады (14.8, б-сурет).

Төмен қуатты схемаларда дроссельді резистормен алмастыруға болады (14.8, в-сурет). Бұл салмақ пен габариттік өлшемдерді азайтуға, сондай-ақ сүзгінің құнын төмендетуге мүмкіндік береді, бірақ тегістеу бұл жағдайда нашарлайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Түзеткіштің құрылымдық схемасына не кіреді?
2. Түзетудің негізгі схемаларын атаңыз.
3. Қандай түзеткіш сапалы түзетуді қамтамасыз етеді?
4. Түзеткіштің көпірлі схемасының артықшылықтарын атаңыз.
5. Қоректендіргіш кернеудің жиілігінің ұлғаюы сыйымдылықты тегістегіш сүзгінің жұмысына қалай әсер етеді?
6. Негізгі сүзгі параметрін атаңыз.
7. Тәжірибеде қандай тегістегіш сүзгілер қолданылады?

ЭЛЕКТРМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ НЕГІЗДЕРІ**15.1. НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР**

Қазіргі уақытта энергетикалық қарқынды энергетикалық қондырғы энергетикалық сапа проблемаларынан зардап шегеді. Бұл тікелей және жанама материалдық шығындарға әкеледі.

Бірақ осындай мәселелерді шешудің, және шығындарды азайтудың бір тәсілі жоқ. Жобалау кезеңінде энергия сапасының проблемаларын болдырмау бойынша шараларды мұқият жоспарлау - мұндай шығындарды азайтудың ең үнемді тәсілі.

Энергетикалы жүйе (энергосжүйе) деп бір-бірімен жалғанған және электр және жылу энергиясын өндірудің, түрлендірудің және таратудың үздіксіз үдерісінде режимнің ортақтығымен байланысқан электр станциялардың, электр және жылу желілерінің жиынтығын айтады.

Бұған қазандықтар, турбиналар, генераторлар, электр беру желілері, бумен және ыстық суды беру құбырлары, трансформаторлар, қосалқы станция жабдықтары, тұтыну электр қондырғылары (электр қозғалтқыштары, жарықтандыру және жылыту құрылғылары және т.б.) кіреді.

Электроэнергетикалық (электрлік) жүйе деп энергетикалық жүйенің электр бөлімін айтады, яғни электр және жылу энергиясын өндірудің, түрлендірудің және таратудың үздіксіз үдерісінде режимнің ортақтығымен байланысқан электр станциялардың, электр желілері мен электр энергиясын тұтынушылардың электрлік бөліктерінің жиынтығы.

Электрмен жабдықтау жүйесінің негізгі элементтеріне жатады:

- электр станцияларында орнатылатын электр энергиясының көздері (синхронды электромеханикалық генераторлар);

- күшейткіш (көтергіш) трансформаторлық қосалқы станциялар, сымдардағы энергия шығындарын азайту үшін генераторлардың электрлік кернеуін арттырады;
- электр энергиясын беру желілері, қашықтыққа дейінгі және ауамен және кабелі желілерін энергиямен қамтамасыз ету құралы ретінде қызмет етеді;
- ЭТЖ кернеуін тұтынушының энергияны пайдалануы үшін қолайлы деңгейге дейін төмендетуге арналған төмендеткіш (жоғарылатқыш) трансформаторлық қосалқы станциялар;
- 380/220 В кернеуі бар РС желілерін тарату, оның көмегімен төмен вольтты электр энергиясын тұтынушы электр қондырғылары, сондай-ақ қорғаныс жабдығы сияқты жеке ток коллекторларына таратады.

Электр желісі — бұл электр энергиясын беру және таратуға арналған қосалқы станциялардың, тарату құрылғыларының және электр беру желілерінің жиынтығы. Электр станцияларынан тұтынушыларға электр энергиясын тарату электр желісі арқылы жүзеге асырылады.

Электр тасымалдау желісі — бұл электр энергиясын энергия жүйесінің екі пункті арасындағы электр энергиясын мүмкін аралық таңдау арқылы өткізуге арналған сымдардан, кабельдерден, оқшаулау элементтеріне және жүк көтергіш конструкциялардан тұратын электр қондырғысы.

Электрлік қосалқы станция — бұл трансформаторлардан немесе басқа электр энергиясын түрлендіргіштерден, басқару құрылғыларынан, таратушы және қосалқы құрылғылардан тұратын электр энергиясын қабылдау, айырбастау және тарату үшін арналған электр қондырғысы.

15.2.

ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНІҢ ҚҰРЫЛЫСЫ

Ресейдің электр станциялары барлық тұтынушылар үшін электр энергиясының көзі болып табылатын федералды энергетикалық жүйеде біріктірілген.

Электр энергиясын беру және тарату бүкіл ел бойынша өтетін әуе желілерінің көмегімен жүзеге асырылады. Электр беру желілерінде электр энергиясын тарату кезінде шығындарды азайту үшін өте жоғары кернеу қолданылады - ондаған және (жиі) жүздеген киловольт.

Энергияны тасымалдау кезіндегі үнемділігіне байланысты электр энергиясын төрт сым арқылы тасымалдайтын ресейлік инженер М.О.Доливо-Добровольскийдің ойлап тапқан үш фазалы айнымалы тоқ жүйесі қолданылады.

Электр энергиясын тұтынушылар қуат жүйесіндегі кернеуге қарағанда төмен кернеулерге арналған. Кернеу екі кезеңде төмендетіледі. Алдымен энергия жүйесінің бір бөлігі болып табылатын төмендеткіш қосалқы станцияда кернеу 6 ... 10 кВ-ға дейін төмендейді. Кернеудің одан әрі азаюы трансформаторлық қосалқы станцияларда жүзеге асырылады. Барлығына таныс трансформаторлық будкалар кәсіпорындар мен тұрғын массивтер арасында үлестрілген. Трансформаторлық қосалқы станциядан кейін кернеу 220...380 В дейін түседі.

Энергия жүйесі үшін тоқ көзі электр станцияларында орнатылған үш фазалы айнымалы тоқ генераторлары болып табылады. Генератордың әрбір орамы сызықтық кернеуді индукциялайды.

Трансформаторлық қосалқы станциядан кейін таратушы такталар немесе (кәсіпорындарда) тарату пункттері арқылы кернеу тұтынушыларға жеткізіледі. Кейбір тұтынушылар (электр қозғалтқыштары, өнеркәсіптік жабдықтар, ірі компьютерлер және қуатты байланыс жабдығы) үш фазалы электр желісіне тікелей қосылуға арналған. Олар төрт сымға қосылған (қорғаныс жерге тұйықталу санамайды). Аз қуатты тұтынушылар (дербес компьютерлер, тұрмыстық техника, офистік техника және т.б.) бір фазалы электр желісіне арналған. Олар екі сымға қосылған (қорғаныс жерге тұйықталу санамайды). Көптеген жағдайларда бұл сымдардың біреуі - сызықтық, екіншісі - бейтарап. Олардың арасындағы кернеу стандарт бойынша 220 В құрайды.

Айнымалы электр тоғы жиілікпен сипатталады. Ресейде стандартты номиналды жиілік мәні 50 Гц құрайды.

Кернеу мен электр желісінің жиілігінің нақты мәндері, әрине, номиналды мәндерден өзгеше болуы мүмкін.

Желі электр энергиясының жаңа тұтынушыларын үнемі байланыстырады (желідегі жүктеме немесе жүктеме) немесе кез келген тұтынушыларды өшіреді (нәтижесінде тоқ немесе желі жүктемесі азаяды). Жүктеме жоғарылаған кезде желідегі кернеу төмендейді, жүктеме азайғанда желідегі кернеу артады.

Төменгі қосалқы станциялардағы жүктеме өзгерістерінің әсерін төмендету үшін автоматты кернеуді реттеу жүйесі қамтамасыз етіледі. Ол желіде жүктемені өзгерткен кезде тұрақты (белгілі бір шектерде және белгілі бір дәлдікпен)

кернеуді сақтауға арналған. Реттеу күшті төмендеткіш трансформаторлардың орамдарын қайта коммутациялау есебінен жүзеге асырылады.

Айнымалы тоқтың жиілігі электр станцияларындағы генераторлардың айналу жиілігі бойынша белгіленеді. Жүктеме артқан кезде, жиілік аздап төмендейді, электр станциясының басқару жүйесі турбина арқылы жұмыс сұйықтығының шығынын арттырады және генератордың жылдамдығы қалпына келтіріледі.

Әрине, ешқандай реттеу жүйесі (кернеу немесе жиілік) өте жақсы жұмыс істей алмайды және кез келген жағдайда электр желісінің пайдаланушысы желінің сипаттамаларында номиналды мәндерден ауытқуларға ұшырауы керек.

Ресейде электр энергиясының сапасына қойылатын талаптар стандартталған. Бұл стандарттар электр тұтынушыларын қосу пункттеріндегі көрсеткіштердің мәндерін белгілейді. Пайдаланушы үшін ол электр қуатын беру ұйымынан белгіленген норманың бір жерде электр жүйесінде емес, тікелей сауда нүктесінде сақталатындығын талап ете алады дегенді білдіреді.

Энергия сапасының ең маңызды көрсеткіштері номиналды мәннен кернеу ауытқуы, синусоидальды емес кернеу коэффициенті, 50 Гц жиіліктен ауытқуы болып табылады.

Стандарт бойынша әрбір күннің кемінде 95 % фазалық кернеуі 209 ... 231 В (ауытқу - 5%) диапазонында, жиілігі - 49,8.50.2 Гц диапазонында, ал синусоидалы емес коэффициент 5% -дан аспауы тиіс. Әр тәулік уақытының қалған 5% (немесе одан кем) уақыты 198-ден 242 В-қа дейін (ауытқу - 10%), жиілігі - 49,6-дан 50,4 Гц-ге дейін, синусоидалы емес коэффициент 10% -дан аспауы керек. Сондай-ақ жиіліктегі күшті өзгерістерге жол беріледі: 49,5 бастап 51 Гц дейін, бірақ мұндай өзгерістердің жалпы ұзақтығы жылына 90 сағаттан аспауы тиіс.

Электрмен қамтамасыз етудің *апаттары* деп электр энергиясы сапасының көрсеткіштері қысқа мерзімге белгіленген шектеулерден асқан жағдайларды айтады. Жиілік номиналды мәннен 5 Гц ауытқуы мүмкін. Кернеу нөлге дейін төмендеуі мүмкін. Әрі қарай сапа көрсеткіштері қалпына келтірілуі керек.

Өмірлік циклі көбінесе электрмен қамтамасыз етуге байланысты объектілерде электр энергиясының апаттық қуаты көзі қарастырылған, ол негізгі электр энергиясының көзінен қуат берілуі тоқтатылған жағдайда апаттық тарату қалқанын қоректендіруге арналған.

15.3. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ТАСЫМАЛДАУ ЖӘНЕ ТАРАТУ

Электр энергиясы әмбебап: қашықтағы таратылымдарға ыңғайлы, жекелеген тұтынушыларға оңай таратылады және қарапайым құрылғылардың көмегімен басқа энергия түрлеріне айналады.

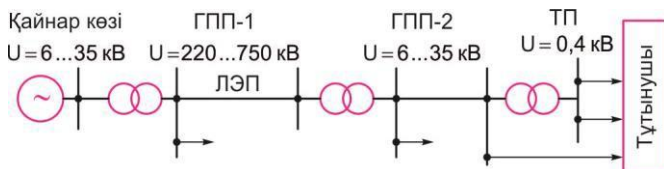
Бұл мәселелер тұтынушыларға электр энергиясы, кернеулер және токтарын түрлендіру, бөлу және электр энергиясын беру ішіне отын энергиясын түрлендіру немесе құлайтын су энергетикалық жүйені шешіледі.

Электр энергиясының көздері энергияның жалпы өндіріс режиміне ие электр станциялары болып табылады:

- жылулық — ЖЭС;
- гидравликалық — ГЭС;
- атомдық — АЭС.

Өз кезегінде, электр желілері, трансформаторлар мен коммутациялық аппараттар электр станцияларының бірлескен жұмысын және тұтынушылардың арасындағы энергияны бөлуді қамтамасыз етеді.

Электр энергиясын басымалдау және тарату сатылы принцип бойынша құрылады (15.1-сурет). Электр тасымалдау желілерінде (ЭТЖ) шығындарды азайту үшін кернеу электрлік қосалқы станцияларда орнатылған көтергіш (ГПП-1) және төмендеткіш трансформаторлар (ГПП-2) арқылы арттырылады. Ірі қосалқы станциялардан электр энергиясы трансформаторлық қосалқы станцияларда (ТП) түпкілікті кернеудің төмендеуі жүзеге асырылатын объектілерге тікелей жеткізіледі. Электр желілеріндегі энергияны бөлу, әдетте, 50 Гц үш фазалы айнымалы ток болып табылады.



15.1-сурет. Электрмен қамтамасыз етудің жалпысхемасы

Электр энергия қабылдағышы (электр қабылдағыш) желіден энергияны алатын және оны технологиялық процестерді орындауға жұмсайтын технологиялық блоктың немесе механизмнің электр бөлігі болып табылады. Электр торабынан электр энергиясын тұтынып, электр қабылдағыш оны басқа энергия түрлеріне айналдырады: механикалық, жылулық, жарық немесе басқа параметрлері бар электр энергиясына (тоқ түрі, кернеу, жиілік бойынша). Кейбір технологиялық қондырғыларда бірнеше электр қабылдағыштары бар: станоктар, крандар және т.б.

Электр қабылдағыштар кернеу, тоқ түріне және жиілігіне, бірлік қуатына, электрмен жабдықтау сенімділігіне, сондай-ақ жұмыс режимі мен технологиялық таңбаға қарай жіктеледі.

Кернеу бойынша электр қабылдағыштар екі топқа бөлінеді: 1000 В дейін және 1000 В астам.

Тоқ түрі және оның жиілігі бойынша электр қабылдағыштар өнеркәсіптік жиіліктің (50 Гц) айнымалы тоқтың қабылдағыштарына, 50 Гц-ден (жоғары немесе төмен) басқа жиіліктегі тікелей тоқ және айнымалы тоққа бөлінеді.

Жеке электр қабылдағыштардың және электр тұтынушылардың жеке қуаттары әртүрлі - он киловаттан бірнеше ондаған мегаваттқа дейін.

Электр энергиясымен қамтамасыз етудің сенімділігі — электр қуатымен қамтамасыз ету жүйесінің өндірістік қуатын үзіліссіз, электр қуатымен жабдықтаудағы апатты үзілістерге жол бермей, кәсіпорынды сапалы электрмен қамтамасыз ету мүмкіндігі.

Электр энергиясымен қамтамасыз етудің сенімділігінің дәрежесі бойынша электр қондырғыларын орнату ережелері (ЭОЕ) үш негізгі санатты қамтамасыз етеді. Электр қабылдағыштардың әрбір санаты үшін тиісті талаптар анықталған.

1. Электрмен қамтамасыз етудегі үзіліс адамдарға қауіп төндірумен байланысты немесе үлкен материалдық залал келтіретін, күрделі технологиялық үрдістің бұзылуына электр қабылдағыштар (домна пештері, шахталардың көтеру және желдету қондырғылары, авариялық жарықтандыру және т.б.). Бірінші санатты электр қабылдағыштар екі тәуелсіз қуат көзінен қуатпен қамтамасыз етілуге тиіс, үзіліс тек автоматты қуатты қалпына келтіру уақытына ғана рұқсат етіледі.

2. Электрмен қамтамасыз етудегі үзіліс өнімдерінің жаппай өндірілмеуіне, технологиялық механизмдердің тұрып қалуына, жұмыс орындарының, өнеркәсіптік көліктердің тұрып қалуына, қалалық және ауылдық тұрғындардың айтарлықтай санының жұмыс қызметінің бұзылуына әкелетін электр қабылдағыштар. Объектілерді екі тәуелсіз көзден энергиямен қамтамасыз ету ұсынылады; олар жұмыс істейтін персоналдың резервтік қуатын қосуға қажетті уақытқа электрмен жабдықтаудағы үзілістерге жол береді. Бір трансформатордан қоректенуге рұқсат беріледі, электрмен қамтамасыз етудегі үзіліс 24 сағаттан аспау керек.

3. Бұдан бұрын аталған сипаттамаларға сай келмейтін сериялық емес өндірістің, қосалқы шеберханалардың, коммуналдық пайдаланушылардың электр қабылдағыштары. Бұл электр қабылдағыштар үшін электр қуатының үзілуі электрмен жабдықтау жүйесінің зақымдалған жүйесінің элементін жөндеу және ауыстыру үшін қажетті электрмен жабдықтау үзілімдері 24 сағаттан аспайтын жағдайда бір электр қуатынан қамтамасыз етілуі мүмкін.

Жалпы өнеркәсіптік қондырғылар желдеткіштерді, сорғыларды, компрессорларды және т.б. қамтиды. Олар 127 В-тан 10 кВ кернеуліктегі және тікелей тоқтың басқаруын талап ететін тұрақты тоқ қозғалтқыштарымен бірге 50 Гц жиілігі бар үш фазалы айнымалы тоқтың асинхронды және синхронды қозғалтқыштарын пайдаланады. Жүктеме сипаты тегіс, іске қосылған кезде ғана байқалады. Негізгі агрегаттар (сорғылар, желдеткіштер және т.б.) ұзақ жұмыс режиміне ие. Электр қабылдағыштардың бұл тобы, әдетте, сенімділіктің бірінші санатына жатады.

Технологиялық механизмдердің реттелетін электр жетегі және айналу жылдамдығы жоғары станоктардың қозғалтқыштары *түрлендіргіш қондырғылардан* қуат алады. Олардың жұмыс режимдері әртүрлі және механизмнің режимімен анықталады.

Өнеркәсіптік қондырғылардағы түрлендіргіш қондырғылар технологиялық режимдердің сипатына байланысты 50 Гц жиілікте тұрақты немесе айнымалы тоқпен жұмыс жасайтын электр қабылдағыштарына, механизмдеріне және қондырғыларына қызмет етеді.

Тоқ түрлендіргіштеріне 110 В дейінгі кернеулердегі өндірістік жиіліктің үш фазалы айнымалы тоқ желілері арқылы жұмыс істейтін қозғалтқыш генераторлары, сынаптары мен жартылай өткізгіштері жатады.

Электротехникалық қондырғыларға электроэнергетикалық және электролизді қондырғылар, электрохимиялық, электрлік ұшқын және ультрадыбыстық металл өңдеу қондырғылары, электромагниттік қондырғылар, электрлік дәнекерлеу жабдықтары жатады.

Электр жылытқыш қондырғылар электр пештерін және электротермальды қондырғыларды біріктіреді, олар электр энергиясын жылуға түрлендіру әдісімен кедергі пештеріне, индукциялық пештер мен қондырғыларға, электр доғаның пештеріне бөлінеді. Жоғарыда аталған пештер және индукциялық жылу қондырғылары екінші сенімді санат қабылдағыштарына жатады.

Электр дәнекерлеу жабдықтары өндірістік жиіліктің 380 немесе 220 В айнымалы тоғының кернеумен қоректенеді. Электрлік дәнекерлеу жабдығының қуаттылығы, оның түріне байланысты, 100 В • А-ден 10 МВт-қа дейінгі аралықта болуы мүмкін. А. АС доғаның дәнекерлеуі бір немесе үш фазалы дәнекерлеу трансформаторлары немесе машина түрлендіргіштері арқылы жүзеге асырылады. Тұрақты тоқта дәнекерлегіш қозғалтқыш генераторлары қолданылады. Түйіспелі дәнекерлеу үшін бір фазалы немесе үш фазалы дәнекерлеу қондырғылары қолданылады.

Электрмен дәнекерлеу жабдығы қайталама-қысқа уақыт режимінде жұмыс істейді. Бір фазалы дәнекерлеу қондырғылары (трансформаторлар мен қондырғылар) үшфазалы жабдықтау желісінің фазалары бойынша біркелкі емес жүктеме береді. Олардың қуат коэффициенті 0,3 ... 0,7 аралығында орналасады. Дәнекерлеу қондырғылары сенімділік дәрежесі бойынша сенімділіктің екінші санатына жатады.

Жүк көтергіш-көлік құралдарының электр жетектерінің қуаты өндіріс шарттарымен анықталады; оның шамасы бірнеше жүзден киловаттқа дейін ауытқиды. Оларды қоректендіру үшін 380 және 660 В кернеуі бар айнымалы тоқ және 220 және 440 В кернеуі бар тұрақты тоқ пайдаланылады. Жұмыс режимі - қайталама - қысқа мерзімді. Айнымалы үш фазалы токтың жағындағы жүктеме - симметриялы. Қуат коэффициенті 0,3-тен 0,8 аралығында болатын жүктеме бойынша өзгереді. Электр энергиямен жабдықтау сенімділігі бойынша көтергіш-көлік жабдығы бірінші немесе екінші санатқа жатады (жұмыс орнына және жұмыс орнына байланысты).

Электр жарықтандыру қондырғылары негізінен бір фазалық қабылдағыштар болып табылады. Шамдақ шамдары оншақты ватттан бірнеше киловаттқа дейін қуатқа ие және 380 В дейінгі кернеумен жұмыс істейді. Негізінен 220 немесе 380 В шамасында жалпы жарықтандыру шамдары бар. 12 және 36 В шамдарымен лампалармен жарықтандыру лампалары бір фазалы трансформаторлар арқылы беріледі. Үш фазалы желінің фазаларын біртекті жүктеу фигуралардағы фигураларды топтастыру арқылы жүзеге асырылады. Жүктеме сипаты - ұзақ мерзімді.

Электр жарықтандыру қондырғылары сенімділіктің екінші санатына жатады. Жарықтандыруды өшіру адамдардың қауіпсіздігіне қатер төндіретін немесе технологиялық үдерістің шарттарына сәйкес келмейтін жағдайларда авариялық жарықтандыру жүйесі көзделеді.

Ұзақ уақыт оталдыру тән доғалық сынап шамдары (ДСШ) осындай жүйелерде пайдаланылмайды.

15.5. ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЖІКТЕЛУІ

Электр желілері ток түрі, номиналды кернеу, желі схемасының конфигурациясы, атқаратын функциялары және т.б. бойынша жіктеледі.

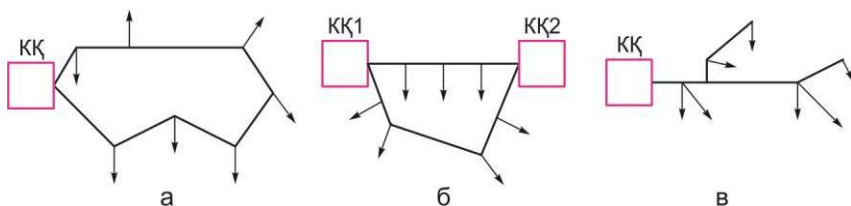
Ток түрі бойынша айнымалы және тұрақты тоқтың электр желілері деп бөлінеді.

Номиналды кернеу бойынша аса жоғары кернеулі ($U_{\text{ном}} \geq 330$ кВ), жоғары кернеулі ($U_{\text{ном}} = 3...220$ кВ), төмен кернеулі электр желілері ($U_{\text{ном}} < 1$ кВ) болып бөлінеді.

Конфигурациясы бойынша электр желілері жабық және ашық бөлінеді (15.2-сурет).

Орындайтын функциялары бойынша жүйе қалыптастырғыш, қоректендіргіш (аудандық) және таратқыш (жергілікті) желілер болып бөлінеді.

Кернеуі 330-150 кВ *жүйе қалыптастырғыш желілер* р қуатты электр станцияларын біріктіретін және олардың бірыңғай бақылау объектісі ретінде жұмыс істеуін қамтамасыз ететін интеграцияланған энергетикалық жүйелерді құру функцияларын жүзеге асырады, сонымен бірге қуатты электр станцияларынан электр энергиясын беруді қамтамасыз етеді. Жүйе қалыптастырғыш желілер жүйелік байланыстарды, яғни электр жүйелеріндегі қалааралық байланыстарды жасайды. Жүйе қалыптастырғыш желілер режимін біріктірілген диспетчерлік басқарманың (БДБ) диспетчері басқарады.



15.2-сурет. Бір (а), екі (б) қайнар көзі бар тұйықталған және ажыратылған (в) электр желілер:

КК - қуат көзі

330...1 150 кВ кернеу желілерін біріктіретін энергия жүйелері жүйеаралық деп атайды.

Қоректендіргіш (аудандық) желілер магистральдық желінің қосалқы станцияларынан және ішінара 110-220 кВ кернеумен электр таратушы желілердің электр қуатын тарату орталықтарына (ТО) аймақтық қосалқы станцияларға электр қуатын беру үшін арналған. Қоректендіргіш желілер әдетте жабық.

Таратқыш (жергілікті) желілер аудандық шағын станциялардың төменгі вольтты автобустарынан қысқа қашықтықтарға электр энергиясын өнеркәсіптік, қалалық, ауылдық тұтынушыларға жеткізу үшін әзірленген. Мұндай желілер әдетте ажыратылған режимде жұмыс істейді. Жоғары ($U_{\text{ном}} > 1$ кВ) және төмен ($U_{\text{ном}} < 1$ кВ) кернеулердің таратушы желілері бар. Тұтынушылардың сипаты бойынша тарату желілері өнеркәсіптік, қалалық және ауыл шаруашылық желілерге бөлінеді.

Ірі өнеркәсіптік кәсіпорындар мен ірі қалаларды электрмен жабдықтау үшін жоғары кернеулі жоғары кернеулі кірістер, яғни жүктеме орталықтарының жанында 110 ... 500 кВ кернеуі бар бастапқы станциялардың құрылысы жүргізіледі.

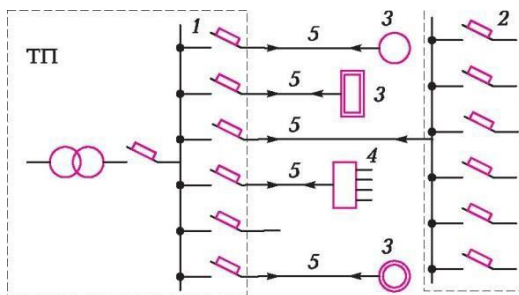
15.6. ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ СХЕМАЛАРЫ

1 000В ДЕЙІНГІ электр желілерінің схемалары. Электр желісінің орналасуы өндірістің технологиялық процесі, электрмен жабдықтау сенімділігінің категориялары, ТП-ның салыстырмалы орналасуы немесе қуат пен электр қабылдағыштардың кірістері, олардың бірыңғай орнатылған қуаты мен орналасқан жері. Схема қарапайым, қауіпсіз және ыңғайлы, үнемді, өнеркәсіптік орнату әдістерін пайдалануды қамтамасыз етуі керек.

Қоректендіргіш желілердің схемалары радиалды, магистральдық және аралас болуы мүмкін - бір жақты немесе екі жақты қоректендіргіш.

Радиалды қоректендіру схемасы кезінде (15.3-сурет) жеке қуат торабының (ҚТ) энергиясы бір жеткілікті қуатты тұтынушыға немесе электр қабылдағыштар тобына жеткізіледі. Радиалды схемалар бір сатылы етіп жасалады. Ол кезде қабылдағыштар ТП-дан тікелей және екі кезеңді аралық тарату пунктіне (ТП) қосылған кезде жүзеге асырылады.

Радиалды схемалар жоғары қуаттылықты жинақталған жүктемелерді қабылдау үшін, қабылдағыштардың біркелкі емес орналасуы, сондай-ақ жарылғыш, тұтанғыш және шанды ортада қабылдағыштарды қуаттау үшін қолданылады.



15.3-сурет. Радиалды қоректендіру схемасы:

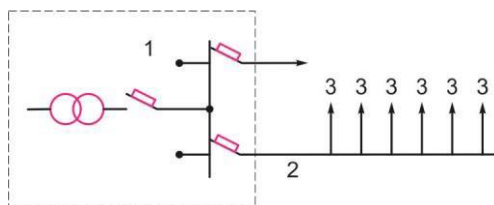
1 — тарату қалқаны; 2 — күштік таратқыш пункт; 3 — электр қабылдағыш; 4 — жарықтандыру қалқаны; 5 — кабель желісі

Радиалды схемалар құбырлардағы немесе қораптардағы (науалардағы) кабельдермен немесе сымдармен жүзеге асырылады.

Радиалды схемаларының артықшылықтары жоғары сенімділік (бір жолдағы авария басқа желілер арқылы электр қуатын алатын қабылдағыштардың жұмысына әсер етпейді) және автоматтандырудың ыңғайлылығы болады.

Бұл схеманың кемшіліктері өткізгіш материалдың елеулі тұтынуына байланысты төмен шығындардың тиімділігі; қуат коэффициенттерін енгізу үшін қосымша аймақтардың қажеттілігі; технологиялық процесті өзгертуге байланысты технологиялық механизмдерді жылжыту кезінде желінің шектеулі икемділігін ұмытпау керек.

Магистральді қоректендіру схемаларында қабылдағыштар желідегі (магистральдегі) кез келген нүктеге қосылады. Магистральдарді қосалқы станцияның қалқандарына немесе күштік ТП қосуға болады. Таратқыш шина өткізгіштері бар магистральді схемалар (15.4-сурет) бір технологиялық желінің қабылдағыштарын немесе



15.4-сурет. Таратқыш шина өткізгіштері бар магистральді схемасы

1 — кешенді трансформаторлық қосалқы станция (КТҚ); 2 — таратқыш шина өткізгіш; 3 — жүктеме.

Магистральді схемалардың артықшылығы - қосалқы станциялар тақталарын оңайлату; желінің жоғары икемділігі; Өнеркәсіптік әдістермен орнатуға мүмкіндік беретін біртекті элементтерді пайдалану болып есептеледі.

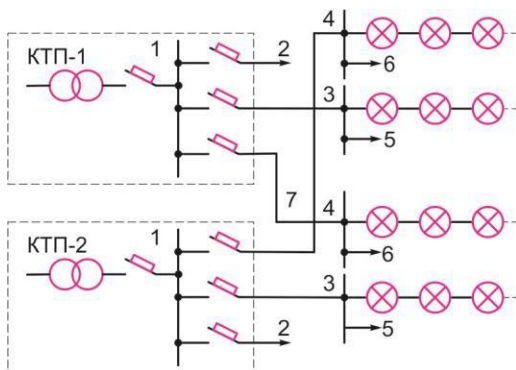
Магистральді схема радиалды схемадан гөрі сенімді емес, өйткені кернеу желісіндегі кернеу сәтсіз болғанда, оған қосылған барлық тұтынушылар қуатын жоғалтады.

Электр қабылдағыштардың магистральдық жүйе бойымен қоректендіру сенімділігін арттыру үшін, магистральды желіні екі жақты қоректендіру қолданылады.

Электр жарықтандыру желілерінің схемасы. *Жұмыс жарықтандыру жүйесі* бүкіл бөлменің және жұмыс беттерінің қалыпты жарықтылығын жасайды. Осындай жүйеге жалпы және жергілікті жарықтандыруды шамдары кіреді.

Апаттық жарықтандыру жұмыс жарықтарын өшіру кезінде жұмысын жалғастыруды немесе технологиялық үдерісті тоқтатуды және адамдарды көшіруді қамтамасыз етеді.

Желінің энергия көзінен топтық жарықтандыру панеліне дейінгі аумақтары *таратушы*, ал топтық қалқандардан шамдарға дейін — *топтық* тақталар деп аталады. Тарату желілері магистральдық немесе радиалды-магистралды схема арқылы үш, төрт және бес сымдық желілер арқылы жүзеге асырылады.



15.5-сурет. Екі КТП арқылы электр жарықтандырумен қоректену схемасы:

1 — таратқыш қалқан; 2 — күштік РП өтетін желілер; 3, 4 — сәйкесінше жұмыс және апаттық жарықтандырудың топтық қалқандары; 5, 6 — сәйкесінше жұмыс және апаттық жарықтандырудың топтық желісі; 7 — жарықтандырудың қоректендіргіш желілері

Ұзындығы мен жүктемесіне байланысты топтық желілер үш, төрт және бес сымды болуы мүмкін. Жұмыс және апаттық жарықтандыру желілерін қоректендіру айрықша жағдайларда күштік желімен бірге бір трансформатордан жүзеге асырылуы мүмкін. Жаңа ережелер бойынша күштік және жарықтандыру жүктемелерін бір трансформатордан қоректендіруге болады. Цехта бірнеше трансформаторлық қосалқы станциялар немесе екі трансформаторлық қосалқы станциялар болса, онда әртүрлі трансформаторлардан жұмыс және авариялық жарықтандыру желілерін қуаттандыру керек.

Бір бөлмедегі топтық қуатпен қамтамасыз етілуге тиіс, себебі кейбір топтық лампалардың лампаларының бөлігі шығып кетсе, қалған топтық жолдар авария болғаннан кейін ең аз жарықтандыруды қамтамасыз етеді. Екі КТП-дан электр жарықтандыру схемасының мысалы 15.5-суретте көрсетілген.

15.7. ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІ

Әлемдік энергетикалық дағдарыс құрылыста жаңа ғылыми және эксперименталды бағыттардың пайда болуына, «энергияны тиімді пайдалану арқылы құру» тұжырымдамасына байланысты болды. Осындай ғимараттардың құрылысы энергетикалық ресурстарды үнемдеуге бағытталған архитектуралық және инженерлік шешімдерді пайдаланудан энергия үнемдеудің жалпы әсерін анықтау болып табылады. Соңғы жылдары энергетиканы тиімді пайдалану арқылы әртүрлі технологиялық мақсаттар үшін ғимараттар салу көлемі едәуір өсті және халықаралық тәжірибеде осындай ғимараттардың энергия тиімділігін жобалау және бағалау бойынша стандарттар, ережелер және басқа да нормативтік құжаттар әзірленді.

Энергияны үнемдейтін ғимарат үй-жайларында микроклиматты қамтамасыз ету үшін энергияны тұтынуды барынша азайту мақсаттарына сәйкес келетін архитектуралық және инженерлік шешімдер жиынтығын қамтиды.

Энергия үнемдеу — бұл стандарттар мен стандарттар талаптарына сәйкес келетін жоғары сапалы технологиялық параметрлерді сақтай отырып, отын-энергетикалық ресурстарды үнемдеу және оларға байланысты өнімдер мен қызметтерді өндіруге байланысты шығындар. Энергиямен қамтамасыз ету отын-энергетикалық ресурстарды тиімді пайдалануға және жаңартылатын энергия көздерінің экономикалық айналымына тартуға бағытталған заңды, ұйымдастырушылық, ғылыми, өндірістік, техникалық және экономикалық әдістермен шешіледі.

Ресейде энергия және ресурс үнемдеу мәселесі өте өзекті:

Ресейдің энергетикалық сыйымдылығы Батыс Еуропа мен АҚШ елдерінің деңгейінен бірнеше есе жоғары, бұл өз кезегінде әлемдік нарықта ресейлік бизнестің бәсекеге қабілеттілігіне теріс әсер етеді. Энергия мен ресурс үнемдеу мәселесі екі компоненттен тұрады: бір жағынан, энергия өндірушілері өндіріс тиімділігін арттыру міндетін қойып отыр, ал екінші жағынан энергия тұтынушылары заманауи энергия үнемдейтін технологияларды енгізу арқылы оны ұтымды пайдалануды қажет етеді.

Энергияны үнемдеу тұтынушыларға энергияны шектеуді білдірмейді. Энергия үнемдеу бағдарламаларының мақсаты - тұтынуды оңтайландыру және электр энергиясының қажетсіз шығындарын жою.

Мамандардың пікірінше, энергияны тұтыну орташа алғанда төмендеуі мүмкін: күнделікті өмірде - 34% -ға; шағын тұтынушылар үшін - 22%; көлікте - 24%; өнеркәсіпте - 13 ... 33%. Тұрмыста тұтынылатын барлық электр энергиясының 79% -ы үй-жайларды жылытуға, 15% жылу процестеріне жұмсалады (жылыту, тамақ пісіру және т.б.), 5% -ы тұрмыстық техниканы, 1% - жарықтандыру, радио және теледидар жабдығына жұмсалады.

Тұрмыстағы электр энергиясына барлық қажетті энергияның 9,10% тиесілі. Тұрмыстық электр аспаптарын пайдаланған кезде энергияны үнемдеу нұсқалары шектеулі (бұл жылу және ыстық сумен салыстырғанда), бұл энергияны салыстырмалы түрде қымбат етеді. Жетілдірілген жарықтандыру құралдарын пайдалану (энергияны үнемдейтін шамдар, жарықтандыру жүйесі) электр энергиясының 60% дейін үнемдеуге мүмкіндік береді.

Жарықтандыруды үнемді пайдалану шарты - жарықтандыру мен орнатылған жарықтандыру жабдығына қажеттіліктің сәйкестігін жоспарлау.

05.04.2003 жылғы № 42-ФЗ "Энергияны үнемдеу туралы" Федералдық заңға сәйкес әрбір электр қондырғысына қатысты электр энергиясын үнемдеу үшін өнеркәсіптік кәсіпорындарда шаралар әзірлеу керек. Ең алдымен бұл электр қозғалтқышы бар электромеханикалық құрылғыларға жатады, олардың басты элементі электр қозғалтқышы болып табылады.

Әлемде өндірілген барлық электр энергиясының жартысынан көбі жұмыс машиналары, механизмдері, көлік құралдарының электр жетектерінде электр қозғалтқыштары пайдаланатыны белгілі. Сондықтан, электр жетектеріндегі электр энергиясын үнемдеу жөніндегі шаралар өте маңызды:

- энергия үнемдеу міндеттері тек электр машиналарын пайдалану кезінде ғана емес, сондай-ақ оларды жобалау кезінде оңтайлы шешімді талап етеді;
- энергия үнемдеу мәселесін шешуге фазада кернеуден асатын жеткізу желісінде реактивті ағымдарды құрайтын синхронды қозғалтқыштарды пайдалану ықпал етеді. Нәтижесінде желі ағымдық реактивті (индуктивті) компоненттен түсіріледі, желінің осы бөлігіндегі қуат коэффициенті артады, бұл осы желідегі ағымды азайтуға және соның салдарынан энергияны үнемдеуге әкеледі. Осындай мақсаттар желіде синхронды компенсаторларды қосу арқылы жүзеге асырылады;
- энергияны үнемдеу экономикалық ғана емес, электр энергиясын өндірумен байланысты экологиялық проблемаларды да шешуге бағытталған;
- энергия үнемдеу мәселелері өте маңызды болып табылады, өйткені көптеген жағдайларда энергияны үнемдеу - бұл жаңа қуаттарды салудың ең арзан баламасы және, тиісінше, бюджетке бірнеше миллиардтан астам шығындар;

Энергия үнемдеу - тұрғын үй-коммуналдық реформалардың маңызды бөлігі.

Энергияны үнемдеудің шешуші факторы отын-энергетикалық ресурстар мен суды тұтынуды реттейтін метрмен әртүрлі мақсаттарда объектілерді жабдықтау болып табылады.

Бұл міндетті өте қысқа уақыт ішінде шешуге тек ұйымдасқан және тиімді жұмыс істейтін жүйе болған жағдайда ғана мүмкін болады. Бұл жүйенің негізіне барлық ғимараттарды олардың бағыныштылығына байланысты санаттарға бөліну салынған. Бастапқы кезеңде ғимараттардың кез-келген категорияларына жауапты барлық ұйымдар қазірдің өзінде метрмен жабдықталған қанша ғимарат және қандай нәтижелер алынады. Сонымен қатар ғимараттардың әр санаты үшін қанша метрді бөлек орнату керектігі туралы нақты ақпарат қажет.

Отын-энергетикалық кешеннің негізгі міндеті тұтынушыларды энергияны өндіру мен тасымалдаудың төмен шығындарымен отынмен, жылу және электр энергиясымен тиісті сапада тұрақты және сенімді жеткізу болып табылады.

Бұған техникалық, ұйымдастырушылық және қаржылық сипаттағы мәселелерді шешу арқылы қол жеткізіледі.

Ыстық су жүйелерінде жылу мен судың үлкен ағымы байқалады. Жаңадан салынған үйлерде әр пәтерге ыстық және суық суды есептеу қондырғыларын орнатады.

Орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелері, жылу өткізбейтін, антивирусқа қарсы және су өткізбейтін жабындармен қамтамасыз етілмеген негізгі және таратушы жылу желілерінің ресурстық тозуы бар. Жоғары өндірістік шығындар бүгінде ғимараттар мен құрылыстардың құрылыстарында, жылумен жабдықтаудың дәстүрлі емес көздерін іздейді, бұл пайдалану процесінде шығындарды барынша азайтуға, ең алдымен, энергия ресурстарын тұтынуды азайтуға және инженерлік коммуникациялардың қызмет мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді.

Тұрғын үй құрылысында мұндай көздер болуы мүмкін: бес қабаттан жоғары үйлерді салғанда - жылу және ыстық сумен қамтамасыз ету жүйесі; бес қабаттан жоғары - төселген және қазандықтар.

«Ресейдің 2020 жылға дейінгі энергетикалық стратегиясына» сәйкес мақсатты мемлекеттік саясат арқылы энергия тұтынушыларын энергияны үнемдеуге арналған инвентаризацияға қызығушылық, осы салаға инвестиция салу үшін тартымды жағдайлар жасау, ықтимал қаржылық және экономикалық тәуекелдерді азайту.

Бүгінгі күні энергия өндірушілер мен энергияны тұтынушылар энергия үнемдеуге қызығушылығын арттыру үшін аймақтық заңдарды қабылдау қажет. Оларды іске асыру қалалық бюджетте энергия үнемдеу бағдарламасын жүзеге асыруға арналған мақсатты қаражатты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жылу энергиясын өндіруге жұмсалатын шығындарды төмендетуге, тарифтердің төмендеуіне әкеліп соғады және тұтынушыларға жылу, су және газды төлеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

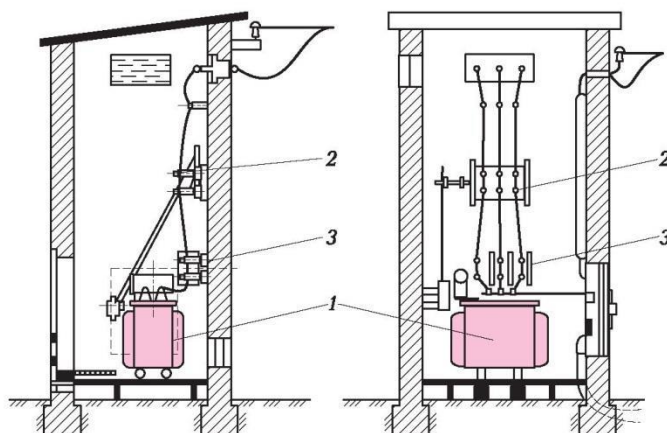
- 1 Электр желісінің көмегімен қандай міндеттер шешіледі?
- 2 Электр энергиясын тасымалдау үшін қандай желілер қолданылады?
- 3 Электр желісі қалай ұйымдастырылған?
- 4 Электр қабылдағыштар қандай белгілер бойынша жіктеледі?
- 5 Электр желілерінің негізгі схемаларын айтыңыз.
- 6 Энергия тиімділігі дегеніміз не?
- 7 Отын-энергетикалық кешеннің негізгі міндеті қандай?
- 8 Энергия үнемдеу бағдарламалардың мақсаты туралы айтып беріңіз.
- 9 Халықта энергия үнемдеуді қалай ынталандыруға болады?
- 10 Энергия үнемдеу талаптары Ресей федерациясының заңнамасында қалай көрсетілген?

ҚҰРЫЛЫС АЛАҢЫНДАҒЫ ТРАНСФОРМАТОРЛЫҚ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР

16.1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Құрылыс алаңдарындағы трансформаторлық қосалқы станциялар электр энергиясын алуға, құрылысты тұтынушыларға электр энергиясын азайтуға және таратуға қызмет етеді. Негізгі қосалқы станциялар (ГПП) электр беру желісінен электр энергиясын алады. Электр жүйелері оны төмен вольттық электр энергиясына айналдырады және оны құрылыс алаңына таратады. Әдетте, ГПП кірісінде 220 В, 10, 35 кВ, ал шығысында 35, 10, 6 кВ.

Таратқыш немесе жай трансформаторлық қосалқы станциялардағы ГПП-дан келетін электр энергиясы:



16.1-сурет. Өуе кірісі бар жабық ТП 6(10) кВ/0,4 кВ:

1 — үш фазалы күштік трансформатор; 2 — ажыратқыш; 3 — жоғары вольтты сақтандырғыш

жоғары кернеуден 6...35 кВ төменгі кернеуге 660/380 немесе 380/220 В түрлендіріледі. Оны тұтынушылардың басым бөлігі қолданады. Құрылыс алаңында 6 және 10 кВ электр қуатын тұтынушылар да бар.

ТП жабдықтары трансформатордан, коммутациялық және қорғаныс құрылғылардан, бақылау құрылғыларынан, электр энергиясын бақылаудан және өлшеуден тұрады.

Жоғары жағынан трансформатор тұйықтағыш контакт және жоғары вольтты сақтандырғыш арқылы желімен қосылады. Өте жоғары кернеуді қорғаныс электр тоғын ажыратушымен жүзеге асырылады.

Конструкциялық орындалуы бойынша ашық және жабық жылжымалы қосалқы станциялар болып бөлінеді. Жер үсті және діңгекті ТП (тіректерге трансформаторларды орнату арқылы) ашық болады. Жабық ТП әр түрлі бөлмелерде орналасқан (16.1-сурет). Трансформаторлық қосалқы станцияға трансформатор, жоғары кернеулі құрылғы және төмен кернеулі трансформаторлар орналастырылған. Трансформаторды жоғары жағынан ажырату үшін ажыратқыш орналастырылған.

Апттық ажырату үшін сақтандырғыштар немесе жоғары вольттық қосқыштар қызмет етеді.

Құрылыс индустриясында кең таралуы толық жабық ТП арқылы қамтамасыз етілді, ол сондай-ақ жылжымалы ТП ретінде жіктелуі мүмкін.

Толық трансформаторлық қосалқы станцияларды орнату арнайы құрылыс-монтаж жұмыстарын қажет етпейді, сондықтан уақытты үнемдеуге мүмкіндік береді.

Жылжымалы ТП теміржол платформаларында, авто тіркемелерде, баржаларда, шаналарда және т.б. орнатылады.

16.2. ЭЛЕКТР ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ТҮРЛЕРІ

Электр қуатын беру пункттерінің саны мен түрлері электр қуатын беру объектісі тұтынатын қуатқа, сондай-ақ, учаскеде электр тұтынушылардың орналасу сипатына тәуелді болады. Тұтынушылардың салыстырмалы түрде ықшам түрде орналасуы және электрмен жабдықтаудың сенімділігіне ерекше талаптар болмаған жағдайда қуат көзінен барлық электр энергиясын бір трансформаторға немесе тарату пунктіне қосуға болады. Тұтынушылардың шашырауымен және электр қуатының үздіксіздігіне қойылатын талаптардың артуы екі немесе одан да көп қосалқы станцияларға жеткізілуі тиіс.

Қуат көзі объектіге жақындағанда және 6 және 10 кВ желілерінің қуаты тұтынылған кезде, электр қуаты тарату станциясына немесе негізгі таратушы қосалқы станцияға (ЖӨӨ) жеткізіледі.

Тарату станциялары электр энергиясын оның трансформациясы немесе трансформациясы болмаған кезде қабылдауға және таратуға қызмет етеді.

КП-дан электр қуаты ТП-ға және электр қабылдағыштарына кернеуі 1 кВ-тан артық жеткізіледі. Яғни бұл жағдайда жеткізу және тарату желілерінің кернеуі бірдей.

Егер қондырғы айтарлықтай (40 МВт-тан астам А) қуат жұмсаса және қуат көзі алынса, қуат түйін таратушы қосалқы станцияларда немесе негізгі төменгі қосалқы станцияларда алынады.

ТОРАПТЫ таратқыш қосалқы станция (ТТҚ) деп кернеуі 35 кВ 220 кВ, энергия жүйесінен қоректенетін және оны объектінің аумағындағы терең шұңқырлар қосалқы станциялары арқылы тарататын орталық таратушы қосалқы станцияны айтады.

Басты төмендеткіш қосалқы станция деп электр энергиясын тікелей аудандық энергия жүйесінен алатын және объектіде кернеуі төмен (6 немесе 10 кВ) энергияны тарататын қосалқы станцияны айтады.

Терең шұңқырлар қосалқы станциясы (ТШҚ) деп 35...220 кВ кернеуге арналған, бастапқы кернеуде жеңілдетілген коммутация схемасымен жасалған, электр энергиясын тікелей энергия жүйесінен немесе ТҚҚ алатын қосалқы станцияны айтады. Әдетте ТШҚ жеке объектіні (ірі цехты) немесе кәсіпорынның ауданын қоректендіруге арналған.

16.3. ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ОРНАЛАСУЫН ЖӘНЕ ТРАНСФОРМАТОРЛАР САНЫН ТАҢДАУ

Қаланың масштабты құрылысы аумағындағы немесе энергетикалық қарқынды коммуналдық-өнеркәсіптік кәсіпорындардағы, сондай-ақ әрқайсысында орнатылған қосалқы станциялар мен күштік трансформаторлардың санынан бастап, тұтынушылардың электрмен жабдықтау жүйесінің экономикалық көрсеткіштері мен сенімділігіне тәуелді.

Трансформаторлық қосалқы станцияларды олар тұтынатын топтардың ортасына жақындату керек. Өйткені бұл төмен вольтты тармақтардың ұзындығын азайтады, сымдар мен кабельді веналардың көлденең қимылын азайтады. Бұл түсті металдардағы айтарлықтай үнемдеуге және энергия шығынын төмендетуге әкеледі. Сонымен қатар, желінің құрылысы үшін күрделі шығындар азаяды, сондықтан кішкене қосалқы станциялары бар (жеке трансформаторлардың қуаты әдетте 1000 кВА-дан аспайды, ал желінің қосалқы кернеуі 0,4 / 0,23 кВ) пайдалы және әмбебап қолданылады.

Алайда, қондырғылар орталығында орналасу әрдайым мүмкін емес, себебі сәулет-жоспарлау шешімдері жиі айқындалушы факторлар болып табылады. Қалалық тұрғын үй ғимараттарында балалар мен спорт алаңдары, демалыс орындары ғимараттар арасында орналасады және автономды қосалқы станцияларды пайдаланған кезде олар жүктеу орталықтарынан алыс орналасуы керек. Өнеркәсіптік кәсіпорындарда бұл кәсіпорынның сәулет-құрылыс, өртке қарсы, көліктік ерекшеліктерімен, цехтың, сондай-ақ технологиялық жабдықтардың орналасуы мен қоршаған ортаның жай-күйімен байланысты. Сондықтан, қосалқы станцияның орналасуын таңдағанда, осы факторларды ескере отырып, әртүрлі нұсқаларды салыстыруға болады.

Жоспарланған орналасу кәсіпорынның жоспарлау шарттарына, қосалқы станцияның болжалды габариттік өлшемдері мен типіне (автономды, бекітілген, ішкі, жабық, толық) және ГПП энергия жүйесінің ЭТЖ жоғары вольтты желілерді жеткізу мүмкіндігіне байланысты көрсетіледі. Қосалқы станцияның орналасуын таңдау кезінде электр қабылдағыштардың ұзақтығын ескеру қажет. Зауыттың бөлімшелерінің бірдей конструктивті жүктемесі, бірақ жұмыс уақытының әртүрлі саны бар болса, қосалқы станция тұтынушыларды тұтынушылар тобына жақындатуы керек (көп пайдалану мөлшерлемесі бар).

Мекеменің орналасқан жерінде келесі қосалқы станциялар бөлінеді: ғимараттардан біршама қашықтықта орналасқан бөлек; сыртқы құрылыстың басты ғимаратына тікелей жақын орналасқан; Кіріктірілген ғимарат ғимараттың ішінде бөлек бөлмелерде орналасқан, бірақ трансформаторларды сыртқа шығару арқылы; дүкенде электр жабдықтарын тікелей өндірісте орналастыру арқылы немесе жеке жабық бөлмеде орналасқан электронды жабдықты дүкенде электр жабдықтары арқылы жылжыту арқылы өндіріс ғимараттарының ішінде орналасқан.

Трансформаторлық қосалқы станцияларды электрлік жүктемелер орталықтарына жақындату үшін цех ішіндегі орналастыру үшін жарамды, сондай-ақ цех ғимараттарына салынған және оған бекітілген қосалқы станциялар толық трансформаторлық қосалқы станциялар пайдаланылады.

Кернеуі 1 кВ-тан астам қосалқы станциялардың орналасуы автомобильді және, қажет болған жағдайда,

қажетті жолдарда әуе желілері мен кабельдік конструкциялардың ыңғайлы тәсілдері мен құрылғыларын ыңғайлы түрде қамтамасыз етуді ескеруі керек.

Электр қондырғыларын, құрылымдық жобалауды, тірі бөлшектерді, жүк көтергіш конструкцияларды, оқшаулағыштарды және басқа да минималды қашықтықтарды орнату жабдықтың қалыпты жұмыс режимінде сақталуын қамтамасыз ету үшін таңдалады; ажыратқыштар мен ажыратқыштардың позициялар көрсеткіштерін, трансформаторлар мен аппараттардағы май деңгейін ыңғайлы бақылау; орнатудың қалыпты жұмыс жағдайлары бұзылған жағдайда зиянның локализациясының қажетті дәрежесі; құрылғыны қауіпсіз тексеру, ауыстыру және жөндеу және оның кернеуі кез-келген тізбекті кернеу астында көршілес тізбектердің қалыпты жұмысына кедергі келтірмей салу; электр жабдығының тірек конструкцияларының қажетті механикалық тұрақтылығы; жабдықтарды ыңғайлы тасымалдау мүмкіндігі; қосалқы станцияның максималды үнемдеуі көп пайда келтіреді.

Қосалқы станцияның аумағында сыртқы қоршаулар болуы керек, бірақ жабық станциялар үшін қоршаулар берілмеуі мүмкін.

Бірінші және екінші санаттағы электр тұтынушыларды қоректендіру үшін екі трансформаторлық қосалқы станциялар қолданылады. Әр трансформатор тәуелсіз қуат көзіне қосылған жеке желі арқылы жұмыс істейді. Бір трансформатор болмаған жағдайда, басқа трансформатор рұқсат етілген электр қондырғыларының ережелеріне сәйкес авариялық шамадан тыс қосалқы станцияға қосылған барлық тұтынушыларды электр қуатымен қамтамасыз етеді. Трансформатордан жұмыс істеп тұрған трансформаторға жүктемені беру автоматты түрде жүзеге асырылуы тиіс.

Үшінші санаттағы электр тұтынушыларды қоректендіру үшін осы қосалқы станцияға қосылу үшін қажетті жалпы жүктеме құнына байланысты бір немесе екі трансформаторлық қосалқы станцияларды пайдалануға болады. Екі трансформатормен қосалқы станцияны пайдаланған кезде резервті автоматты түрде өшіру талап етілмейді. Жүктемені бір трансформатордан екіншісіне ауыстыру бірінші санат үшін автоматты түрде және қолмен екінші рет жасалады.

Бір трансформаторы бар қосалқы станциялар, егер олардың қуаты трансформатордың қуатының 15 ... 20% -нан аспайтын болса, бірінші санаттағы электр тұтынушыларды қуаттандыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Осы электр тұтынушыларының резервтеуі кернеудің екінші кернеуінде секіргіштер арқылы ең жақын қосалқы станциялардан автоматты түрде орындалуы керек. Қосалқы станцияларда екі трансформатордан артық орнату ұсынылмайды, себебі олардың саны көбейіп, инвестициялардың артуына, жыл сайынғы шығындардың жоғарылауына және энергия шығындарына әкеледі. Ол трансформаторлардың бірдей күшке ие болуын қамтамасыз етуі керек.

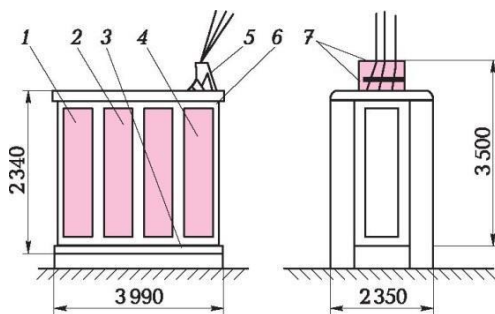
Мысалы, қуаттылығы 400 кВА трансформаторды орнату кезінде 630 кВА трансформаторға арналған камераның жалпы өлшемдері және т.б. қарастырылған.

Әр трансформаторлық қосалқы станцияда үш негізгі блок бар: жоғары кернеулі таратқыш құрылғылар, трансформатор, төмен кернеулі трансмиссиялық құрылғылар.

Таратқыш құрылғылардың (ТҚ) құрамында коммутациялық аппараттар, қорғаныс және автоматика құрылғылары, өлшеу құралдары, құрама және қосалқы автобустар, қосалқы құрылғылар бар.

Қосалқы станциялар *кешенді* немесе *құрастырмалы* болуы мүмкін. Кешенді қосалқы станциялар зауыттарда дайындалады және қондырғыға қондырғыға қондырғыға қондырғылармен жабдықталмай, блоктары мен блоктары арқылы тасымалданады. Орнату алаңында бірліктерге қосылған және электрмен жабдықтау желілеріне қосылған құрылғылар мен қондырғылар орнатылған. Кешенді тарату құрылғысы (КТҚ) толығымен немесе ішінара жабық шкафтардан немесе кіріктірілген құрылғылармен, қорғаныс және автоматика құрылғыларымен, өлшеу құрылғыларымен және қосалқы құрылғылармен жабдықталған блоктардан тұрады; құрастыру үшін жиналған немесе толықтай дайындалған және ішкі орнату үшін арналған. Сыртқы (ашық) қондырғыларға арналған кешенді тарату құрылғысы (КРУН) бар.

Кешенді тарату қосалқы станциялары ішкі (КТПВ) және сыртқы (КТПН) қондырғылар үшін дайындалған (16.2-сурет). Соңғысы үш бөліктен тұратын дәнекерленген жәшік: кернеуі 6 ... 10 кВ аппаратура, күштік трансформатор және кернеуі 0,38 кВ тарату қалқаны үшін.



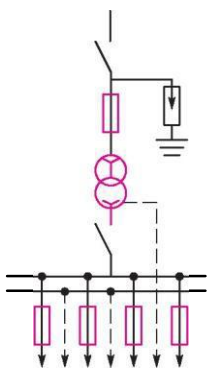
16.2-сурет. КТПН 100, 160 кВА сериялы кешенді трансформаторлық қосалқы станция:

1 — төмен вольтты аппаратура шкафы; 2 — трансформаторлар шкафы; 3 — жоғары вольтты аппаратура шкафы; 4 — рама; 5 — кронштейн; 6 — қоршағыш тор; 7 — швеллер

Қалалық жағдайда қосалқы станциялар бетонға немесе кірпішке орнатылады.

6 ... 10 кВ кернеуі бар қалалық желілерде әрқайсысы 6,10 кВ бастапқы кернеумен және 0,4 / 0,23 кВ кернеуі 0,4 / 0,23 кВ әуе немесе кабельдік кірістері бар бір немесе екі трансформаторлары бар 100,630 кВ • А трансформаторлармен жабдықталған жабық қосалқы станциялар пайдаланылады.

16.3-суретте бір трансформаторы бар бір сызықты схемасы көрсетілген,



ол құрылыс алаңының объектілерін электрмен қамтамасыз ету үшін пайдаланылады. Оның кірісінде «жұлдыз» арқылы қосылған трансформатордың үш фазалы жоғары вольтты орамасы ЭТЖ қосылатын жабық контакт пен сақтандырғыш бар. Трансформатордағы жүктеме трансформатордың қосалқы схемасынан ажыратылған кезде шешіледі. Бұл орамның бейтарабы жерге тұйықталған.

16.3-сурет. Бір трансформаторы бар бір сызықты ТП схемасы

Құрылыс алаңының электр жабдықтары кіріс құрылғылары (қуат қораптар) арқылы қосылады. Трансформаторлық қосалқы станцияның автобустарына қуат коэффициентін арттыру үшін қызмет көрсететін конденсаторлардан тұратын компенсаторлық құрылғыны (КК) қосуға болады.

Ауылдық жерлерде 400 кВА біртұтас трансформаторы бар қосалқы станциялар көбінесе ағаш немесе бетон конструкцияларында орнатылады. Құрылыс тығыздығы төмен қалаларда жеке қосалқы станциялар кеңінен қолданылады. Құрылыстың жоғары тығыздығы жоғары қалаларда екі трансформаторлық қосалқы станциялар пайдаланылады. Қосалқы станцияның құрылысы темірбетон мен кірпіштен жасалған.

6-10 кВ кернеуі бар өндірістік желілерде оларды электр қабылдағыштарға жақындату үшін ішкі, кіріктірілген ғимараттарды немесе қосалқы станцияларды пайдалану ұсынылады. Ішкі және қосалқы қосалқы станциялар, әдетте, дүкеннің ұзын жақтарының бірінде орналасқан, жақсырақ қуат көзіне жақын немесе дүкеннің кішігірім ені - екі жақтың бойында орналасқан.

6.10 кВ кернеумен тарататын қосалқы станцияларды өндірістік ғимараттарға қосуға немесе салуға және ТП-ны олардың жүктемесінің ортасынан айтарлықтай өзгеруіне әкелмейтін барлық жағдайларда жақын трансформаторлық қосалқы станциялармен біріктіру ұсынылады. КП орналасуын таңдау, ең алдымен, 1 кВ-тан жоғары кернеуі бар немесе электр трансформаторлары бар электр пешінің болуымен анықталады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Трансформаторлық қосалқы станциялардың мақсаты қандай?
2. Электрлік қосалқы станциялардың түрлерін көрсетіңіз.
3. Қосалқы станцияларды қалай орналастырады және трансформаторлардың санын қалай анықтайды?
4. Қалалық желілерде қандай электрлік қосалқы станциялар пайдаланылады?
5. Трансформаторлар қуатын қалай анықтайды?

ҚҰРЫЛЫС АЛАҒЫН ЭЛЕКТР ЖАРЫҚТАНДЫРУ

17.1. ЭЛЕКТР ЖАРЫҚТАНДЫРУ КӨЗДЕРІ

Қазіргі уақытта құрылыстарды электрлік жарықтандыруы үшін қыздыру шамдары және төмен қысымды және жоғары қысымды разряд шамдары қолданылады.

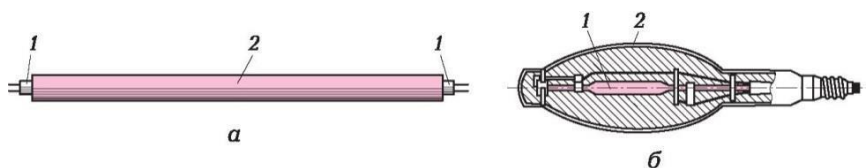
Қыздыру шамдарын пайдалану принципі жоғары температураларға дейін қыздырылған қатты бөлшектердің жарық шығарылымына негізделген.

Шығарылатын қыздыру шамдарының номиналды кернеуі 220, 127, 36 және 12 В және қуаты 15-1000 Вт.

Қыздыру шамдары келесі артықшылықтарға ие: төмен баға, қарапайымдылық, жылдам тұтану, айнымалы және тұрақты ток желісіне қосылу мүмкіндігі.

Шамдардың негізгі кемшіліктері: төмен ПӘК (2-4%), төмен жарық шығару (10.20 лм/Вт), қысқа қызмет ету мерзімі (1000 сағат кем), сәулелену спектрі күн спектрінен ерекшеленеді.

Мұндай шамдардың тиімділігіне қарамастан, олардың дизайнын қарапайымдылығы, арзан құны мен пайдаланудың қарапайымдылығы арқасында олар тұрғын үйлерді, өнеркәсіптік және қоғамдық ғимараттардың қосалқы үй-жайларын, сондай-ақ сыртқы жарықтандыру үшін кеңінен қолданылады.



17.1-сурет. Газразрядты шамдар:

a — люминесцентті: 1 — цоколь; 2 — түтік; *б* — сынапты: 1 — мырыш шыныдан жасалған тұтқыш; 2 — шам баллоны

Қыздыру шамдардың негізгі сипаттамалары номиналды кернеу, электр қуаты, жарық ағыны, жарық шығару және жанудың орташа ұзақтығы болып табылады.

Жарқыраған шамдардың тиімділігі төмен жылу сәулелену принципіне емес, сонымен қатар заттың бөлінуінен тұратын люминесценттік құбылысқа негізделген үнемді жарық көздерін құруға себеп болды. Газразрядты шамдарда (17.1-сурет) электр тоғының әсерінен газдар немесе металл буларының сәулеленуі - лампаның электродтары арасындағы иондар мен электрондардың қозғалысы қолданылады. Газразрядты шамдары арнайы әске қосуды реттейтін аппаратураны қажет етеді.

Люминесцентті шамдар көбінесе 220 В кернеуге шығарылады. Шамдардың қуаты 15 ... 150 Вт, жарық шығару 40 ... 50 лм/Вт құрайды. Шамдардың ең таралған модификациялары: ЛД және ЛДЦ — күндізгі дарық шамдары (өте дәл түс жеткізу), ЛБ — ақ жарық шамдары (үнемдірек).

Люминесцентті шамдар электр және жарық сипаттамасымен сипатталады: қуат, жарық шығару, жану ұзақтығы, кернеу ауытқуының әсері, қоршаған ортаның температурасының әсері, жарық ағынының лүпілдеуі.

Қыздыру шамдарының газразрядты шамдардың алдындағы артықшылығы жоғары ПӘК (6,9%), үлкен жарық шығаруы (40...120 лм/Вт), ұзақ қызмет ету мерзімі (1000 сағат), сәулелену спектрі күн спектріне жақын. Газразрядты шамдардың кемшіліктері: қымбат іске қосуды реттеу аппаратураның қажеттілігі, айнымалы ток желісінен жұмыс істеу, төмен температураларда тұрақсыз жұмыс (төмен қысымды шамдар үшін), төмен қуат коэффициенті $\cos \phi$ (0.5), стробоскопиялық әсер.

Осы кемшіліктердің кейбірі қосымша құрылғыны енгізу арқылы жойылады, бұл өз кезегінде орнатудың өзіндік құнын ұлғайтады (мысалы, тұрақты ток желісіндегі тұрақты айнымалы ток түрлендіргіштерін пайдалану, $\cos \phi$ ұлғайтатын конденсаторларды пайдалану қажет).

17.2. ЖАРЫҚШАМДАР

Жарық көздері (шамдар) жарық құрылғылары бар, жеңіл құрылғылар деп аталатын қысқа ауқымды және ұзақ мерзімді құрылғыларға бөлінеді.

Жарықшам деп жақын орналасқан объектілерді жарықтандыру мақсатында жарық ағынын қайта бөлу үшін көзден және арматурадан тұратын жарықтандыру құрылғысын айтады.

Қашықтағы объектілерді жарықтандыруға арналған жарықтандырғыш аспап *прожектор* деп аталады.

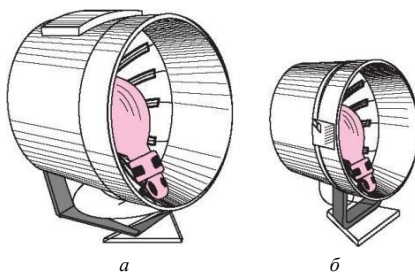
Жарықтандыру арматурасы төмендегі функцияларды орындайтын жарықшамдар кеңінен қолданылады: жарық көзі шығаратын жарық ағынын оңтайлы түрде таратады; бақылаушының көзін механикалық бүлінуден және ластанудан қорғайды; жарық көзін бекіту және электр тоғының соғу үшін құрылыс ретінде қызмет етеді.

Жарықшамдарды көптеген ерекшеліктер бойынша жіктеуге болады: жарық ағынын кеңістікте тарату, жарық күшінің қисық пішіні, қоршаған ортаны қорғаудың түрі, мақсатты міндеті (жалпы және жергілікті, ішкі және сыртқы жарықтандыру), орнату әдісі (аспалы, төбелі, үстелді) бойынша және т.б.

Әрбір прожектордың негізгі бөліктері: металл корпусында орналасқан жарық көзі және оптикалық құрылғы. Оларды механикалық зақымданудан, ластанудан және сыртқы ортаның әсерінен қорғау үшін, метал корпус алдыңғы жағынан тұтас шынымен жабылады.

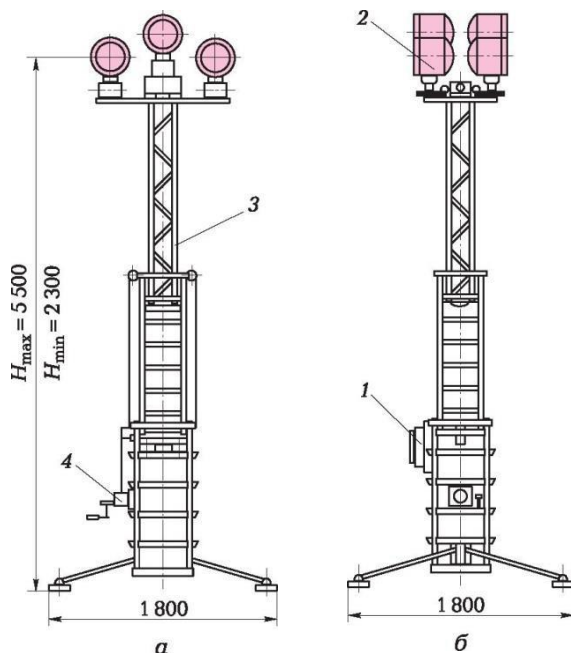
Жарықтандыру технологиясындағы ең көп таралған жарықтандырғыш шамдар ПВС сериясын тастайды (айнымалы күміс параболикалық рефлекторлармен жарықтандырғыш шамдар). Олардың жұмыс принципі жарық көзі шығаратын жарық ағыны оптикалық құрылғы көмегімен қайта бөлініп, бағытталған жарық шоғына шоғырланады. Осы арқылы қайнар көздің кішкентай қуаты кезінде бұл бағытта жарықтың үлкен күшіне жетеді.

Құрылыс аумағын жарықтандыру үшін құйылма жарық прожекторлары қолданылады, мысалы, ПЗС-45, ПЗС-35 және т.б. (17.2-сурет)



17.2-сурет. Құйылма жарық прожекторлары:

a — ПЗС-45 типті 1 000 Вт шамы бар; *б* — ПЗС-35 типті 500 Вт шамы



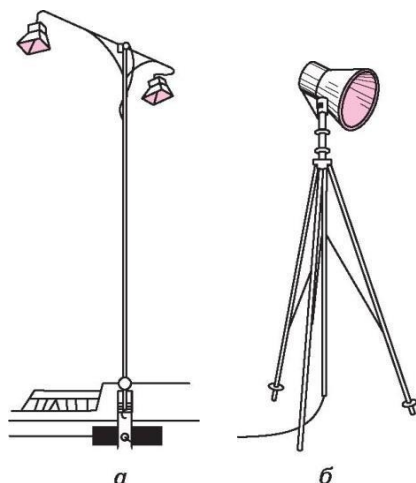
17.3-сурет. ТРМ-6 типті инвентарлық телескопиялық прожекторлық дiңгек:
а — алдыңғы көрініс; *б* — бүйір көрініс; 1 — таратқыш қалқан; 2 — прожекторлар;
 3 — металлоконструкция; 4 — қолмен басқарылатын жүк арба сондай-ақ жарықшамдар.

Пржекторларда қыздыру шамдары немесе ДРЛ, СПО-200, СППР-125 және басқа жарықшамдарда - қыздыру шамдары, СВР-250 жарықшамдарында ДРЛ шамдары қолданылады.

Пржекторлар 3-4 және одан да көп топтарда орнатылады. Олардың биіктігі жарық қарқындылығына және жарық шамдарының күшіне байланысты. Пржектордың жарық күші неғұрлым көп болса, соғұрлым оны жоғары орнату керек. Бұл ретте пржектордың оптикалық осі көлденең дерлік орнатылады - горизонталь бойымен 8.15° бұрышпен. Инвентарлық телескопиялық пржекторлық дiңгектерді пайдаланған жөн (17.3-сурет). Пржектордың дiңгектері арасындағы қашықтық 80 м бастап 250 м дейін таңдалады.

Жұмыс орындарын қосымша жарықтандыру үшін жарықшамдары бар инвентарлық жылжымалы бағандар (17.4-сурет) немесе аз қуатты пржекторлар (200 Вт шаммен) қолданылады.

Ғимараттардың, ескерткіштердің және әртүрлі архитектуралық ғимараттардың қасбеттерін жарықтандыру үшін индустрия ПФО-ның бірқатар жарықтандырғыш тақталарын шығарады.

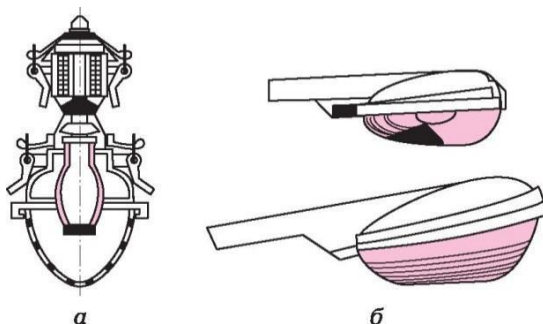


17.4-сурет. Шамдары бар инвентарлық жылжымалы бағандар:

a — кірпіш салу жұмыстарын жарықтандыруға арналған екі шамы бар ИПСК-2 типті телескопиялық баған; *б* — жұмыс аймақтарын жергілікті жарықтандыруға арналған ПТС-2 типті баған.

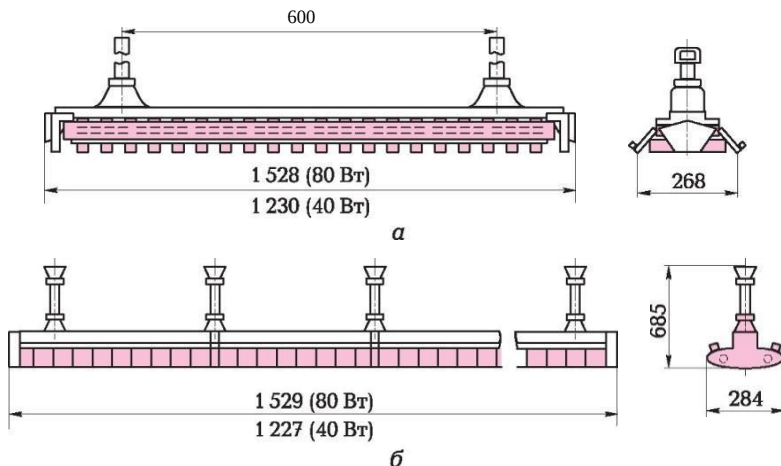
Шашыратқыштан басқа бұл прожекторларда бұрышты әртүрлі бағытта өзгертуге мүмкіндік береді.

Құрылыс аумағының жекелеген алаңдарын жарықтандыру үшін ДРЛ типті үнемді сынап шамдары бар жарықшамдар қолданылады (17.5-сурет).



17.5-сурет. ДРЛ типті сынап шамдары бар жарықшамдар:

a — аспалы типті; *б* — консольдік типті



17.6-сурет. Люминесценттік шамдары бар жарықшамдар:

a — ОДР және ОДОР типті 40 немесе 80 Вт екі шамы бар; *б* — ШЛД типті 40 немесе 80 Вт екі шамы бар

Салынып жатқан корпусты, бетон араластыру бөлімшелерін және басқа өндірістік үй-жайларды жарықтандыру үшін ППР, НСПО-9 типті шаңнан қорғайтын шұғылалы шамдарды қорғау торымен және қыздыру шамымен бірге пайдалану ұсынылады. Жылыту бөлмелерінде ПВЛМ (ішінара шаңға төзімді) және ПВЛП (шаңнан қорғайтын) флуоресцентті лампалар қолданылады.

Тұрмыстық үй-жайларды жарықтандыру үшін төбелік плафондар, «шар-аспа» (НСО) немесе ПВЛМ люминесценттік шамдарды пайдаланады.

Құрылыстың өндірістік кәсіпорындарын жалпы жарықтандыру не қыздыру шамдарымен, не люминесцентті шамдармен жүргізіледі (17.2, 17.6-суретті қараңыз).

17.3. ЭЛЕКТР ЖАРЫҚТАНДЫРУ СХЕМАЛАРЫ

ЭОЕ сәйкес жалпы жарықтандыру жарықшамдарын қоректендіру үшін 220 В аспайтын кернеу керек. Жарықтандырғыш тарату қалқанын қоректендіру айнымалы тоқтың үш фазалы жүйесі арқылы жүргізіледі. Коммутациялық және қорғаныс аппараттары орнатылған қалқанда электр қуаты үш бір фазалы жүйеге бөлінеді.

Мұндай жағдайларда көбінесе «бейтарапты жұлдыз» қосылысы қолданылады. Оның артықшылығы 380/220 В кернеуін қолдану мүмкіндігі болып табылады. Жарықты жүктеу үшін бейтарап өткізгіш қажет. Жарықшамдар жүктеме симметриялы түрде жақынырақ орналасатындай етіп қосылған.

Жарықтандыру қондырғыларында жалпы және құрама электрлік жарықтандыру жүйесі қолданылады. Біріншісі жұмыс орындарында және өтпелерде қалыпты жарықтандыруды қамтамасыз етуге арналған. Құрама электрлік жарықтандыру жүйесінде жалпы электрлік жарықтандырудан басқа, қажет етілетін жұмыс орындарында қажетті жоғары жарықтандыруды қамтамасыз ететін жергілікті жарықтандыру бар. Бір электр жарықтандыруды пайдалануға жол берілмейді.

Жалпы жарықтандыру үшін бейтараптандырылған бейтараптамасы бар 380/220 В айнымалы кернеуді және оқшауланған бейтарапты 220 В-ды қолдануға рұқсат етіледі.

Жергілікті стационарлық жарықтандыру шамдары үшін жоғары қауіпті бөлмелері бар қыздыру шамдары бар кернеу 220 В жоғары болмауы тиіс; қауіптілігі жоғары бөлмелерде - 40 немесе 50 Вт.

Жоғары қауіптілігі жоғары үй-жайларда жылжымалы қол жарықшамдары үшін кернеу 42 В аспайтын кернеу қолданылуы керек.

Әсіресе қолайсыз жағдайларда, тоқ соғу қаупі күшейе түскен кезде, оператордың қолайсыз жағдайы, жерге тұйықталған металл беттермен байланыста болғанда, қол шамдарына 12 В артық емес кернеу пайдаланылуы тиіс.

Жарықтандыру қондырғылары, әдетте, 380/220 В трансформаторларының күші мен жарықтандыру қабылдағыштары үшін ортақ пайдаланылады.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың желісінде тәуелсіз жарық беру трансформаторларын қолдану саласы қуат жүктемесінің сипаты (қуатты дәнекерлеу машиналары, сығымдалған цилиндрлік роторлы жоғары қуатты электр қозғалтқыштарын жиі іске қосу) электр қуатымен жабдықталған лампалар үшін кернеудің қажетті сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейтін жағдайлармен шектеледі.

Егер қуат қабылдағыштары жерге тұйықталған бейтараптылығы бар 660/380 В желіден қуат алатын болса, онда 380 В есептелген шамдар (газ разрядты шамдар) бір желіге қосылуы мүмкін.

Барлық басқа жарықтандырғыштар 660/380-220 В кернеуі бар аралық трансформаторлармен жұмыс істейді.

Жарықтандыру желілерін электр желілерімен біріктіруге болады.

Жалпы жарықтандыру екі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін: жарықтандырылған үй-жайдың төбесі астына шамдарды біркелкі және біркелкі емес орналастыру. Біркелкі орналастыру кезінде бөлменің бүкіл аумағында біртекті немесе біркелкі жарықтандыру жасалады. Осындай жарықтандыру өнеркәсіптік үй-жайларда технологиялық жабдықтың бүкіл аумаққа бірдей орналастырылған кезде, жұмыс жағдайлары бірдей немесе қоғамдық немесе әкімшілік ғимараттарда біркелкі жарықтандыруды қамтамасыз ету қажет болғанда қолданылады.

Егер бөлмеде жарықтандырудың әртүрлі деңгейлері талап етілетін жұмыс беттері болса, онда жарықшамдар жұмыс беттерінің немесе өндірістік жабдықтардың орналасуына қарай орналасады. Оқшауланған жарықтандыруды пайдалану біркелкі жарықтандырумен салыстырғанда жарықтандыру жүйесінің қуатын азайтады. Бірақ оқшауланған жарықтандырудың елеулі кемшілігі бар - ол көз көру аймағында жарықтықтың біркелкі таралмауын қамтамасыз етеді.

Біріктірілген жарықтандыру жүйесі орнатылған электр қуатын және электр энергиясын тұтынуды азайтады (жергілікті жарық шамдары тек жұмыс орындарындағы жұмыс уақытында ғана қосылады). Құрама жарықтандырудың артықшылықтарына қарамастан, оның құрылысына арналған күрделі шығындар жалпы жарықтандыру құрылғысынан үлкен. Бұл әрбір жұмыс орнында жергілікті жарықтандыру қондырғысы үшін бекітілген кронштейнге және қауіпті төмен трансформаторлары бар бөлмелерге орнату қажеттілігіне байланысты.

Архитектуралық-көркемдік безендіруге қойылатын талаптарға сай бөлмелердің жарықтандыру жүйесі сәулетшімен бірге таңдалады.

17.4. ЖАРЫҚТАНДЫРУ ТҮРЛЕРІ

Электр жарықтандырудың мынадай түрлері болуы мүмкін: жұмыс, апатты (жұмысты жалғастыру үшін және эвакуациялық), күзетуші және сигналды.

ЖҰМЫС ЖАРЫҚТАНДЫРУЫ барлық бөлмелерде жұмыс жасайды және стандарттарға сәйкес қажетті жарықтандыруды жасайды, осылайша номиналды жұмыс үшін қажетті жұмыс жағдайларын қамтамасыз етеді .

Жұмыс жарықтандыру өшірілген кезде, жарықтандыруды азайтқан жағдайда апаттық жарықтандыру (жұмысын жалғастыру үшін апаттық жарықтандыру) кейбір бөлмелерде жұмысын жалғастыруға, ал басқаларында адамдардың үй-жайлардан қауіпсіз (авариялық эвакуациялық жарықтандыру) шығуына мүмкіндік беру керек.

ЖҰМЫСТЫ ЖАЛҒАСТЫРУҒА АРНАЛҒАН АПАТТЫҚ ЖАРЫҚТАНДЫРУ жарықтың болмауы жарылысқа, өртке немесе технологиялық процесте ұзақ уақыт бұзылуға әкеліп соғуы мүмкін ғимараттардың ішкі және сыртқы аумақтарында апаттық жарықтандыру қамтамасыз етіледі, бұл адамдардың үлкен концентрацияларында жарақат алу қаупін тудырады.. Жұмыс беттерінің ең аз рұқсат етілген жарықтандыруы жұмыс жарықтандыру үшін нормаланған жарықтандырудың кемінде 5% құрауы керек (бірақ кемінде 2 лк).

АПАТТЫҚ ЭВАКУАЦИЯЛЫҚ ЖАРЫҚТАНДЫРУ жұмыстарды жалғастыру үшін авариялық жарықтандыруға қарағанда әлдеқайда көп бөлмелерде қолданылады. Ол басты өткелдер мен баспалдақтарды кемінде 0,5 лк жарықтандыруды қамтамасыз етуі керек. Апаттық жарықтандыру үшін ДРЛ, ДРИ және ксенон шамдарын пайдалануға тыйым салынады.

Апаттық жарықтандыру құрылғылары бөлек сызықтармен тәуелсіз қуат көзіне қосылады немесе жұмыс істемейтін жарық бірден сөнген кезде автоматты түрде қосылады. Бұдан басқа, олар типтің, өлшемдердің немесе арнайы белгілердің жұмыс шамдарынан ерекшеленуі тиіс.

КҮЗЕТТІ ЖАРЫҚТАНДЫРУ өндірісті және басқа ғимараттарды, құрылыс алаңдарын, ашық қоймаларды, теміржол көпірлерін, туннельдерді және басқа да объектілерді сенімді қорғауды қамтамасыз ететін жарықтандыруды жасауға арналған. Осындай жарықтандыру қорғалатын аумақтың шекарасы бойымен орнатылып, жер деңгейінде кемінде 0,5 лк жарықтандыруды қамтамасыз етуі тиіс.

Күзет тұрақты бекеттерден (мұнаралардан) қадағалау жүзеге асырған жағдайда негізінен жарықшамдар мен прожекторлар пайдаланылады. ПЗС-25, ПЗС-35 прожекторлары және одан сирек — ПЗС-45 прожекторы қолданылады.

Құрылыс аумақтарын күзетті жарықтандырудың типтік шешімдерінің бірі аталған типтегі прожекторларды биіктігі 6 ...7 м, иілу бұрышы 4° әрбір 70 м сайын орнату.

Құрылыс алаңындағы *СИГНАЛДЫ ЖАРЫҚТАНДЫРУ* қауіпті жұмыс аймағын көрсету үшін (мысалы, мұнаралы кранның жұмыс аймағы)

немесе құрылыстың қауіпті аймағын көрсету үшін (мысалы, қазандық іргетасына ашылған) арналған.

Жарықшамдар қауіпті аймақтың сигналдық күзетіне орналастырылады және төмен вольтты жарық көздеріне ие болуы керек (36 В).

Сигналды жарықтандыру (жарық бағыттаушы шамдар) ұшақтардың ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін - биік ғимараттарда (16 қабат және одан жоғары), биіктігі 50 метр және одан жоғары прожектор діңгектерінде, теледидар мұнараларында және т.б. орнатылуы керек.

Аталған обьектілердің жоғарғы алаңдарында кернеуі 100 Вт-тан кем емес қызыл қалпақшалар мен шамдар бар төрт жарықшамды орнату ұсынылады (мысалы, РН-100 қызыл түстері бар шамдар) .

Сигналды шамдар күн батқаннан кейін және күннің алдында жұмыс істеу керек, сондай-ақ көру қабілетінің нашарлығында (мысалы, тұман, қар жауып, т.б.) іске қосылуы керек.

Жарықтандыруды басқару тәсілі бойынша бөлінеді:

- жергілікті басқару - басқару құрылғыларын орнату орнынан;
- қашықтан басқару - басқару құрылғыларының орнату алаңдарынан қашықтан бір немесе бірнеше нүктеден;
- автоматты басқару.

Басқару құрылғылары, ажыратқыштар, қосқыштар, коммутациялық ажыратқыштар, ажыратқыштар, ажыратқыштар және магниттік қосқыштар пайдаланылады. Электр жарығын басқару жүйесін таңдау басқару әдісі мен түріне, сондай-ақ жарықтандыру жүйесінің қуатына байланысты.

Электр жарығының көзі (қыздыру шамдары, люминесцентті шам) - бір фазалы электр қабылдағыш, оны басқару үшін бір полюсті аппарат жеткілікті. Алайда, жеке жарықшамды жеке бақылауды қоғамдық ғимараттардың жарықтандыру қондырғылары үшін пайдалануға болмайды. Мұнда жалпы шамалы шамдардың барлық топтарын бір мезгілде қосу және шамдардың әр түрлі комбинацияларында қажеттілігі бар.

Осылайша, қоғамдық ғимараттардың топтық жарықтандыру желісі тек бір фазалық емес, сонымен қатар үш фазалы және басқару құрылғылары - тек бір полюсті ғана емес, көп полярлы да болуы мүмкін.

Электр жарықтандыруды басқаруға арналған әртүрлі ажыратқыштар, ауыстырып қосқыштар және коммутациялық ажыратқыштар кең қолданыс табады.

Қашықтан басқару магниттік стартерлердің көмегімен жүзеге асырылады және үлкен шамдармен және үлкен жарық электр жарығымен (конференц-залдар, спорт залдары, үлкен дүкендердің сауда алаңдары және т.б.) үлкен бөлмелерді жарықтандыру үшін қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қыздыру шамдарының негізгі кемшіліктерін атаңыз.
2. Газразрядты шамдардың негізгі артықшылықтарын атаңыз.
3. Жарықшам және прожектор деген не?
4. Электр жарықтандырудың түрлері қандай?
5. Электр жарықтандырудың қандай сызбалары бар?

ҚҰРЫЛЫС АЛАҢЫНДАҒЫ ЭЛЕКТР ТЕХНОЛОГИЯСЫ

18.1.

ЭЛЕКТР ИМЕКТЕП ДӘНЕКЕРЛЕУ

Дәнекерлеу деп материалдың үздіксіздігін қамтамасыз ететін бөлшектердің интегралдық қосылысын алу тәсілін айтады. Доғалы, түйіспелі, плазмалық-доғалы және электрондық-сәулелік дәнекерлеу болып бөлінеді. Дәнекерлеудің ең жиі кездесетін түрлерін қарастырамыз - доғалы мен түйіспелі.

Электр имектеп дәнекерлеуде электр доғаның жоғары температурасы пайдаланылады. Бұл газдар электродтар арасындағы алшақтықта иондалған кезде пайда болады. Доғаның жануы үшін электродтар арасында электродтардың материалына, араларындағы қашықтыққа, аралықтағы газдың түрі мен қысымына, тоқ шамасына тәуелді белгілі бір кернеу мәнін U_0 ұстау қажет. Доғаның тұрақты жану шарты мына қатынас болып табылады

$$\frac{U_a}{\Delta I} < \frac{\Delta U_c}{\Delta I},$$

мұндағы u_n — электр көздің кернеуі; I — тоқ күші.

Ауа атмосферасындағы ашық доғаның құлдырауы (жұмсақ) сипаттамасы бар. Сондықтан, қайнар көздің сыртқы сипаттамасы да тік құлайтын болу керек. Бұл ретте доғаның тұрақты жануы және мүмкін кернеу ауытқулары u_n кезінде электр дәнекерлеу тоқының салыстырмалы тұрақтылығы қамтамасыз етіледі.

Электр доғаның дәнекерлеуіне арналған қоректендіру көздерінде қарапайым доғаның басталуы үшін бос кернеу жеткілікті, бірақ ол 50 ... 600 В аспауы керек (қауіпсіздік мақсатында); қайнар көз қысқа тұйықталу тоғы $I_{кз}$ шыдайды, және де $I_{кз} < 1,5I_n$, мұндағы I_n — номиналды ток; сыртқы сипаттамасы — тік құлайтын; тоқ реттеу қондырғылары қарастырылған; қайталап тұтандырған жағдайда доғаның жылдам қалпына келуі қамтамасыз етіледі;

дәнекерлік доғалық схемада ағынды тегістеу және жұмсақ сипаттамаға ие индуктивтілік бар.

Доғалық электр дәнекерлеуде тұрақты ток және айнымалы ток пайдаланылады. Тұрақты ток кезінде доғаның тұрақты жануы, сапасы жоғары тігіс қамтамасыз етіледі. Көздер әдетте дәнекерлеу түрлендіргіштеріне, дәнекерлеу қондырғыларына және түзеткіштерге бөлінеді.

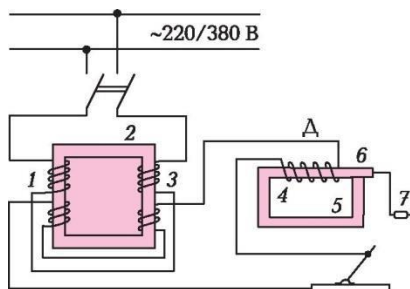
Генератор біріктірілген іштен жану қозғалтқышы арқылы айналдырылып, стационарлық қуат көзінен тәуелсіз. Дәнекерлеу тізбегіндегі ток күші реостаттың көмегімен қозу орамасындағы токпен реттеледі. Кейбір дәнекерлеу генераторларында ток қылшақтардың генератордың электрлік бейтарапына қатысты ығысуы арқылы реттеледі, бұл зәкір реакциясының магнитсизденуіне әсер етеді. Зәкір айналу бағытымен қылшақтардың ығысуы токты азайтады.

Қазіргі уақытта айнымалы ток дәнекерлеуі өте танымал болды, себебі ол көздің төмен шығындарымен, дәнекерленген бұйымдардың бірлігіне электр энергиясын аз тұтынуымен, электр жабдықтарының сенімділігімен және пайдалану шығындарын төмендетумен қатар дәнекерленген жоғары сапалы дөңгелекті қамтамасыз етеді.

Айнымалы токтағы электр дәнекерлеу доғасы 220 және 380 В бастапқы кернеумен дәнекерлеу трансформаторлары арқылы жүзеге асырылады.

Трансформаторлар құрылымының үш түрі бар: қалыпты магниттік шашыратқышы бар трансформаторлар, қозғалмалы катушкалары бар трансформаторлар, магниттік шунттары бар трансформаторлар. Айнымалы токта дәнекерлеуге арналған жабдықтар әлдеқайда қарапайым, оңай, арзан және сенімдірек.

Айнымалы токта бөлек дроссельмен дәнекерлеу трансформаторының схемасы 18.1-суретте көрсетілген,



18.1-сурет. Айнымалы токта бөлек дросселі бар дәнекерлеу трансформаторының схемасы:

1, 3 — сәйкесінше бастапқы және қосалқы орамдар; 2 — өзек; 4 — дроссель орамы; 5, 6 — сәйкесінше өзектің жылжымайтын және жылжымалы бөліктері; 7 — бұрандалы қосылыс.

қуаты 380 немесе 220 В кернеуі бар бір фазалы айнымалы ток желісінен, қайталама тізбектің индуктивтілігінің өзгеруінен және сәйкесінше, ток реттеуін дроссельдің (Д) магниттік схемасындағы ауа аралықты өзгерту арқылы қол жеткізіледі. Дәнекерлеу трансформаторлары мен Д реттеушінің бір өзектегі комбинациялары бар.

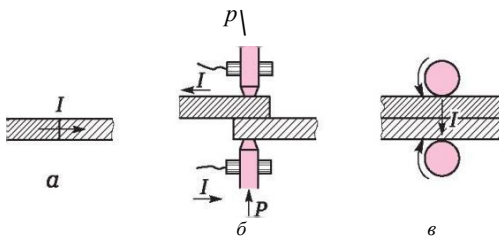
Егер қажетті сымдық ток беріктігі көздің мүмкіндігінен асып кетсе, қатарлас қосылған генераторларды немесе параллель қосылған трансформаторларды пайдалануға болады. Бұл жағдайда олардың бір-бірімен байланысын қамтамасыз ету үшін қысқыштардың таңбалануына назар аудару керек. Екінші жағынан, бір жеткілікті қуатты көзден кейбір жағдайларда бірнеше электр дәнекерлеу станцияларын пайдалануға болады.

Көршілес посттардың бір-біріне әсерін болдырмау үшін, осы жағдайда көзі қатаң сыртқы сипаттамаға ие болуы керек және әрбір постта арнайы балластты реттеу қарсылығы болады.

18.2. ТҮЙІСПЕЛІ ПІСІРУ (ДӘНЕКЕРЛЕУ)

Түйіспелі дәнекерлеу құрылыс индустриясының кәсіпорындарында кеңінен қолданылады. Ол түйіскен, нүктелі және роликті болуы мүмкін (18.2-сурет). Нүктелі және дәнекерлеу (тігісті) дәнекерлеу қуатты бірполярлы ток импульстерінің көмегімен байланыс машиналары арқылы жүргізіледі.

Дәнекерленетін бөлшектер түйіспелі машинаның электродтары арасында тығыз қысылыпады да, ток қосылады. Дәнекерленетін бөлшектер жанасқан жерде тоқтан бөлінетін, кедрегі ең үлкен жерде шығарылатын ток есебінен қызады. Өте жоғары тоқтарда жылу бөліну қарқындылығы соншалықты жоғары, тіпті жанасқан жердегі температура



18.2-сурет. Түйіспелі дәнекерлеу:

a — түйіскен; b — нүктелі; c — роликті

жақын жатқан металл қабаттарынан едәуір жоғары, бұл оның жергілікті балкуына әкеледі. Осындай қызған соң, бөлшектерді қысса және бір мезгілде тізбекті ажыратса, онда олар контактінің барлық ауданы бойынша дәнекерленеді.

Түйіспелі дәнекерлеу қондырғыларына түйіскен, нүктелі және роликті дәнекерлеу құрылғылары кіреді. Түйіспелі дәнекерлеуге арналған аппараттардың ең үлкен қуаты 750 кВА жетеді. Осындай аппараттар қимасы 3500 мм² дейін және қалыңдығы 32 мм дейін бөлшектерді дайындамаларды дәнекерлеуге мүмкіндік береді. Жоғары сапалы нүктелі дәнекерлеу нақты амплитудада және тоқ импульсінің ұзақтығында қол жеткізіледі.

Түйіспелі дәнекерлеуі бастапқы кернеуі 220...500 В және қосалқы кернеуі 0,5...36 В болатын арнайы трансформаторлардан қуат алатын аппараттармен жүзеге асырылады. Түйіспелі дәнекерлеу үшін үлкен тоқтар (320 кА дейін) және қысым (5,30 МПа) қажет.

Түйіспелі дәнекерлеу машиналардағы токты реттеу қоректендіргіш трансформатордың бастапқы орамасының тармақтар санын ауыстыру, яғни оның трансформация коэффициентін өзгерту арқылы жүзеге асырылады.

Отандық практикада ең көп қолданылатын дәнекерлеу құрылғылары АСП, МС, МТ, МТП, К, МСО және т.б.

18.3. БЕТОНДЫ ЭЛЕКТР ҚЫЗДЫРУ

Бетонды қыздыру оның қатаюын жылдамдату үшін, сондай-ақ қыс мезгілінде оның қатаюы кезінде рұқсат етілген температура деңгейін ұстап тұру үшін қажет.

Бетонды электротермиялық өндеудің бірнеше әдістері бар.

Электроқыздырудың электродтық әдістері. Электроқыздырудың электродтық әдістеріне электродтыөтпелі және электродты перифериялық әдістер жатады. Электродты өтпелі әдіс кезінде электродтар бетонның қалыңдығына тігінен орналастырылады. Қыздыру электр тоғымен жүзеге асырылады. Бұл әдісті құрама және монолитті іргетастар, қабырғалар, блоктар кезінде қолдану ұсынылады.

Электродты перифериялық әдіс кезінде электродтарды арнайы қалқандардың қалыбына немесе хлорлы натрий (NaCl) ерітіндісіне суланған үгінділердің термобелсенді қабатында бекітіледі.

Бұл әдіс қалыңдығы 20 см астам конструкцияларды бір жақты қыздыру үшін немесе қалыңдығы 20 см дейінгі конструкцияларды екі жақты қыздыру үшін қолданылады.

Индукциялық электроқыздыру. Бұйым оның айналасына салынған электр орамасынан түзілген магниттік өрісіне орналастырылады. Темірбетон бұйымын немесе бұйымды орналастырған темір қалыпты темір нығайтуға индустриалды катушкалардың немесе трансформатордың ядроларына ұқсас болады, мұнда ремонттау және құйынды ағымдар нәтижесінде жылу бөлінеді. Индукциялық электр қыздыру құрама және монолитті конструкцияларды қыздыру үшін қолданылады: бағандар, арқалықтар, рамалар, шөмірлер, құбырлар және т.б.

Электроқыздыру әдістері. Электроқыздырудың келесі әдістері бар:

- күрделі конфигурацияның монолитті құрылымдарын және кептіру кезінде қыздыру шамдарын, құбырлы, сым және басқа қыздырғыштарды пайдаланатын жоғары температуралық жылытқыштармен инфрақызыл қыздыру;
- төмен температуралы жылытқыштар арқылы түтікшелі, тегіс сызықтары мен басқа да жылытқыштармен жанама жылыту, барлық түрдегі өнімдер үшін қолданылатын құюға немесе кілемшелерге орнатылады;
- панельдер мен панельдер өндірісінде пайдаланылатын радиатор типті камераларда инфрақызыл қыздыру.

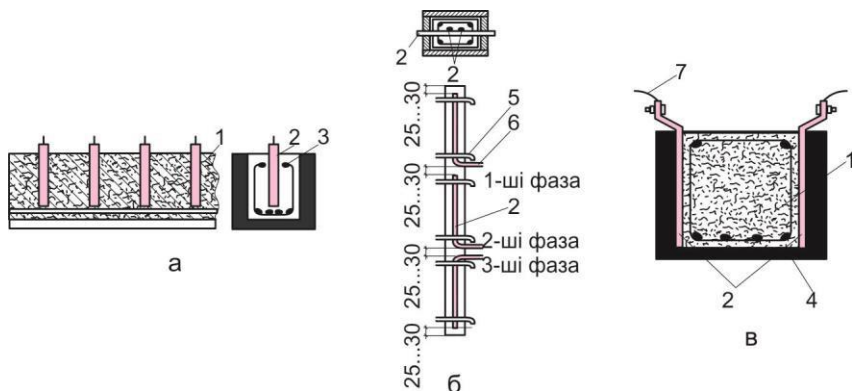
Бетон қоспасын қалыпта электроқыздыру. Қоспаны ыстық күйінде қалыпқа салады. Бұл әдіс монолитті конструкцияларды және зауыттық жағдайларда салуға арналған.

Электродты қыздыру әдістеріне жиі қолданылатын электродтық әдістер қолданылады, онда тек айнымалы ток пайдаланылады, себебі тікелей тоқтоқ бетон құрылымын өзгертетін химиялық реакциялардың қайтымсыздығына әкеледі. Тоқтың жылулық әсері Джоуль—Ленц заңымен көрсетіледі:

$$Q = RI^2t,$$

мұндағы R — бетон кедергісі, ол оның меншікті кедергісіне, электродтың бетонмен жанасу ауданына және электродтар арасындағы қашықтыққа тәуелді.

Бетонның электрлік өткізгіштігі оның ылғалдылығына байланысты, бетонның беріктігін төмендетеді. Есептелген жылуды босату үшін, бетонға әр түрлі қоспалар (CaCl_2 , NaCl) енгізіледі, ол қатайтады және қарсылықты төмендетеді.



18.3-сурет. Бетонды электроқыздырудың электродты әдісі:

а — өзекті электродтардың көмегімен; *б* — ішекті электродтардың көмегімен; *в* — пластинкалы электродтардың көмегімен; 1 — бетон; 2 — электродтар; 3 — арматура; 4 — қалып; 5 — ілмектер; 6 — қоректендіргіш желіге қосуға арналған электродтар шығыстары; 7 — сым

Жылыту кезінде пайдаланылатын электродтар табақ, жолақ, штангаға және жолға бөлінеді (18.3-сурет). Алғашқы екі түрі үшін шатырлы болат, қалғандарына - дөңгелек болат қолданылады. Пластинкалы электродтарта бұйымның қалыңдығы бойымен қарама-қарсы жазықтықтарды толығымен немесе ішінара жабатын тақта түрінде болады. Ішекті электродтарұзын өлшемді конструкциялардың осі бойымен бекітіледі.

Қыста бетонның электрлік жылытуы аса маңызды. Қату кезінде бетонның қатып қалуы оның беріктігін тіпті бетон қатып қалғанға дейінгі қалыптан да артық төмендетеді. Бетон 50 ... 60% беріктікке жеткен соң, қатып қалу оның түпкілікті беріктігін азайтпайды. Осыған орай M_n бетінің модулін, яғни өнім бетінің ауданының көлеміне қатынасын басшылыққа алып, қыздыру режимі таңдалады: массивтік конструкциялар үшін режим 1 ($M_n = 3.7$ м); 2 режимі - ашық конструкциялар үшін ($M_n = 12$ м); 3 режимі - қалған конструкциялар үшін ($M_n = 8,11$ м). Аталғаннан басқа, монолитті және алдын ала құрастырылған құрама конструкциялар үшін пайдаланылатын бірнеше изотермиялық сатылары бар 4 кезеңдік режимі де бар ($M_n = 8.15$ м); 5 режимі — изотермиялық жылыту және салқындату (монолитті конструкциялар үшін ($M_n = 2.7$ м) пайдаланылатын электрлік жылу әдісімен жылыту әдісімен жүзеге асырылғанда); өздігінен реттелетін 6-режимі - тұрақты ток қыздыру кернеумен ($M_n > 8$ м);

импульстік 7-режимі – тоқты көлденең өшірумен. Үрдістің ең жоғары температурасы белгілі бір бетон үшін ең жоғарғы рұқсат етілген температурамен шектеледі (әдетте $40 \dots 80^{\circ}\text{C}$). Электр қыздыру үшін айнымалы трансформация коэффициентіне ие үшфазалы сатылы трансформаторлар ағымды бақылау үшін қолданылады. Үш фазалымен қатар бір фазалы, оның ішінде дәнекерлеуші, үш фазалы топтармен қосылатын трансформаторларды пайдалануға болады. Бұл ретте дәнекерлеу трансформаторлары қысқа мерзімді жұмысқа арналған және олардың жылу кезінде үздіксіз жүктемесі номиналдықтан 60,70% құрауы керек екенін есте ұстаған жөн. Қауіпсіздік техникасы мақсатында трансформаторлардың қосымша кернеуі 100 В -нан аз етіп таңдайды. Қазіргі уақытта қыздыруды автоматтандырылған басқару процестері қолданылады.

18.4. КАБЕЛЬДЕРДІ ЭЛЕКТР ҚЫЗДЫРУ

Кабельдерді суық ауа-райында төсеу кезінде оларды алдын ала қыздыру қажет. Қыздырусыз кабельдерді орнатуға, егер бұл ауа температурасы орнатылуға кіріспес бұрын 24 сағат ішінде осы кабель үшін жол берілетін мәнге дейін азайған жағдайда ғана рұқсат етіледі. Ағып кетпейтін жапсырма сіңірілген қағаз окшаулауы бар кабель үшін рұқсат етілген температурасы - 5°C ; майканифолді құраммен сіңірілген қағаз окшаулауы бар кабель үшін - 0°C ; 1 кВ астам кернеуге есептелген пластмасса кабельдер үшін — 0° ; қорғаушы қабаты бар кернеуі 1 кВ дейін пластмасса кабельдер үшін — 7°C , қорғаушы қабаты жоқ — 15°C , қорғаушы қабаты бар резеңке кабельдер үшін — 7°C , қорғаушы қабаты жоқ металлқаптама үшін — 20°C .

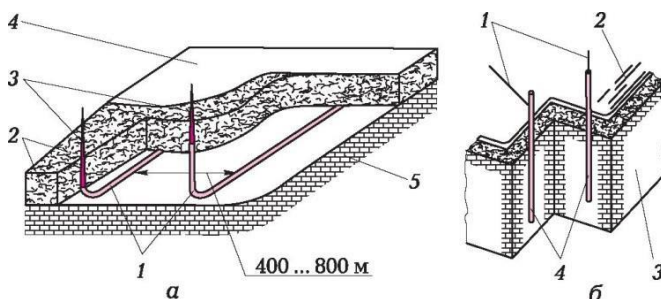
Кабельдерді электр қыздыру қосалқы кернеуі 60...80 В арнайы бір фазалы немесе үш фазалы трансформаторлардың көмегімен жүзеге асырылады. Кабельдің ұштарын кеседі, олардың біреуін тұйықтайды, ал екіншісінің тарамдарын трансформатордың қосалқы орамының қысқыштарына жалғайды. Тоқты ампермермен бақылайды, ол рұқсат етілген мәннен аспауы керек. Кабельдің температурасы окшаулау класына сәйкес рұқсат етілген мәннен аспауы керек (әдетте, ол кедір-бұдырдың бетіне 20°C -қа теңестіріледі), сонымен бірге барлық кабельді төсеу уақытында оң болуы тиіс. $0-10^{\circ}\text{C}$ температура кезінде кабельді салу уақыты 60 мин аспайды, $-10 \dots -19^{\circ}\text{C}$ температурасында - 40 минуттан, -20°C -тан төмен температурада - 30 минуттан аспайды.

18.5. ҚАТЫП ҚАЛҒАН ТОПЫРАҚТЫ ЭЛЕКТРМЕН ЕРІТУ

Электрмен еріту үшін тікелей (мысалы, электродты) және жанама қыздыру әдістері пайдаланылады. Тікелей қыздыру кезінде болат тәріздес түрдегі электродтар жерге қағады (18.4-сурет). Олардың арасындағы қашықтық бірдей болуы керек. Егер кату тереңдігі аз болса (мысалы, 1 м дейін), олар бастапқы электр өткізгіштігін қамтамасыз ететін еріген жерге бітеледі (мұздатылған топырақ тоқ өткізбейді).

Үлкен қатаю тереңдікте электродтар біртіндеп бітеліп, бастапқы электрөткізгіштігі NaCl ерітіндісімен ылғалданған үгінді қабаты арқылы қамтамасыз етіледі. Электродтарды кернеуі 380/220В айнымалы тоқтың үш фазалы желісіне қосады. Терең электрмен еріту үшін, мысалы қадаларды орнатқанда, терең арнайы электродтар қолданылады. Электродты қағумен бірге электрод желге қосылған кезде дұрыс электрөткізгіштігімен қамтамасыз етілген ұңғымаға NaCl ерітіндісі құйылады. Электрмен еріту кезінде ерітіндідегі NaCl концентрациясы топырақтың ылғалдылығы есебінен азаяды, ал ерітіндінің енуіне байланысты топырақтың өткізгіштігі артады.

Жанама қыздырудың ең кең таралған тәсілі - құбырлы электр жылытқыштарын (ТЭН) қолданатын әдіс.



18.4-сурет. Топырақты электрмен қыздыру:

a — горизонталь электродтармен: 1 — электродтар; 2 — тұз ерітіндісіне суланған үгінділер; 3 —электроэнергияны келтіру; 4 — жоғарғы қалыңдату (толь, маты және т.б.); 5 — топырақ; *б* — вертикаль электродтармен: 1 —электроэнергия келтіру; 2 — жылытқышы бар үгінділер; 3 — топырақ; 4 — электродтар.

Құбырлы электр жылытқыштарды тігіссіз болат құбырлардай жасайды, олардың ішіне нихромды сым салады. Түтік пен спиралдың арасындағы кеңістік жылуды жақсы өткізетін магний оксидінің (периклаз) басылған кристалды ұнтағын толтырады.

Алдымен қатып қалған топырақта диаметрі 80 мм болатын бұрғылау тесіктері бұрғыланады, содан кейін олардың ішінде 220 В кернеуі бар ауыспалы тоқ желісіне қосылған қыздырғыш элемент орналастырылады.

Бетін еріту үшін металл экранның астында электр жылытқыштар мен электрлі жылытқыштар қолданылады.

ТЭН түрі болат құбырдан және электр қыздырғыштан тұратын электрлік ине болып табылады.

Түтікті электр жылытқыштар басқа қыздыру қондырғыларына қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие: жылытқыштың беті кернеу астында болмайды, бұл жылытқышты электрлік қауіпсіздігін қамтамасыз етеді; толтырғышқа салынған спираль, жылытқыштың ұштарын жеткілікті тығыздау жағдайда сымның кішігірім диаметрінде айтарлықтай қызмет ету мерзіміне ие. Себебі ол оттегіге қол жетіспейді, толтырғышқа тығыз ораудан туындаған діріл мен шок жүктемелер жағдайында жұмыс сенімді. Кез келген пішіндегі жылытқыштар шығаруға болады. Құрылыстың және пайдаланудың қарапайымдылығы; жоғары ПӨК — 70 % дейін (ашық спиралі бар жылытқыштарда ол 40% аспайды).

Екі әдіс қолданылатын аралас жылытқыштар бар: тікелей және жанама қыздыру.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Дәнекерлеудің ең көп таралған түрлерін атаңыз.
2. Доғалы және түйіспелі дәнекерлеудің мәні неде?
3. Бетонды электротермиялық өндеудің негізгі әдістерін атаңыз.
4. Қатып қалған топырақты қандай әдістерді қолданып ерітуге болады?
5. Кабельдерді электр жылыту үшін қандай трансформаторлар қолданылады?

ЭЛЕКТР ҚАУІПСІЗДІГІ

19.1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Электр тоғы өте қауіпті, оны өңдеу және электрлік қауіпсіздігі бойынша шаралар туралы білу қажет.

Әрбір жұмыскер қауіпсіз кернеу жоқтығын және олардың қандай кернеу астында тұрғаына қарамастан тоқ өткізгіш бөлшектерге тиісуге болмайтынын жақсы білуі керек.

Егер кернеу астында болуы мүмкін жабдықпен (немесе оның жанында) жұмыс істеу қажет болса, жерге тұйықтау, оқшаулау құралдарын қолдану керек.

Адамның біліктілігі тоқтың әрекеттің нәтижелеріне де әсер етеді: кернеу астына түскен жағдайда тәжірибелі электрикке қарағанда электротехникадан алыс адам. Әдетте, қиын жағдайда болады. Бұл жерде мәселе электр тоғына «үйренуде» емес, себебі ешқандай жаттығулар ағзадағы электр тоғына иммунитет әкелмейді. Бірақ тәжірибе кезінде пайда болған қауіптің дәрежесін дұрыс бағалай білуге және тоқтың әсерінен босатудың ұтымды әдістерін қолдануға мүмкіндік береді.

Тоқты ылғалды ауа-райында, әсіресе суда пайдаланған кезде, аса сақ болу керек және электрлік қауіпсіздігі шараларын сақтау керек.

Электр қондырғыларының барлық түрлерінің жұмысы адамдарға белгілі бір қауіп тудырады. Жабдықтың тоқ өткізетін бөліктерінде зақымданудың сыртқы белгілері жоқтығы жағдайды нашарлатады. Бұл Қауіпсіздік ережелерінің талаптарына және электр қондырғыларына қызмет көрсететін персоналдың тиісті біліктілігіне қатаң сәйкестікті талап етеді.

Адамның электр тоғымен зақымдану жағдайларының айтарлықтай саны электр қондырғының тоқ өткізетін бөліктеріне немесе оқшаулау бұзылған кезде кернеу астындағы электрөткізгіштің металл емес өткізгіш бөліктеріне тигенде орын алады. Бұл жағдайда адам денесіндегі тоқ туындайды. Ол адам ағзасындағы ішкі және сыртқы органдарды (жүрек, тыныс алу жүйесі, жүйке жүйесі, тері, бұлшық еттер) зақымдайды.

Электр қондырғылары қысқа тұйықталу жағдайында, сымдардың, кабельдер мен электр қабылдағыштардың шамадан тыс жүктелуі, контакт коннекторларының жылыстауы мен қыздыруы кезінде өрт қаупін тудыруы мүмкін.

ЭЛЕКТРЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ деп электр тоғының, электр доғасының, электромагниттік өрістің және статикалық электр қуатының зиянды және қауіпті әрекеттерінен адамдарды қорғаудың ұйымдастырушылық-техникалық шаралары мен құралдарын айтады.

Өндірістік электр жарақаттанудың зерттеу кезіндегі жарақаттанудың техникалық себептері мынадай: конструкторлық құжаттамадағы ақаулармен, өндірісте, монтаждауда және жөндеуде электр қондырғыларының, қорғау құралдарының және қауіпсіздік талаптарымен және пайдалану шарттарымен жабдықтардың сәйкес келмеуі; қондырғылардағы ақаулар, қорғаныс құралдары және пайдалану кезінде туындаған бейімделулер.

Адам ағзадан өтетін электр тоғы әсер етеді:

- ағзаның жекелеген бөліктерінің күйіп кетуі, организмнің жоғары температурасына дейін қызып кетуі байқалады, бұл олардың маңызды функционалдық бұзылуларын тудырады;
- әртүрлі дене сұйықтарының (су, қан, лимфалар) иондарға ыдырауына әкелетін электролиттік әсер, нәтижесінде олардың физикалық-химиялық құрамы мен қасиеттері бұзылады;
- ағзаның тірі ұлпаларын тітіркендіру және қоздыру, бұлшықеттің ұстамалы қысылуы, сондай-ақ ішкі биологиялық процестердің бұзылуы түрінде көрінетін биологиялық әсер.

Электр тоғының тірі ағзаға әсер етуінің алуан түрлілігі шартты түрде зақымданудың екі негізгі түріне дейін қысқарады:

- ағзаның жергілікті зақымдалуы туындайтын электр жарақаттары;

- электр соққы, ағым тітіркенуді және бұлшық еттердің еріксіз конвульсиялық бұзылыстарымен жүретін қозғауды тудырған кезде. Ең үлкен қауіп электрлік соққылардан туындайды. Жүрек пен тыныс алудың тоқтауынан басқа, өлімнің себебі *электрлік шок* болуы мүмкін - ағзаның қатты электр тоғымен тітіркенуінен ауыр жүйке рефлекторлық реакциясы. Шокты жағдай бірнеше ондаған минуттан тәулікке дейін созылады, содан кейін өлім немесе қарқынды медициналық шаралардың нәтижесінде сауығу мүмкін. Адам электр тоғының соғуына ұшырағанда, негізгі фактор ағымның ағзадан өтетін күші болып табылады.

Электр тоғы адам қосылып тұрған тұйық электр тізбегі пайда болғанда пайда болады. Ом заңына сәйкес, электр тоғы электр тізбегінің кедергісіне бөлінген кернеуге тең.

Осылайша, кернеу неғұрлым көп болса, электр тоғы соғұрлым үлкен және қауіпті болады. Тізбектің кедергісі неғұрлым көп болса, соғұрлым ток аз және адам үшін жарақат алу қаупі төмен.

Электр тізбегінің электр кедергісі схеманы құрайтын барлық бөліктердің (өткізгіштер, еден, аяқ киім және т.б.) кедергісіне тең. Жалпы кедергіге адам ағзасының кедергісі міндетті түрде енеді.

Сонымен қатар, адамның электрлік соққысының нәтижесі ағымдағы әсердің ұзақтығы, оның жиілігі және басқа да факторлармен анықталады. Адам ағзасының кедергісі және оған қолданылатын кернеу шамасы зақымданудың нәтижесіне әсер етеді.

Ағзаның әрекет ету қаупі дененің тірі ұлпаларын тітіркендіреді және бұлшық еттердің еріксіз қысылуына және жалпы қуанышқа себеп болады.

Тірі ағза арқылы өтетін ток неғұрлым көп болса, оған тоқтың теріс әсер ету дәрежесі соғұрлым көп болады. Токтың тірі ағза арқылы өту ұзақтығы зақымдану нәтижесіне айтарлықтай әсер етеді. Ток күшінің ұзақтығы неғұрлым ұзақ болса, соғұрлым өлімге әкелетін жарақаттану ықтималдығы көбірек болады. Бұл тірі ағзаға әсер ету уақытының ұлғаюымен осы токтың әсер ету шамасы да өседі, оның ағзаға әсері соғұрлым бұзғыш болады.

Адам ағзасында белгілі бір электр кедергісі бар, оның шамасы кең ауқымда (500 ... 100000 Ом) өзгереді және көптеген факторларға байланысты: терінің қалыңдығы мен жай-күйі, оның ылғалдылығы, қоршаған ортаның жағдайлары, ағымның ұзақтығы, денсаулық, киім, аяқ киім және т.б.

Тері бүлінген немесе ылғалданған жағдайда бұл кедергі азаяды. Терінің сыртқы мөлдір қабаты ең үлкен кедергісі ие. Дененің басқа бөліктерімен салыстырғанда ең үлкен кедергісі бар мөлдір қабаты бар тері қабаты қарқынды қыздырылады, содан кейін күйеді. Бұл жағдайда кедергінің күрт төмендеуі байқалады, ағзадағы тоқ ішкі ағзалардың термиялық бұзылуына әкеледі.

Дененің әртүрлі бөліктеріндегі терінің төзімділігі әртүрлі болғандықтан, зақымданудың нәтижесі тірі бөлшектермен байланыс орнына байланысты болады.

Адам ағзасының тұрақты тоққа кедергісі кез келген жиілікті айнымалы тоққа қарағанда үлкен. Жиілігі – 20- 100 Гц тоқтар ең қауіпті. Тұрақты тоқ 50 Гц айнымалы тоққа қарағанда шамамен 4-5 есе қауіпсіз.

0,1 А тоқ күші өлімге әкеледі, 0.05 А қауіпті деп саналады.

Электр тоғымен зақымдалу қаупі токтың адамның денесі арқылы өту жолына тәуелді болады. Себебі жол жүрек арқылы өтетін жалпы токтың үлесін анықтайды. Егер токтың өтетін жолында өмірлік маңызды органдар (жүрек, өкпе, ми) болса, жарақат алу қаупі өте жоғары, себебі тоқ бұл органдарға тікелей әсер етеді.

Токтың адам ағзасы арқылы өтетін көптеген жолдары бар, олар түйіндер деп аталады. Ең таралған алты түйін бар: қол-қол, оң қол-аяқтар, сол қол - аяқтар, аяқ-аяқ, бас-аяқтар, бас -қолдар.

Ең қауіптісі бас-қолдар және мен бас-аяқтар, себебі тоқ бас миы мен жұлын арқылы өтуі мүмкін. Бақытымызға орай, бұл түйіндер салыстырмалы түрде сирек кездеседі. Аяқ-аяқ түйіні сатылы кернеу түзеді.

Ең таралған көрсеткіштер: электр күйіктер, олар өз кезегінде түйіспелі (тоқты) және доғалы күйіктер болып бөлінеді; электр белгілері, тері металдануы, механикалық зақымданулар және электроофтальмия (көздің сытқы қабықшаларының қабынуы).

Тоқты күйік адамның тірі бөлшектермен жанасуы нәтижесінде пайда болады және электр энергиясын жылуға түрлендірудің салдары болып табылады.

Бұл күйіктер адамның 1 кВ аспайтын электр қондырғысымен жанасуы кезінде туындайды.

Доғалық күйік жоғары температурасы мен жоғары энергиясы бар электр доғасының денеге әсер ету нәтижесінде пайда болады. Бұл күйік 1 кВ кернеуде пайда болады.

19.2. ЭЛЕКТР ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ МЕН ҚҰРАЛДАРЫ

Адамның электр тоғына түсуіне жол бермеу үшін ең алдымен ток өткізетін бөлшектермен кездейсоқ жанасу мүмкіндігін болдырмау керек. Ол үшін сәйкес қоршаулар орнатады немесе ток өткізетін бөліктерді арнайы құралдарсыз қолжетімсіз биіктікте ұстайды.

Тарату қалқандары, қалқаншалар мен пункттер бет жағында ток өткізетін бөліктері жоқ арнайы бөлмелерге немесе құлыпталатын шкафтарға орналастырылады.

Электр қозғалтқыштарының және басқа да электр қабылдағыштардың, сондай-ақ іске қосу аппараттарының қысқыштары қаптамамен жабылуы керек және оларға қол тигізбеу керек.

Электр қозғалтқыштарды және іске қосу аппараттарын жұмыс істеп тұрған кезінде жөндеуге жол берілмейді. Тұрғын пәтерлерде тоқты қабаттағы қалқаншадан өшірмей, электр сымдарын жөндеу жүргізуге болмайды. Сыртқы қондырғыларда және әуе электр желілері үшін, әртүрлі ғимараттар мен құрылыстарға рұқсат етілген биіктіктер мен жолдардың жалпы өлшемдері сымдарға қол тигізбеуді қамтамасыз етеді. Бұл өлшемдер желінің кернеуіне байланысты және Электротехникалық қондырғыларды салу ережелерінде және Құрылыс нормаларында көрсетілген.

Электрлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін келесі техникалық әдістер мен құралдар жеке-жеке немесе бір-бірімен үйлесімді түрде пайдаланылуы керек: қорғаныс жерге тұйықтау және нөлге келтіру, ықтимал теңестіру, төмен кернеу, желілердің электрлік бөлінуі, қорғанысты өшіру, тірі бөлшектердің оқшаулауы, жерге тұйықталу тоқтарының өтемі, қорғаныс шаралары мен құрылғылары, ескерту сигнализациясы, орталықтану, қауіпсіздік белгілері, қорғаныс құралдары және сақтандырғыш құрылғылар.

Электр қондырғыларының қауіпсіздігінің негізгі шарттарының бірі - барлық бөліктерде оқшаулаудың жоғары сенімділігі.

Пайдалану барысында егер қондырғыны қауіпті немесе ашық ауада болатын бөлмеде оқшаулауды қуат пен жарықтандыру сымдарын оқшаулауды жылына кемінде 2 рет өлшеу керек, ал аса қауіпті үй-жайларда - жылына кемінде 2 рет өлшеу керек.

Құрылыс алаңдарында тікелей пайдаланылатын қондырғыларда оқшаулау кедергісі айына бір рет және әрбір 10 күннен артық жұмыс істемей тұрса, кернеуді қосар алдында әрбір рет өлшенуі керек. Оқшаулама кедергісі мегаометрмен өлшенеді.

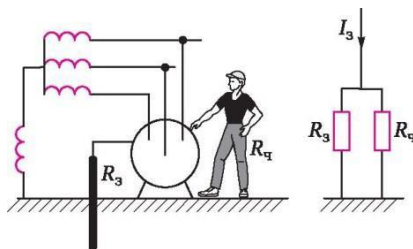
Құрылыс индустриясында электрлі бұрғылар, электр тежегіштер, электроқуатқыштар, электрлі балғалары және басқа да машиналар кеңінен қолданылады. Жылжымалы электр құралының кернеуі қауіптілігі жоғары емес бөлмелерде - 220 В-нан аспауы керек, және қауіпті, әсіресе қауіпті және ашық ауада орналасқан бөлмелерде - 42 В жоғары емес болу керек.

Қорғаныс жерге тұйықтау деп электрлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында кернеу астындағы емес, бірақ оқшаулау тесілу нәтижесінде кернеу астында болуы мүмкін электр қондырғылардың барлық тоқ өткізбейтін металл бөліктерімен әдейі қосылуды айтады.

Қорғаныс жерге тұйықтау – корпусстар мен басқа бөлшектердің жерге тұйықтағышпен қосылуы. Жерге тұйықтағыштар ылғалды жерге салынған құбыр, бұрыштық болат, швеллер, жолақты болат, темір парағы (сондай-ақ темір-бетон конструкциялардың арматурасы, ЭТЖ болат тіреулері және т.б.) болуы мүмкін. Жерге тұйықтау құрылысының өтпелі кедергісі көмір шахталарының жерасты жағдайларында, қауіптілігі жоғары және аса қауіпті үй-жайларда 2 Омнан аспау керек, басқа жағдайларда – 4 Омнан, ЭТЖ тіреулерінде – 10 Омнан аспау керек.

Қосылысты дәнекерлеу арқылы жүргізген дұрыс. Жылжымалы электр қабылдағыштарды электр қондырғыны қоректендіретін кабельдің жерге тұйықтағыш тармағы арқылы жерге тұйықтайды.

Қорғаныс жерге тұйықтаудың әрекет ету принципі – корпуска тию кернеуін жерге тұйықтаудың аз кедергісі есебінен азайту (19.1-сурет).



19.1-сурет. Қорғаныс жерге тұйықтаудың әрекет ету принципі

Жанасу кернеуі адамның денесі арқылы өтетін тоқ күшін I_q , білдіреді. Апаттық жағдайларда бұл кернеу қауіпті болуы мүмкін:

$$I_q = U_{\text{пр}} / R_q,$$

мұндағы $U_{\text{пр}}$ — жанасу кернеуі; R_q — адамның кедергісі.

Жанасу кернеуін азайту үшін тиімді жерге тұйықтауды немесе электр қондырғының нөлденуін қамтамасыз ету керек:

$$U_{\text{пр}} = I_{\text{кз}} R_3,$$

мұндағы $I_{\text{кз}}$ — қысқа тұйықталу тоғы; R_3 — жерге тұйықтау кедергісі.

Жерге тұйықтау кедергісі аз болғанда ($R_3 = 2 \text{ Ом}$) электр аппаратының корпусындағы кернеу окшаулау тесілген жағдайда үлкен болмайды, жерге тұйықтау тоғының $1_{\text{кз}}$ басым бөлігі адамның денесі емес, жерге тұйықтағыш арқылы өтеді ($R_q = 1000 \text{ Ом}$).

Адам электр тізбегіне жерге тұйықтағышқа параллель «қосылады», және жерге тұйықтау кедергісімен салыстырғанда адамның кедергісі неғұрлым үлкен болса, адамның денесіндегі тоқ соғұрлым аз болады.

Кернеуі 1000 В дейінгі электр қондырғылардағы нөлдену деп электр қондырғыларының металл тоқ өткізбейтін бөліктерін әдейі нөлдік, бірнеше рет жерге тұйықталған сыммен жалғауды айтады.

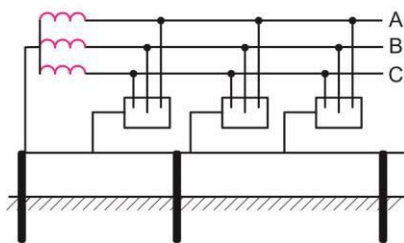
Нөлдік қорғаныс сымның бейтарап жұмыс сымына қарағанда 2 есе аз қимасы бар. Бейтарап жұмыс сымы симметриялы емес төрт сымды желілерде қолданылады (мысалы, тұрмыстық).

Қорғаныс нөлденудің мағынасы – кернеу астындағы корпусқа жанасқан кезде жарақаттану қаупін жою. Қорғаныс нөлденудің әрекет ету принципі – корпустың тұйықталуды бір фазалы қысқа тұйықталуға айналдыру және оның максималды тоқ қорғанысын өшіру (балқыма ендірмелермен, автоматтармен және т.б.).

Нөлденудің екі қорғаныс әрекеті бар:

- зақымдалған бөлікті жылдам автоматты сөндіру;
- жерге тұйықтау есебінен жанасу кернеуін азайту.

Қолдану саласы: бір фазалы айнымалы тоқ желілерінде – толық жерге тұйықталған бейтарап сымы бар 1 000 В дейінгі үш фазалы төрт сымды желілер; тұрақты тоқтың үш сымды желілерінде - толық жерге тұйықталған орта нүктесі бар желілер.



19.2-сурет. Қорғаныс нөлдену

Нөлдену схемасы үшін бейтарап қорғаныс өткізгіші, бейтарапты толық жерге тұйықтау және бейтарап қорғаныс өткізгішін қайтадан жерге қосу қажет (19.2-сурет).

Бейтарап қорғаныс өткізгіші қысқа тұйықталудың кедергісін төмендетеді және осылайша аса токпен қорғаныстың сенімді жұмыс істеуі үшін жеткілікті үлкен ақаулық ток береді.

Бейтарапты толық жерге тұйықтау сенсорлық кернеуді төмендетеді.

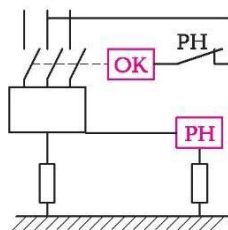
Бейтарапты қайта жерге тұйықтау қашықтағы электр қабылдағыштар үшін төмен сенсорлық кернеуді қамтамасыз етеді.

1000 В дейінгі электр қондырғыларындағы *қорғаныс өшіруі* деп корпусқа тұйықталу кезінде немесе оқшаулану деңгейі белгіленген мәннен төмендеген кезде тоқтың және оның өту уақытының адам үшін қауіпсіз комбинациясын қамтамасыз ететін желіаумақтарының барлық фазаларын (полюстерін) автоматты түрде өшіруді аятады.

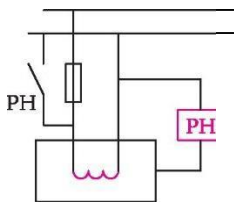
Қорғаныс өшіру құрылғысына (ҚӨҚ) қорғаныс өшіру аспабы және атқарушы орган - автоматты ажыратқыш кіреді (19.3-сурет).

Қауіпті кернеулер туындаған жағдайда, электр қондырғы корпусында кернеу релесі (РН) (19.3-суретті қараңыз) іске қосылады. Ол электр корпус пен жер арасында қосылады, өзінің қалыпты тұйықталған контурын РН ажыратқыш катушка (АК) қоректендіру тізбегінде ажыратады. Катушка электр қондырғыны желіден ажыратады.

Басқа нұсқада (19.4-сурет) корпусты қауіпті кернеу туындаған жағдайда



19.3-сурет. Кернеу релесі бар қорғаныс өшіру құрылғысы



19.4-сурет.

Электр қондырғысы

электр қондырғыда кернеу релесі (РН) іске қосылады, өзінің контактісін тұйықтайды, қысқа тұйықталу қосылып, сақтандырғыш жанып кетеді, осы арқылы электр қондырғысының қорғанысы қамтамасыз етіледі.

Қорғаныс өшіру аспабы— кіріс шаманы қабылдайтын жеке элементтердің жиынтығы, Құрылғы оның өзгеруіне жауап береді және сөндіруге сигнал береді.

Атқарушы орган — автоматты ажыратқыш.

Қорғаныс өшіру құрылғылары (19.4-сурет) электр қондырғыларда қолданылады, оларда қандай да бір себептермен тиімді жерге тұйықтауды қамтамасыз ету қиын немесе адамдардың тоқ өтетін бөліктермен жанасу ықтималдығы жоғары (жылжымалы электр қондырғылар, электр сайманы).

Қорғаныс өшіру құрылғылары корпус потенциалына, жерге тұйықтау тоғына, нөлдік тізбек кернеуіне, жерге қатысты фаза кернеуіне, оперативті токқа, комбинациялық құрылғыларға жауап беретін түрлерге бөлінеді.

Қорғаныс өшіруді жерге тұйықтау немесе нөлдену арқылы қауіпсіздік қамтамасыз етілмеген жағдайда, негізгі немесе қосымша қорғаныс шарасы ретінде қолданады,

Қорғаныс құралдар деп қызметкерлерді электр тоғынан жарақаттанудан қорғайтын аспаптарды, аппараттарды, жылжымалы құрылғыларды айтады. Оларға кернеу көрсеткіші, оқшаулағыш қысқыштар, диэлектрлік қолғаптар, галоштар, оқшаулағыш тұтқалары бар монтер сайманы, жылжымалы жерге тұйықтағыштар, ескертуші плакаттар, диэлектрлік алашалар, уақытша қоршаулар, қорғаныс көзілдіріктер, газ тұтқыштар жатады.

Негізгі оқшаулағыш құралдар: диэлектрлік қолғап, оқшаулаушы шыбық, оқшаулаушы кене, кернеу индикаторлары, оқшауланған тұтқалары бар құралдар.

Қосымша оқшаулағыш құралдар: диэлектрлік алашалар, оқшаулау стендтер, боттар, галош, диэлектрлік қақпақтар.

1-ден 110 кВ кернеуі бар желілерде жұмыс істеуге арналған негізгі оқшаулағыш құралдар үш реттік сызықты кернеумен (бірақ 40 кВ-дан төмен емес); 110 кВ астам - үш фазалық кернеумен сыналады.

19.3. ЭЛЕКТР ҚАУІПСІЗДІГІНЕ ҚАТЫСТЫ ҮЙ-ЖАЙЛАРДЫҢ САНАТТАРЫ

Электр тоғымен зақымдану қаупі бар адамдарға үйдің үш классы жатады.

1. Жоғары қауіптілігі жоқ үй-жайлар — Бұл қалыпты ауа температурасы және оқшаулаушы (мысалы, ағаш) едендердегі құрғақ, шаңсыз бөлмелер, яғни қауіпті және әсіресе қауіпті үй-жайларға тән ешқандай шарттар жоқ үй-жайлар.

Қауіпсіздікке ұшырамайтын бөлмелердің мысалдары қарапайым офистік үй-жайлар, құрал-жабдықтар қоймалары, зертханалар, сондай-ақ құрғақ, шаң жоқ үй-жайларда оқшаулайтын едендер мен қалыпты температурада орналасқан аспаптық зауыттарды қоса алғанда, кейбір өндірістік нысандар болуы мүмкін.

2. Қауіптілігі жоғары үй-жайлар қаупі жоғары болатын келесі шарттардың біреуімен сипатталады:

- дымқылдық, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 70% -дан астам болғанда дымқылдық; мұндай бөлмелер ылғалды деп аталады;
- жоғары температура, ауа температурасы ұзақ уақыт бойы (24 сағаттан артық) $+30^{\circ}\text{C}$ асатын жоғары температура; мұндай бөлмелер ыстық деп аталады;
- тоқ өткізгіш шаң, үй-жайда өндіріс шарттарына сәйкес, сымдарда орнатылған сымдарда машиналар мен аппараттарға енетін, осындай мөлшерде ағымды тоқ өткізетін технологиялық шаң (мысалы, көмір, металл және т.б.) шығарылады; мұндай үй-жайларда өткізгіш шаңы бар деп аталады;
- тоқ өткізгіш едендер - металл, жер, темірбетон, кірпіш және т.б. ;
- адамның бір мезгілде бір жағынан ғимараттың металл конструкцияларына, технологиялық қондырғылар мен тетіктерге, екінші жағынан электр құрал-жабдықтардың металл конструкцияларына қол тигізу мүмкіндігі. Жоғары қауіпті аймақтардың мысалдары - өткізгіш қабаттары бар түрлі ғимараттардың баспалдақтары, жылытылмайтын бөлмелерді сақтау (тіпті оқшаулайтын едендер және ағаш шкафтармен жабдықталған ғимараттарда болса да) және т.б.

3. Аса қауіпті бөлмелері ерекше қауіп тудыратын келесі шарттардың біреуімен сипатталады:

- ерекше ылғалдылық, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 100% -ға жуық болған кезде (қабырғалар, едендер және бөлмедегі заттар ылғалмен жабылған); мұндай бөлмелер ерекше ылғалды деп аталады;
- химиялық белсенді немесе органикалық орта, электр жабдықтың оқшауланған және ағымдық бөліктерінде жойылатын агрессивті булар, газдар, сұйықтықтар, шөгінділерді немесе зеңді құрайтын, тұрақты немесе ұзақ уақыт бойы пайда болатын бөлмелер; мұндай бөлмелер химиялық белсенді немесе органикалық орта бар бөлмелер деп аталады;
- қауіптілігі жоғары үй-жайларға тән екі немесе одан да көп жағдайлардың бір мезгілде болуы.

Аса қауіпті үй-жайлар - машина жасау зауыттарының, тестілеу станцияларының, гальваникалық цехтардың, цехтардың және т.б. барлық цехтарын қоса алғанда, өндірістік объектілердің үлкен бөлігі болып табылады. Мұндай аумақтар ашық аспан астындағы немесе шатыр астындағы жұмыс орындарын қамтиды.

19.4. ЭЛЕКТРЛІК ҚАУІПСІЗДІГІ ШАРАЛАРЫН ҚҰРЫЛЫСТА ҚОЛДАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Құрылыс алаңында жұмыс істегенде электрлік қауіпсіздігі ережелерін басшылыққа алу қажет. Сыртта және жоғары қауіпті орталарда жұмыс істегенде, 2-ші және 3-ші сыныптағы қолмен жұмыс істейтін электр машиналары пайдаланылуы керек. 2-ші класты автокөліктермен жұмыс істеу кезінде жеке қорғаныс құралдарын пайдалану қажет.

Аса қауіпті жағдайларда жұмыс істегенде, тек 3-ші класс электр машиналарын қолданыңыз, диэлектрлік қолғаптарды, галош және кілемшелерді қолданыңыз.

Электрлік жүк көтергіш крандар мен электр аспаптары бар құрылыс машиналары мен жабдықтардың басқа металл бөліктеріндегі металл тіректер, қорғаныш жерлендіру немесе нөлге ұшырауы керек. Құрылыс алаңында қолданылатын қосқыштар, ұсақтағыштар және басқа да байланыс жабдығы қорғалуы тиіс.

Сыртқы электрмен жабдықтау уақытша электрмен жабдықтау жұмыс орнынан 2,5 метрден жоғары биіктікте тіректерге орналастырылған оқшауланған сымдармен жүзеге асырылады; 3 ... 5 м - өтпелерден жоғары; 6 м - крандардан жоғары.

127 және 220 В кернеуіне арналған жалпы жарықтандыру шамдары жерден, еденнен, еден деңгейінен кемінде 2,5 м биіктікте орнатылады. Суспензияның биіктігі 2,5 м-ден кем болған жағдайда, кернеу 42 В аспайды. Өте қауіпті жағдайларда жұмыс кезінде 12 В кернеуі бар портативті шамдар.

Электр дәнекерлеу қондырғылары қорек көзіне қосқыштар мен сақтандырғыштар немесе ажыратқыштар арқылы қосылады. Дәнекерлеу трансформаторының қайталама орамасының қысқышы жерге негізделуі керек. Дәнекерленген өнімге қосылатын сым қайтарылған сым ретінде жер үсті сымдарын, санитарлық-техникалық құбырларды, ғимараттардың металл конструкцияларын, технологиялық жабдықты пайдалануға жол берілмейді.

Топырақ пен бетонның электрлік жылытуына арналған электр қондырғылары қысқа тұйықталу тоқтарынан қорғауға тиіс. Электр жылу желісін қамтамасыз ететін көздің кернеуі топырақтың электродты жылытуымен, бетон қоспасының электрлік жылытуымен және күшейтілген және неформаланбаған бетонның сыртқы электрмен жылытуымен 380 В-нан артық; 220 В аспайтын емес - бетонның тікелей қыздыруын азайту арқылы күшейтілген және бетонбетонды электродты жылытумен болмауы тиіс.

19.5. АДАМ ЭЛЕКТР ТОҒЫНАН ЖАРАҚАТТАНҒАН ЖАҒДАЙДА АЛҒАШҚЫ КӨМЕК КӨРСЕТУ

Электр тоғының соғуы кезінде адам жарақатынан зардап шеккендерге алғашқы көмек екі сатыдан тұрады: зардап шеккен адамның ағымдық әрекетінен босатылуы және оған медициналық көмек көрсету. Табиғи апаттың нәтижесі ағымның ұзақтығына байланысты, сондықтан зардап шеккен адамның ағымнан тез босатылуы өте маңызды.

Клиникалық өлім-жітім 7- 8 минутқа дейін созылады, сондықтан электр тоғының соғуы орын алса, жәбірленушінің өмірлік функцияларын қалпына келтіру үшін дереу медициналық көмек көрсете бастайды. Жәбірленушіге көмек көрсетуден бас тартпау керек және тыныс алудың, пальпитацияның және өмірдің басқа белгілерінің болмауына байланысты оны өлді деп санамау керек.

Тәжірибе көрсеткендей, жәбірленушіге уақтылы және дұрыс көмек көрсету оң нәтижеге әкеледі.

Алғашқы көмек тиімділігі әсіресе жүрек массажының көмегімен «ауыздан ауызға» жасанды тыныс алуды және жасанды айналымды қолданумен көбейтілді.

Жәбірленушіге алғашқы көмек электр қондырғыларымен жұмыс істейтін әрбір адамға қамтамасыз етілуі тиіс. Қауіпсіздік техникасы бойынша қазіргі ережелер электр қондырғыларына қызмет көрсететін барлық қызметкерлерді зардап шеккен адамды босатудың практикалық әдістемелері мен жасанды тыныс алу және сыртқы кардиохирургиялық массаж әдістерін оқытуды талап етеді.

Алғашқы көмек шаралары. Алғашқы көмек жәбірленушінің ағымдағы жағдайдан босатылғаннан кейінгі жағдайына байланысты. Егер адам саналы болса да, бірақ ол әлсіз жағдайға келмей тұрса, оны қоқыс пен дәрігер келгенге дейін дереу шақырылуға тиіс, ол тыныс пен тыныс алудан кейін оның толық тыныштығы мен бақылауын қамтамасыз етуі керек. Ол өзін жақсы сезінсе де, оған қозғалуға мүмкіндік бермеу керек. Тек дәрігер жәбірленушінің жағдайын бағалай алады.

Егер жәбірленуші ессіз жағдайда болса, бірақ тыныс алуы тұрақты және тамыры соқса, онда оны таза ауамен қамтамасыз ету үшінкімін және белдігін ашып,мүсәтір спиртіне малынған мақтаны мұрнына жақындатып, бетіне суық су себу керек. Егер жәбірленуші өліп жатқан сияқты сирек тыныс алса, онда оны қолдан дем алдырып, жүректі уқалау керек.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ:

1. Қандай электрлік параметрдің адамның ағзасынәтікелей физиологиялық әсерді көрсетеді?
2. Басқа тең жағдайларда ең қауіпті тоққандай?
3. Электротехникалық қондырғылардың қандай бөліктері жерге тұйықталады?
4. Негізгі техникалық қорғау әдістерінің мақсаты мен жұмыс істеу принципі қандай?
5. Электр қауіпсіздігіне қатысты үй-жайлар қандай санаттарға бөлінеді?
6. Аса қауіпті жағдайларда рұқсат етілген кернеу қандай?
7. Қандай аспаптар мен аппараттар қорғаныс құралдарына жатады?
8. Жәбірленушіні тоқ әсерінен босату үшін қандай әрекеттерді орындау керек?

1. *Арестов К. А.* Основы электроники / К. А. Арестов, Б. С. Яковенко. — М. : Радио и связь, 1988.
2. *Воробьев А. В.* Электротехника и электрооборудование строительных процессов / А. В. Воробьев. — М. : АСВ, 1996.
3. *Гайдукевич В. И.* Электротехника в строительстве / В. И. Гайдукевич. — М. : МИСИ (МСКУ) баспасы, 1978.
4. *ГОЛОВКИН П. И.* Энергосистема и потребители электрической энергии / П. И. Головкин. — М. : Энергия, 1979.
5. *Глушко Г. Н.Н.* Электроснабжение строительно-монтажных работ / Г. Н.Н. Глушко. — М. : Стройиздат, 1981.
6. *Данилов И. А.* Общая электротехника с основами электроники / И. А. Данилов, П. М. Иванов. — М. : Высш. шк., 2000.
7. *Зайцев В.Е.* Электротехника . Электроснабжение, электр технологиясы и электрооборудование строительных площадок / В.Е. Зайцев, Т.А.Нестерова. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2010.
8. *Касаткин А. С.* Электротехника / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. — М. : Энергоатомиздат, 1983.
9. *Кацман М. М.* Справочник по электрическим машинам / М. М. Кацман. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2005.
10. *Кацман М. М.* Электрические машины и электропривод автоматических устройств / М. М. Кацман. — М. : Высш. шк., 1987.
11. *Колесников А. И.* Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях / А. И. Колесников, М. Н.Н. Федоров, Ю. М. Варфаломеев. — М. : ИНФРА-М, 2005.
12. *Конonenko В. В.* Электротехника и электроника / В. В. Конonenko, В. И. Мишкович. — Ростов н/Д : Феникс, 2004.
13. *Морозов А. Г.* Электротехника, электроника и импульсная техника / А. Г. Морозов. — М. : Высш. шк., 1987.
14. *Нефедова Н. В.* Карманный справочник по электронике и электротехнике / Н. В. Нефедова, П. М. Каменев, О. М. Большунова. — Ростов н/Д : Феникс, 2004.
15. *Федосеева Е. және* Основы электроники и микроэлектроники / Е. және Федосеева, Г. П. Федосеева. — М. : Искусство, 1990.
16. *Федотов В. И.* Основы электроники / В. И. Федотов. — М. : Высш. шк., 1990.
17. *Частоедов Л. А.* Электротехника / Л. А. Частоедов. — М. : Высш. шк., 1989.

18. Чукаев Д. С. Электрооборудование строительных машин и энергоснабжение строительных площадок / Д. С. Чукаев, М. Д. Федуркина. — М. : Стройиздат, 1982.
19. Правила устройства электроустановок. — М. : Энергоатомиздат, 1998.
20. СНЖЕ 3.05.06-85. Электротехникалық құрылғылар. — М. : ГУП ЦПП, 1985.
21. СНЖЕ Ш-4-80. Құрылыстағы қауіпсіздік техникасы. — М. : ГУП ЦПП, 1980.
22. СН 81-80. Құрылыс алаңдарының электр жарықтандыруын жобалау бойынша нұсқаулық. — М. : Стройиздат, 1980.

Кіріспе	4
1 Тарау. Тұрақты тоқтың электр тізбектері.....	6
1.1. Электр тізбектері туралы негізгі түсініктер.....	6
1.2. Электр тоғы. Электр тоғының бағыты мен күші	7
1.3. Электр кедергісі.....	8
1.4. Электр қозғаушы күш және кернеу.....	9
1.5. Электр тізбегі үшін Ом заңы	10
1.6. Электр тізбектерінің жұмыс режимі	11
1.7. Энергия қабылдағыштардың тізбектей қосылысы. Тізбектің жеке аумақтарындағытоқ және кернеу	12
1.8. Энергия қабылдағыштардың параллель қосылысы. Кирхгофтың бірінші және екінші ережелері	14
1.9. Энергия қабылдағыштардың аралас қосылысы.....	17
2 Тарау. Айнымалы тоқтың электр тізбектері	20
2.1. Синусоидты тоқтың электр құрылғылары	20
2.2. Айнымалы токты анықтау, алу және кескіндеу	22
2.3. Айнымалы токтың параметрлері	23
2.4. Айнымалы токтың фазасы. Фазалар ығысуы.....	24
2.5. Векторлардың көмегімен синусоидты шамаларды кескіндеу	25
2.6. Синусоидты тоқтың электр тізбегінің элементтері	27
2.7. Айнымалы токтың тармақталмаған тізбектері.....	31
2.8. Тізбектей тербелмелі контур. Кернеулер резонансы.....	37
2.9. Параллель тербелмелі контур. Тоқтар резонансы	39
2.10. Қуат коэффициенті.....	41
3 Тарау. Үш фазалы электр тізбектері	44
3.1. Негізгі анықтамалар. Үш фазалы ЭҚК жүйесі.....	44
3.2. Генератор орамдары мен қабылдағыш фазаларын «жұлдыз» түрінде жалғау	48
3.3. Генератор орамдары мен қабылдағыш фазаларын «үшбұрыш» түрінде жалғау	51

3.4.	Төрт сымды тізбекте бейтарап сымның міндеті.....	5 5
3.5.	Үш фазалы тізбектің белсенді, реактивті және толық қуаттылықтары.....	56
4	Тарау. Электр өлшеулер мен аспаптар	58
4.1.	Электр өлшеулердің мәні мен маңызы.....	5 8
4.2.	Электр өлшеулердің негізгі әдістері. Өлшеу аспаптарының дәлсіздіктері	5 9
4.3.	Электрлі өлшеу аспаптарын жіктеу.....	61
4.4.	Өлшеу аспаптары туралы жалпы мәлімет.....	64
4.5.	Кернеулерді, токтарды және қуатты өлшеу	66
4.6.	Шунттар және қсымшакедергілер	67
4.7.	Энергияны өлшеу. Электр есептегіші	69
4.8.	Кедергіні өлшеу	71
5	Тарау. Трансформаторлар.....	76
5.1.	Трансформаторлардың міндеті	76
5.2.	Трансформатордың құрылымы.....	78
5.3.	Бір фазалы трансформатордың әрекет ету принципі. Трансформация коэффициенті	8 0
5.4.	Трансформатордың негізгі параметрлері.....	83
5.5.	Трансформатордың жұмыс режимі	83
5.6.	Трансформатордың шығындары және ПӨК	88
5.7.	Трансформаторлардың түрлері.....	89
5.8.	Трансформаторлардың қолданылуы	96
6	Тарау. Электр машиналары туралы жалпы мәліметтер	98
6.1.	Электр машиналарының міндеті және әрекет ету принципі	98
6.2.	Электр машиналарының жіктелуі.....	100
6.3.	Электр машиналардағы энергиялардың түрленуі	102
7	Тарау. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштар	104
7.1.	Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштардың құрылымы	104
7.2.	Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың әрекет ету принципі.....	107
7.3.	Асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу	109
7.4.	Асинхронды қозғалтқышты іске қосу	111
7.5.	Асинхронды қозғалтқыштың айналу сәті	112
7.6.	Асинхронды қозғалтқыштың қуат коэффициенті және ПӨК.....	115
7.7.	Бір фазалы асинхронды қозғалтқыштың құрылымы және әрекет ету принципі	1 16
7.8.	4А сериялы асинхронды қозғалтқыштар.....	117
7.9.	Арнайы міндеттелген асинхрондық қозғалтқыштар	119

8 Тарау. Тұрақты тоқтың электр машиналары	122
8.1. Жалпы мәліметтер.....	122
8.2. Тұрақты ток машинасының құрылымы.....	123
8.3. Тұрақты тоқтың машинасының жұмыс істеу принципі	125
8.4. Тұрақты ток машиналарының электр қозғаушы күші және электромагниттік сәті.....	128
8.5. Зәкір реакциясы.....	131
8.6. Тәуелсіз және параллель қозудың тұрақты ток қозғалтқыштарының айналу жиілігін реттеу.....	133
8.7. Тәуелсіз және параллель қозудың тұрақты ток қозғалтқыштарының механикалық және жұмыс сипаттамалары.....	135
9 Тарау. Синхронды машиналар	138
9.1. Синхронды машинаның жұмыс істеу принципі	138
9.2. Синхронды машиналардың түрлері және олардың конструкциялық ерекшеліктері	140
9.3. Синхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі және іске қосылуы ...	142
9.4. Синхронды компенсаторлардың міндеті және жұмыс істеу принципі.	143
10 Тарау. Электр жетегінің негіздері	146
10.1. Электр жетегі туралы негізгі түсініктер	146
10.2. Электр жетектердің негізгі жұмыс режимдері	149
10.3. Электр қозғалтқышын таңдау	151
10.4. Электр қозғалтқыштарды автоматты басқарудың үлгілі схемасы	158
11 Тарау. Жартылай өткізгішті аспаптар.....	162
11.1. Жартылай өткізгішті аспаптардың ерекшелігі	162
11.2. Электронды-кемтікті ауысу (p - n -ауысу).....	165
11.3. Жартылай өткізгішті түзеткіш диодтар	168
11.4. Әмбебап диодтар	169
11.5. Биполярлық транзисторлар.....	171
11.6. Тиристорлар.....	174
11.7. Жартылай өткізгішті резисторлар.....	177
12 Тарау. Фотоэлектрлік аспаптар	183
12.1. Жалпы мәліметтер.....	183
12.2. Фоторезисторлар	184
12.3. Фотодиодтар	185
12.4. Фототранзистор	188
12.5. Фототиристор	189

12.6.	Жарық диодтар	190
12.7.	Фотоэлемент	191
12.8.	Фотоэлектронды көбейткіш.....	192
13	Тарау. Электр сигналдарын күшейткіштер	194
13.1.	Негізгі анықтамалар	194
13.2.	Күшейткіштердің негізгі көрсеткіштері	195
13.3.	Күшейткіштерді кері байланыс	198
13.4.	Төмен жиілікті күшейткіштердің транзисторда жұмыс істеу принципі.	199
13.5.	Күшейткіш каскадтардың жұмыс істеу режимдері.....	202
13.6.	Көп каскадты күшейткіштер.....	204
13.7.	Тұрақты тоқ күшейткіштері	206
13.8.	Импульсті күшейткіштер	208
14	Тарау. Электрондық түзеткіштер	210
14.1.	Түзеткіштер туралы жалпымәліметтер.....	210
14.2.	Түзету схемалары.....	211
14.3.	Тегістегіш сүзгілер.....	218
15	Тарау. Электрмен қамтамасыз ету негіздері.....	221
15.1.	Негізгі түсініктер мен анықтамалар.....	221
15.2.	Электр желісінің құрылысы	222
15.3.	Электр энергия көздері. Электр энергиясын тасымалдау және тарату	2 25
15.4.	Электр қабылдағыштар категориялары. Электр қабылдағыштардың сипаттамалары	2 26
15.5.	Электр желілерінің жіктелуі.....	229
15.6.	Электр желілерінің схемалары.....	230
15.7.	Энергия тиімділігі	233
16	Тарау. Құрылыс алаңындағы трансформаторлық қосалқы станциялар.....	238
16.1.	Жалпы мәліметтер.....	238
16.2.	Электр қосалқы станциялардың түрлері	239
16.3.	Қосалқы станциялардың орналасуын және трансформаторлар санын таңдау.....	240
17	Тарау. Құрылыс алаңын электр жарықтандыру	246
17.1.	Электр жарықтандыру көздері.....	246
17.2.	Жарықшамдар	247
17.3.	Электр жарықтандыру схемалары	251
17.4.	Жарықтандыру түрлері.....	253

18 Тарау. Құрылыс алаңындағы электротехнология.....	257
18.1. Электр имектеп дәнекерлеу	257
18.2. Түйіспелі пісіру(дәнекерлеу)	259
18.3. Бетонды электр қыздыру.....	260
18.4. Кәбілдерді электр қыздыру.....	263
18.5. Қатып қалған топырақты электрмен еріту.....	264
19 Тарау. Электр қауіпсіздігі.....	266
19.1. Жалпы мәліметтер	266
19.2. Электр қауіпсіздігін қамтамасыз етудің техникалық тәсілдері мен кұралдары	2 70
19.3. Электр қауіпсіздігіне қатысты үй-жайлардың санаттары	275
19.4. Электр қауіпсіздікшараларын құрылыста қолдану ерекшеліктері.....	276
19.5. Адамға электр тоғынан жарақаттанған жағдайда алғашқы көмек көрсету.....	277
Әдебиеттер тізімі	281

Оқу басылымы

Морозова Наталия Юрьевна
Электротехника және электроника

Оқулық

6-ші басылым, стереотиптік

Редактор *Асанов С*

Техникалық редактор *Н. И. Горбачева*

Компьютерлік беттеу: *Г. Ю. Никитина*

Корректорлар *И. В. Могилевец, Н. Л. Котелина, А. П. Сизова*

Бас. № 106112628. Басылымға қол қойылды: 01.07.2014. Формат 60х90/16.
Гарнитура «Балтика». Офс. қағаз № 1. Офсет. баспа Шартты басп. бет 18,0.
Таралым 1 500 дана Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы» ЖШҚ, www.academia-moscow.ru 129085,
Мәскеу, Бейбітшілік даңғ., 101В, 1 кұр.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н 16592 29.04.2014
жылы Баспаның электрондық тасығыштарынан басылып шығарылды.

«Тверской полиграфический комбинат» ААҚ, 170024, Тверь қ., Ленин даңғ., 5.
Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.

Home page — www.tverpk.ru Электрондық пошта (E-mail) — sales@tverpk.ru