

ПРОШИН В.М.

ЭЛЕКТР ТЕХНИКА БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ- ТӘЖІРИБЕЛІК ЖҰМЫСТАР

*Орта кәсіби білім беру бағдарламаларын жүзеге асырушы
білім беру мекемелерінің оқу үрдісінде пайдалануға
арналған оқу құралы ретінде «Федералды мемлекеттік
мекемесі» ұсынған*

*Рецензияның тіркеу нөмірі – 503. 2 шілде 2009 жыл ФММ
«БДФИ»*

8- басылым, стереотипті



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы,
2014

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 жазғандар:

Мәскеу қаласы № 13 политехникалық колледж ОКББ МББМ-нің жоғарғы санатты оқытушысы *Никольска Р.Г.И.*,

№ 27 КАИР директордың орынбасары, арнайы пәндер оқытушысы *Петров В.П*

Прошин В.М.

П847 Электр техника бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар:

орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқу құралы/Прошин В.М. — 8-басылым, стереотипті— М. : «АкадемиR» баспа орталығы, 2014. — 208 с.

ISBN 978-601-333-002-0 (каз.) ISBN 978-5-4468-1202-8 (рус.)

Оқу құралы техникалық бағдардағы мамандықтарға арналған жалпы кәсіби білім беру пәндері бойынша оқу-әдістемелік кешеннің бөлігі болып табылады. «Электротехника» курсы бойынша практикалық пәндер мен зертханалық жұмыстарды жүргізу бойынша нұсқаулықтан тұрады. Жалпы электротехниканың негізгі бөлімдерін қамтитын 20 зертханалық-тәжірибелік жұмыстардың сипаты келтірілген. Жұмыстардың әр тақырыбы бойынша теориялық қысқаша мәліметтер берілген.

Оқу құралы ОКББ ФМББС сәйкес жалпы кәсіби «Электротехника» пәнін оқуда қолданылуы мүмкін.

Орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӘОЖ 621.3/075.32

КБЖ 31.2R722

Құрметті оқырман!

Аталған оқу құралы техникалық бейіндегі мамандықтарға арналған жалпы кәсіби пәндер бойынша оқу-әдістемелік кешен бөлігі болып табылады.

Оқулық жалпы кәсіби «Электротехника» пәнін игеруге арналған.

Жаңа буындағы оқу-әдістемелік кешендерге дәстүрлі және инновациондық оқу материалдары жатады, олар жалпы білім беру және жалпы кәсіби пәндер мен кәсіби модульдерді игеруге мүмкіндік береді. Әрбір жиынтық жалпы және кәсіби күзiреттiлiктi игеруге арналған оқулықтар мен оқу құралдарынан, оқу және бақылау құралдарынан, сонымен бiрге жұмыс берушiнiң талаптарынан тұрады.

Оқу баспалары бiлiм берудiң электронды ресурстарымен толықтырылады. Электронды ресурстар интерактивтi жаттығулары, мультимедиялық объектiлерi, қосымша материал сiлтемелерi және ғаламтордағы ресурстары бар теориялық және тәжірибелік модульдерден құралады. Оған терминологиялық сөздік және электронды журнал кіреді, бұл құралдарда оқу үрдісінің негізгі параметрлері бекітіледі: жұмыс уақыты, бақылау және тәжірибелік жұмыстарды орындау нәтижелері. Электронды ресурстар оқу үрдісіне оңай енгізіледі және әртүрлі оқу бағдарламаларына тез бейімделуі мүмкін.

«Электротехника» пәні бойынша оқу-әдістемелік кешен «Электротехникалық емес мамандықтарға арналған электротехника» электронды білім беру ресурсынан тұрады.

«Электротехникалық емес мамандықтарға арналған электротехника» электронды оқулығы дайындау кезеңінде тұр.

Аталған оқу құралы зертханалық-тәжірибелік жұмыстар тізімі бар

«Электротехника» курсы бойынша оқу бағдарламасына сәйкес құрылған. Ол II, III және IV квалификациялық деңгейлердегі электротехникалық және электротехникалық емес мамандықтарды оқудың кез келген түрінде оқушыларға қолданылуы мүмкін (зертханалық-тәжірибелік жұмыстың реттік нөмірінен кейін жақшаларда көрсетілген).

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстардың тақырыбы және мазмұны әдебиеттер тізімінде көрсетілген оқу құралдары және оқулықтарына сәйкес жазылған.

Оқу құралында 20 зертханалық-тәжірибелік жұмыстар сипаттамасы көрсетілген, олар электротехниканың негізгі бөлімдерін қамтиды: тұрақты және ауыспалы бір фазалы және үш фазалы тоқтардың электрлік сызықтық тізбелері; тұрақты тоқтың сызықтық емес электрлік тізбелері; электрлік өлшемдер; өнеркәсіптік электроника негіздері; тұрақты және ауыспалы тоқтың электрлік машиналары. Зертханалық-тәжірибелік жұмыстардың мұндай көлемі оқу сағатының (100) оңтайлы санына, соның ішінде көрсетілген салалық стандарттың қосымша бөлімдеріндегі тақырыптарды игеруге бөлінген сағаттар санына есептелген. Жұмыстар көлемі және олардың квалификациялық деңгейлері бойынша бөлу ұсынылады және оқу бөліміне сәйкес, оқу сағаттары санына, оқу бағдарламасына, оқушылардың дайындығына тәуелді оқытушылармен түрленуі мүмкін.

Әрбір жұмыстың сипатына жұмыс мақсатын көрсету, оны орындау және реттеу тәртібі, зерттеулер мен есептер протоколының формасы, қысқа теориялық мәліметтер және бақылау сұрақтары кіреді.

Оқулық тиісті құрылғының болуымен барлық тақырыптар бойынша зертханада эксперименттік зерттеулерді орындауға, қажетті құрылғының болмауымен жеке тақырыптар бойынша тәжірибелік сабақтарды жүргізуге қолданылады.

Бастауыш және орта кәсіби білім беру мекемелеріне арналған, Мәскеу қаласының Білім беру департаментінің оқу-әдістемелік орталығымен құрылған мамандар комиссиясымен расталған электротехникалық әмбебап стендтерде зертханалық жұмыстарды жүргізу оңтайлы болып табылады.

Осындай стендтермен жинақталған эксперименттік зертхана Зеленоград № 60 политехникалық колледжінің ОКББ МББМ оқу үрдісінде құрылуы және қосылуы мүмкін. Аталған оқулық оқу мекемелерінде, сонымен бірге «Объект және зерттеу құралы» бөлімінде көрсетілген стандартты емес құрылғылардың болуымен қолданылуы мүмкін.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстар теориялық білімдерді тереңдетуге және бекітуге, электрлік сызбалар, электрлік тізбедегі өлшемдер, электротехникалық қондырғылар зерттеуін жүргізу, электрлік тізбелер талдамасы, зерттеулер мен есептер нәтижелерін реттеу бойынша дағдыларды алу үшін қолданылады.

Ұсынылатын зертханалық-тәжірибелік жұмыстар екі сағаттық болып табылады және арнайы зертханада 13-15 қатысушыдан тұратын топшамен орындалады. Қауіпсіздік техникасы тарапынан әрбір стендке екі оқушыны бекіту керек. Мұндай жағдайда зертханада жеті-сегіз стенд болу керек.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстарды орындау үрдісінде оқушылардың танымдық қызметін белсендіру үшін демонстрациялық макеттер, модельдер, плакаттар, электротехникалық элементтері мен құрылғылары бар планшеттер: резисторлар, конденсаторлар, индуктивтілік шарғысы, трансформаторлар, диодтар, транзисторлар, микросызбалар, ауыстырғыштар мен батырмалар, индикаторлар, сымдар мен кабельдер, электрқозғалтқыштары мен генераторлар, электр өлшегіш аспаптар қолданылады.

Зертхананың бірінші сабағында № 1 жұмысты орындамас бұрын, оқушылар белгілі стендтерге бекітілуі керек. Олар қауіпсіздік техникасымен танысуы, зертханадағы қауіпсіздіктің, зертханалық жұмыстарды реттеудің, стендтің конструктивті және электрлік сызбаларының жалпы ережелерімен танысуы, стендті сынама қосып көрулері керек.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстарды орындау және реттеу үшін әрбір оқушының зерттеу протоколдары және барлық жұмыстар бойынша есептері жазылатын жұмыс дәптері, сызғышы, өшіргіш, қаламы және есептегіш калькуляторы болуы керек.

Зерттеу протоколының формасы және есеп формасы әрбір жұмыс сипаттамасында көрсетіледі. Зерттеу протоколының және есептің дайын формасы бар «Электротехника бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар» жұмыс дәптерінің оқушыда болуы міндетті болып табылады.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстардың орындалу ережесі.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстар сабақтың оқу кестесіне байланысты график бойынша оқушылармен орындалады.

Зертханалық-тәжірибелік жұмысты орындамаған оқушы екі апталық мерзімде оқытушының рұқсатымен және оқу бөлімінің келісімімен оны кеңес беру күндерінде орындауы керек.

Жұмысты орындауға келесі оқушылар жіберіледі:

- қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқаулықтан өткен оқушылар;

- жұмыс дәптерлерінде аталған оқу құралына сәйкес орындалған кезекті жұмыс бойынша зерттеу протоколдары бар оқушылар;

- жұмыс мақсатымен және жұмысты орындау тәртібімен, сонымен бірге, қолданылатын электрлік сызбамен таныс оқушылар;

- оқу құралы, дәрістер конспектісі, және аталған оқулықтағы IV бөлім бойынша орындалатын жұмысқа қатысты теориялық материалды игерген оқушылар.

Оқушылардың зертханалық-тәжірибелік жұмыстарды орындауы оқытушымен жеке орындалады. Қанағаттанарлық бағасын алған оқушы жұмысты орындауға жіберілмейді.

Зертханалық стендке кернеуді тексерусіз және оқытушы немесе зертханашы келісімінсіз жіберуге КАТЕГОРИЯЛЫҚ ТҮРДЕ РҰҚСАТ БЕРІЛМЕЙДІ!

Аспаптар мен құрылғылардың бұзылуында оқушылардың кінәсі болса, олар материалды жауапкершілікке ие болады.

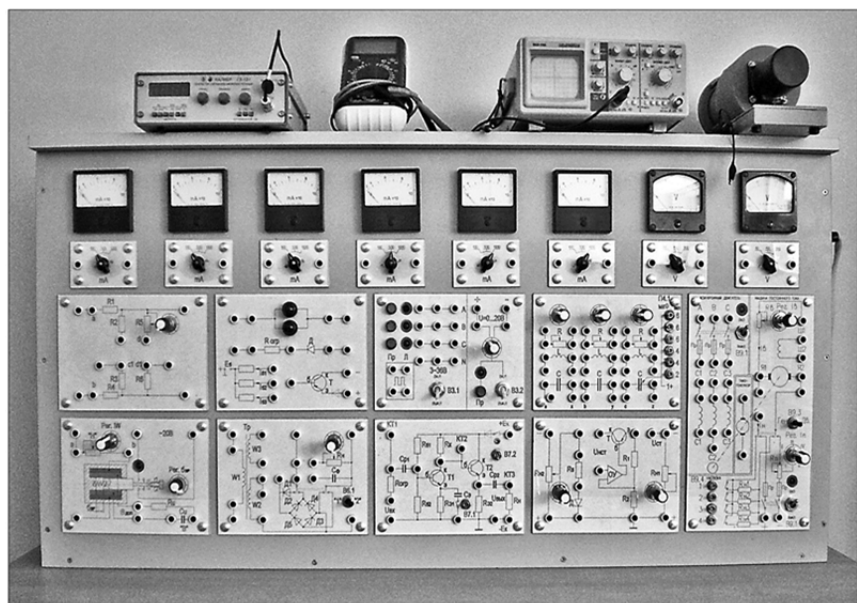
Жұмыстың аяқталуы кезінде электрлік тізбек бөлшектенеді, стенд тоқтан ажыратылады, сымдар мен аспаптар орнына қойылады.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс нәтижелері зерттеу протоколына және кестелерге қаламмен енгізіледі және тексеру үшін оқытушыға ұсынылады. Дұрыс емес нәтижелерде зертханалық-тәжірибелік жұмыс қайта жасалуы тиіс.

Жұмыс нәтижелері бойынша әрбір оқушы есепті осы оқулыққа сәйкес дайындайды. Есеп «Электротехника бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар» жұмыс дәптерінде сызба құралын пайдалану арқылы дайындық талаптарына сәйкес дайындалады.

Графиктерге және векторлы диаграммаларға өлшенетін шамалар масштабтары және тиісті мәндер енгізіледі.

Екі оқушы бригадасымен есеп және зерттеу протоколын дайындау оқытушыға қалдырылады.



Сурет – В.1. Үстел үстіндегі стенд панелінің жалпы түрі

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстарды қорғауға арналған білімдер минимумы жұмыс соңында бақылау сұрақтарын құрайды.

Зертханалық стендтің сипаты. Жабдықтауға арналған әмбебап электротехникалық стенд келесі тақырыптар бойынша жұмыстар орындауға қолданылады: электрлік және магнитті тізбектер, өнеркәсіптік электроника негіздері, электрлік машиналар.

Оның негізгі бөлігіне үстел үстілік панель (В.1-сурет) жатады, ол жерде электрлік және магнитті тізбекті жинауға арналған, электрлік өлшемдер өткізуге, электрлік машиналарды басқаруға арналған барлық элементтік база орналастырылады.

Электрлік машиналар — асинхронды электр қозғалтқышы және қозғалтқыш немесе генератор режимінде жұмыс істейтін тұрақты ток машинасы - жалпы платформа орналастырылады және жалғағышы бар арнайы кабельдерді басқару тізбектерімен байланысады.

Панельдің жоғарғы жағында Ц4200 түріндегі қалқанды көпшекті өлшеу аспаптары қойылады - 100... 500... 1000 мА өлшеу шектері бар алты миллиамперметр және 30... 150... 300 В өлшеу шектері бар екі вольтметр. Аспаптар екі

түзетуші көпірдің екі диагоналына бөлінеді және тұрақты және ауыспалы тоқты өлшеу үшін қолданылуы мүмкін.

Панельдің ортаңғы және төменгі бөліктерінде электрлік тізбектер және жеке элементтер құрастырылады, олар квалификацияның II, III, IV деңгейлері бойынша 20 зертханалық-тәжірибелік жұмыстар орындауға мүмкіндік береді (жақшада ұсынылатындар ретінде көрсетіледі), сонымен бірге ОСТ 9ПО 03.01—96 қосымша бөлігінде қарастырылады (деңгей нөмірінен кейін жақшада «қос» қосылады).

Стенд жинағына қозғалмалы аспаптар кіреді: мультиметр – 1 дана; ваттметр – 2 дана; электронды милливольтметр – 1 дана; электронды генератор – 1 дана; электронды осциллограф – 1 дана.

Стендтің қоректенуі $U = (36 \pm 3,6)$ В кернеуі бар үшфазалы қорек көзімен жүзеге асырылады. Стендте электронды аспаптарды қосуға арналған 220 В, 50 Гц ауыспалы кернеудегі розеткалар қарастырылады.

0...20 В тұрақты реттелетін кернеу көзінің рөлін стенд құрамына кіретін түзеткіш атқарады.

Жартылай өткізгіш құрылғылардың қоректенуі стенд құрамына кіретін 5 В тұрақты кернеу көзінен орындалады.

Стендпен қабылданатын максималды қуаттылық 200 Вт асады.

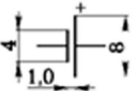
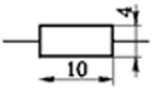
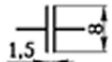
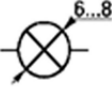
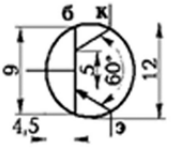
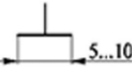
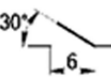
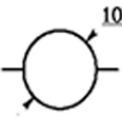
Электрлік сызбаларды жинау ережелері. Электрлік сызбаларды жинамас бұрын, оған кіретін барлық элементтерді қағидалы сызбаға сәйкес анықтап алу қажет: резисторлар, конденсаторлар, индуктивтілік катушкасы, өлшеу аспаптары, ажыратқыштар, ауыстырып-қосқыштар, реттеуші элементтер, қорек көздері және т.б. Аспаптарды өлшеу шектерін ауыстырып-қосқыштар зертханалық жұмыс сипатында көрсетілген қалыпта орналастырылуы керек. Әмбебап аспап мультиметрге ерекше назар аудару қажет, онда өлшеу шектерін ауыстырып-қосқыштан басқа «R», «=U», «~U», «=I», «~I» күйіндегі ауыстырып-қосқыш болады. Талап етілетін күй зертханалық жұмыс сипатында да көрсетіледі. Электрлік тізбектерді жинау кезінде келесі ережелерді сақтау қажет: Қорек көзі қысқыштарын жинауды бастау; Ең алдымен кезекті біріктірілген элементтерден тұратын басты тізбекті жинау қажет: резисторлар, индуктивтілік катушкалары, амперметрлер, ваттметрлер тоқтық катушкалары және т.б.

Одан кейін параллель байланысқан элементтерді қосу қажет, соның ішінде вольтметрлер, ваттметрлер кернеуінің катушкалары, осциллограф және т.б.

ЭТ бөлшектеуді қорек көзінен бастау қажет, ол үшін алдымен кернеуді өшіру керек.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыстар бойынша есептің графикалық бөлігін дайындау ережелері. Барлық сызбалар, графиктер, кестелер, диаграммалар қалам, циркуль, сызбаулгі, сызғыш сияқты құралдармен орындалады.

Кесте-В.1. Жиі пайдаланылатын электрлік тізбек элементтерінің шартты кескіндері

Атауы	Белгісі	Атауы	Белгісі
Сақтандырғыш плавкий		Гальванический элемент	
Резистор		Конденсатор	
Жартылай өткізгішті Диод		Катушка индуктивтілік	
Стабилитроп		Шам	
Транзистор		Корпус	
Ажыратқыш		Біріктіру разъёмное	
Өлшеу аспабы		Біріктіру неразъёмное	

Сызба элементтері КҚБЖ сәйкес орындалуы керек (кесте-В.1).

Ерекше ескертілген жағдайлардан басқа графиктердегі масштаб біркелі болуы керек. Осьтерде өлшеу кезінде алынған немесе кестелерден алынған сандарды көрсетпеген дұрыс.

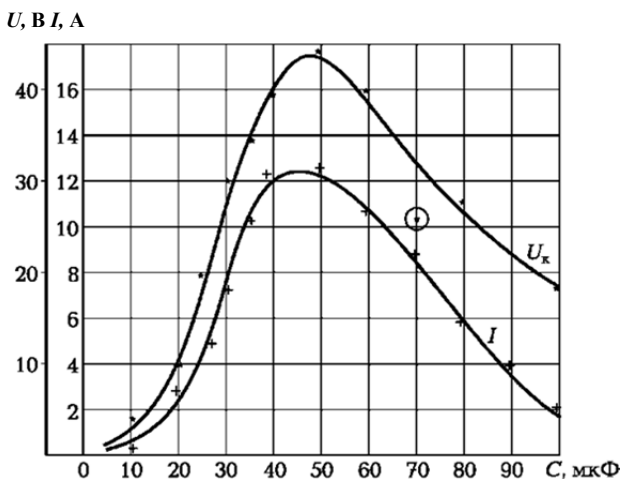
Графикте бірнеше тәуелділіктерді кескіндеу үшін бірнеше вертикалды осьтерді құрады (әрқайсын өз масштабымен). Графиктегі қисық сызықтар мұндай жағдайда тиісті түспен немесе нүктелер қою арқылы белгіленеді (***, +++, ... және т.б). Әрбір қисық сызықтың жанына тәуелділік мәні қойылады (сурет-В.2).

Графиктегі қисық сызық бірқалыпты болуы керек. Оны зерттеу нәтижелерінде алынған нүктелер шамамен осы сызықтан бірдей қашықтықта тұратындай етіп сызу қажет. Қисық сызықтан алыс тұрған нүктелер бақылаушының қателігі болып саналады. Оларды графикте ерекше белгілейді, мысалы дөңгелекпен қоршайды (В.2-суретті қараңыз).

Есеп мазмұны. Зертханалық жұмыс бойынша есеп әрбір оқушымен немесе бригадамен зерттеу протоколының деректері бойынша дайындалады және «Электротехника бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар» жұмыс дәптеріне жазылады.

Есеп құрамына кіретіндер:

-оқытушымен бекітілген зерттеу протоколы;



Сурет-В.2. Графикті сызу мысалы

-«Есептің есептік-графиктік бөлігіне арналған талапар» бөлімімен қарастырылған графиктік құрылымдар және есептеулер.

Жұмыстар орындаудағы қауіпсіздік техникасы. Электротехника зертханасы қауіптілігі жоғары мекемеге жатады, себебі ол жерде электротехникалық аппаратура және электрлік машиналар болады. Ал олардың барлығы электр энергиясының көздерімен қоректенеді.

Оқушылар жұмыс істейтін негізгі жұмыс кернеуі 36 В болып табылады. Ол адам үшін қауіпсіз, себебі адам денесінің минималды кедергісі - 800 Ом, мұндай кернеудегі максималды ток 50 мА қауіпті шамасынан аспайды. Дегенмен, электронды өлшеу аспаптарының жұмысында қолданылатын 220 В кернеуі қажет болған жағдайда электрлік машиналарды қоректендіру үшін қолданылуы мүмкін, ол адам үшін қауіпті болып табылады. Сондықтан зертханада жұмыс істеу оқушылардан техникалық қауіпсіздікті сақтауды талап етеді

Тек өз жұмыс орнында жұмыс істеуге рұқсат етіледі, зертханада ауысып жүру максималды түрде шектеледі.

Ешқандай жағдайда ажыратылмаған байланыс сымдарын және тізбектегі түйіспелерді қолмен ұстауға болмайды, себебі олар кернеуде болады. Сызбадағы кез келген өзгеріс, сымдарды қайта байланыстыру тоқсызданған ЭТ арқылы орындалуы керек. Барлық өзгерістер мен қайта байланыстыру жұмыстары оқытушымен тексерілуі қажет.

Айналма бөліктен тұратын электрлік машиналар жұмысына ерекше назармен және мұқияттылықпен қарау керек. Машина білігін қолмен тоқтатуға болмайды.

Бірнеше орамдары бар индуктивті катушкадан тұратын ЭТ қауіпті болып табылады. Ажырау орындалған кезде катушка ұштарында электр қозғаушы күші (ЭҚК) ықпалдандырылады. Зертханалық жұмыстарды жүргізбес бұрын оқушылар 1000 В дейінгі электр қондырғыларын пайдалану кезінде еңбекті қорғау, өрт қауіпсіздігі, электротехника кабинетінде жұмыс істеу кезінде еңбекті қорғау бойынша оқу мекемесіндегі нұсқаулармен танысуы және тиісті журналға қол қоюы керек.

ЭЛЕКТРЛІК МАГНИТТІ ТІЗБЕКТЕР

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 1 (II, III, IV)

НЕГІЗГІ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАЛЫҚ ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫМЕН ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛІК ӨЛШЕУ ӘДІСТЕРІМЕН ТАНЫСУ

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Электромеханикалық өлшеу аспаптары туралы алдын ала түсініктерді алу – *амперметр, вольтметр, ваттметр және омметр.*

1.2. Өлшеу аспаптарының негізгі сипаттарын игеру: *бөлу бағасы, номиналды шама, өлшеу қателіктері.*

1.3. *Тоқ, кернеу, қуатты және электр өлшеу аспаптарының көмегімен кедергіні өлшеу әдістерін игеру.*

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу құралдарына электромеханикалық аспаптар мен № 1 стендік панельде жиналған электрлік тізбек (ЭТ) элементері жатады (әрбір тақтаның жалпы түрі қосымшада көрсетілген). Резисторлар ретінде 100 Ом номиналды кедергісі бар ПЭВР-10 өзгертпелі резисторлар қолданылады.

Өлшеу аспаптары ретінде қалқанды (миллиамперметр және тұрақты тоқ вольтметрі) және ауыспалы (ваттметр және омметр) аспаптары қолданылады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

3.1. №1 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша теориялық деректермен (IV бөлімді қараңыз) танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. ЭТ 1.1-суретке сәйкес жинау. Жүктеу ретінде стандарттік панельдің

№ 1 тақтасындағы R_I резисторын пайдалану қажет (П.1-қосымшасын қараңыз). ЭТ $U = 0...20$ В тұрақты кернеу көзіне қосыңыз (П.3- қосымшасын қараңыз).

3.3. Сызбаны оқытушығы тексергеннен кейін ЭТ кернеу беру. П.3- суретте көрсетілген тиісті сигналды шам жануы керек.

3.4. Қорек көзінің шығысына $U = 5$ В кернеуін орнатып, амперметр

(I) мен ваттметр (P) көрсеткіштерін түсіру қажет. Иң жүктемесіндегі кернеуді өлшеу. Өлшеу нәтижелерін 1.1-кестеге енгізу. Өлшеуді 10 және 15 В кернеуінде қайталау. Өлшеу нәтижелерін 1.1 -кестеге енгізу.

3.5. ЭТ қорек көзін өшіру.

3.6. 200 Ом диапазонында «Омметр» режиміндегі мультиметр көмегімен RҚ жүктемесіндегі резистор кедергісін өлшеу және нәтижелерді 1.1-кестеге енгізу.

3.7. 1.2-кестені толтыру, оған қолданылатын өлшеу аспапарының негізгі сипаттарын енгізу (омметрдің дәлдік класы - 1)

3.8. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ бөлшектеп, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізу, жұмыс орнын қалпына келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 1 жұмыс есебі

Негізгі электромеханикалық өлшеу аспаптарымен және электрлік өлшеу әдістерімен танысу

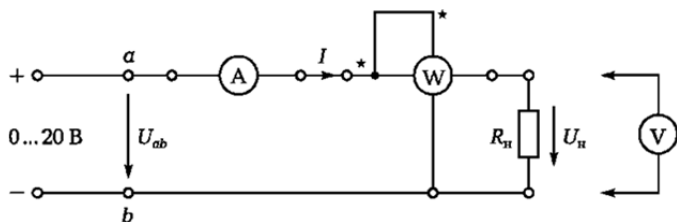
4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар және алдын-ала жасалған есептер

Тізбек теліміне арналған Ом заңы:

Қуатты анықтауға арналған формула:

4.3. Электрлік тізбек сызбасы және кестелер



Сурет-1.1. Электр өлшеуші аспаптар параметрлерін тексеруге арналған ЭТ сызбасы

Кесте - 1.1

U, В	Өлшенген мәндер				Есептелген мәндер	
	и _ш В	I, мА	P, Вт	R _н , Ом	P, Вт	R _н , Ом
5						
10						
15						

Кесте - 1.2

Аспап	Түрі	Жүйесі	Ток түрі	Дәлдік класы	Бөлу бағасы	Номиналды шама

Топ _____ Оқушы _____ Күні _____

Мұғалім _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім

1.3-кестеге енгізілген эксперименттік деректерді өңдеуге арналған формулалар

Кесте - 1.3

$$\Delta A = U_{\text{пр}} \Delta n_{\text{ом}} / 100; y = 100 \Delta A / A_{\text{д}}$$

Параметр		Амперметр	Вольтметр	Ваттметр	Омметр
Дәлдік класы					
ΔA					
У, %, U_{ab} , В кернеуінде	5				
	10				
	15				

4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есептің есептік-графиктік бөліміне қойылатын талаптар

5.1. 1.1-кесте деректеріне сәйкес, кедергі мәндерін және U жеткізу кернеуінің әртүрлі мәндерінде жүктеу қуатын есептеу, деректерді 1.1- кестеге енгізу (соңғы екі бағанаға).

5.2. Өлшеу аспаптарының дәлдік класын анықтай отырып, ΔA өлшемінің абсолютті қателігін және жеткізу кернеуінің үш мәніне арналған қатысты қателікті есептеу. Есептеу мәндерін 1.3 -кестеге енгізу.

5.3. Зерттеу нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Зертханалық жұмыста қолданылатын өлшеу аспаптарының қолданылу мақсатын көрсетіңіз.
2. Электр өлшеу құралдарының негізгі сипаттарын атаңыз.
3. Абсолютті қателік дегеніміз не?
4. Қатысты қателік дегеніміз не?
5. Келтірілген қателік дегеніміз не?
6. Қай амперметр жақсы: шағын немесе сыртқы кедергісі үлкен?
7. Қай вольтметр жақсы: шағын немесе сыртқы кедергісі үлкен?
8. Аспап шкаласында қандай негізгі белгілер болады?
9. Аспаптың алдыңғы панелінде корректор не үшін керек?

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 2 (II)

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ҚАБЫЛДАУШЫЛАРДЫ ТІЗБЕКТЕЙ ЖАЛҒАУ АРҚЫЛЫ ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕГІ

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Тоқ, кернеу, қуат және тұрақты тоқтың электрлік тізбектеріндегі резисторлады тізбектей жалғау арқылы кедергілерді өлшеу әдістерін игеру.

1.2. Эксперименттік және есептік жолмен Ом заңын, Кирхгофтың 2-ережесін және энергияны сақтаудың қосымша заңын тексеру (қуаттылық теңгерімі).

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне стандарттік панельдің №1 тақтасында жиналған тізбектей қосылған резисторлары бар электрлік тізбек жатады (П.1-қосымшасындағы суретті қараңыз).

R_1, R_4, R_6 — 100 Ом номиналды кедергісі бар өзгертпелі ПЭВР-10;

R_5 — 100 Ом номиналды кедергісі бар ауыспалы ППБ-25Г. Бұл

резистордың кедергісі оның қозғалыс қалпына қарай өзгереді және I ток мәнін,

U кернеуінің құлауын, ЭТ-дегі P қуатын анықтайды.

Өлшеу аспаптары ретінде қалқанды (миллиамперметр және тұрақты ток вольтметрі) және ауыспалы (ваттметр және омметр) аспаптары қолданылады.

ЭТ қоректенуі $U = 0...20$ В тұрақты кернеудегі реттелетін қорек көзімен орындалады (П.3-қосымшасындағы суретті қараңыз).

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 2 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқа теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. ЭТ қатысты 2.1-суретте көрсетілген Ом заңына арналған мәндерді, Кирхгоф 2-ережесін және қуаттылық теңгерімін зерттеу протоколына жазу.

Зертханада орындалады

3.3. Токсызданған ЭТ-де R_5 резисторы кедергісінің аралық мәнін орнатыңыз, оның қозғалтқышын белгілі бұрышқа бұрыңыз. Әрбір резистор кедергісін омметр көмегімен өлшеу (200 Ом диапазонындағы «Омметр» режиміндегі мультиметр). Өлшеу деректерін 2.1-кестеге енгізу.

3.4. Істікшелі сымдар көмегімен d және $d1$ нүктелерін байланыстыру. a және b нүктелері арасындағы ЭТ кедергісін өлшеу, нәтижені 2.1-кестеге енгізу.

3.5. ЭТ 2.1 a ,-суретке сәйкес жинау, d — $d1$ жалғастырғышының орнына тұрақты ток миллиамперметрін орнату. Сызбаны оқытушыға тексертеннен кейін ЭТ-не U_{ab} тұрақты кернеуін жіберу. 10.20 В шегінде U_{ab} кез келген мәнді қою және оны 2.1-кестеге енгізу.

3.6. R_5 резисторының кедергісін өзгертпей және U_{ab} жеткізу кернеуін өзгертпей, ЭТ әрбір элементіндегі кернеудің құлауын өлшеу. Нәтижені 2.1- кестеге енгізу.

3.7. 2.1-кестеге ЭТ ток мәнін енгізу.

3.8. осымша тапсырма. R_5 резисторының кедергісін және U_{ab} жеткізу кернеуін өзгертпей, барлық тізбекпен (P_{ab}) және ЭТ-тің әрбір элементімен пайдаланылатын қуатты ваттметр көмегімен өлшеу. Ол үшін ваттметрдің ток катушкасын зерттелетін тармақпен, ал кернеу

катушкасын тармаққа параллельді қосу (2.1, 6-суретті қараңыз). Нәтижені 2.1-кестеге енгізу.

3.9. 2.2-кестені толтыру, оған жұмысты орындау үрдісінде пайдаланылатын өлшеу аспаптарының негізгі сипаттарын енгізу.

3.10. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсыздандырыңыз, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізіп, жұмыс орнын реттеңіз.

4. Зерттеу протоколы және № 2 жұмыс есебі

Электр энергиясын қабылдаушыларды тізбектей жалғау арқылы тұрақты тоқтың сызықтық электрлік тізбегі

4.1. Жұмыс мақсаты _____

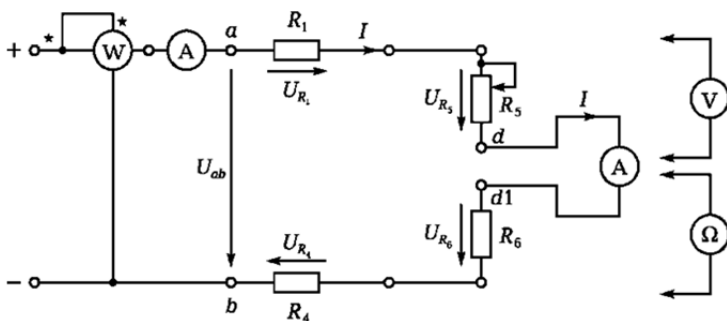
4.2. Формула және алдын ала жасалған есеп

Тізбек теліміне арналған Ом заңы:

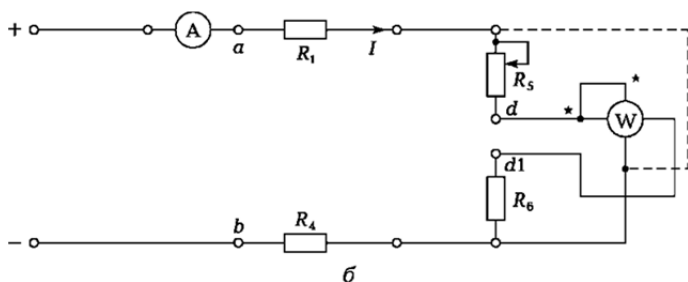
Кирхгофтың 2-ережесі:.....

Қуаттылық теңгерімі:.....

4.3. Электрлік тізбектер сызбасы және кестелер



a)



Сурет -2.1. Тексеруге арналған тұрақты ток ЭТ сызбасы

: *a* — Ом заңы және Кирхгофтың 2-ережесі, *б* — қуаттылық теңгерімі Кесте-2.1.

Кесте - 2.1

Пример	Участок ЭЦ				
	R_1	R_4	R_5	R_6	$a-d$
R, OM					
U, B					
I, mA					
P, BT					

Кесте - 2.2

Аспап	Түрі	Жүйесі	Ток түрі	Дәлдік класы	Бөлу бағасы

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім

Кесте - 2.3

Мысал	ЭТ телімі				
		*4	*5	*6	$a - b$
I, mA					
$P, \text{Вт}$					

4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады:

5.1. № 2 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқа теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

5.2. ЭТ қатысты 2.1-суретте көрсетілген Ом заңына арналған мәндерді, Кирхгофтың 2-ережесін және қуаттылық теңгерімін зерттеу протоколына жазу.

Сыныпта орындалады:

5.3. 2.4-кестеде ЭТ кедергісінің мәндері көрсетілген. U_{ab} жеткізу кернеуі оқытушымен беріледі.

Кесте 2.4

$$U_{ab} = \dots \text{ В}$$

Мысал	ЭТ телімі			
	*1	*4	*5	*6
$*, \text{Ом}$	40	60	70	30

Осы деректер негізінде, Ом заңын және Кирхгоф ережесін, қуаттылықты анықтау формуласын пайдалана отырып 2.1-кестенің барлық графасын толтыру (амперметр $R_A = 0$ кедергісін қабылдау).

6. Есептік-графиктік бөлімге қойылатын талаптар

6.1. Өлшеу нәтижесінде алынған R және U мәндерін пайдалана отырып (2.1-кестенің бірінші және екінші жолдары), I тоқ мәнін және ЭТ әрбір теліміндегі P қуатының мәнін есептеу. Деректерді 2.3-кестеге енгізу. Эксперименттік және есептік жолмен алынған ЭТ параметрлерінің мәндерін салыстыру (2.1-кестенің үшінші және төртінші жолдары).

6.2. R кедергісі мәндері және U_{ab} жеткізу кернеуінің негізінде практикалық жұмысты орындауда (2.4-кестені қараңыз) a және b нүктелерінің арасындағы ЭТ кедергісін, I тоқты, U тізбегіндегі кернеудің құлауын, P қуаттылықтың әрбір элементін есептеу. Есептеу нәтижелерін 2.1-кестеге енгізу.

6.3. Энергияны сақтау заңын тексеру, қорек көзімен және ЭТ берілетін қуаттылықты (P_{ab}) есептеу.

6.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай тоқ тұрақты деп аталады?
2. Қандай бірліктерде тоқ күші, кернеу, қуат, кедергі өлшенеді?
3. Сым кедергісі қандай параметрлермен анықталады?
4. Жұмыс кезінде электрлік аспаптар розеткалары мен ашалары не үшін қызып кетуі мүмкін?
5. Электрлік тізбек дегеніміз не?
6. ЭТ құрамына қандай негізгі құрылғылар кіреді?
7. ЭТ құрамына қандай қосымша құрылғылар кіреді?
8. Электрлік энергия қабылдағыштарының қосылу мысалын көрсетіңіз.
9. Егер шырша гирляндасының бір шамы күйіп кетсе шыршаға не болады?
10. Егер шырша гирляндасының бір шамы тұйықталса, шыршаға не болады?

ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТЕРІ

1. Жұмыс мақсаты

1.1. *Вольт-амперлік сипаттамалар (BAC)* түрлерімен танысу. Сызықтық емес элементтер BAC зерттеу.

1.2. Сызықтық емес электрлік тізбектерді есептеудің графиктік тәсілдерімен танысу. Эксперименттік деректер негізінде графиктер құру әдістерін игеру.

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу объектілеріне әртүрлі сызықтық және сызықтық емес элементтерден тұратын электрлік тізбек жатады, ол тұрақты кернеу көзімен қоректенеді.

Барлық элементтер стандарттік панельдің №2 тақтасында құрастырылады (П.2-қосымшасындағы суретті қараңыз) және түйіспелік ұрлар көмегімен және істікше сымдарының көмегімен қосылуы мүмкін.

СимметриРлық BAC $I_{ном} = 24$ В кернеумен және $I_{ном} = 0,12$ А токпен параллель қосылған шамдармен қамтамасыз етіледі.

СимметриРлық емес тұрақты BAC $L_{отр}$ (ПЭВР-10-100) резисторды тізбекті қосу арқылы және Д815 стабилитроны арқылы қамтамасыз етіледі.

BAC басқарылатын тегі коллектор тоғы I_k коллектордағы кернеуге ғана емес, сонымен бірге I_b базасының тоғына тәуелді болатын Т(П605А) транзисторының көмегімен алынуы мүмкін.

Тұрақты ток пен кернеуді өлшеу үшін стендте орналасқан қалқанды аспаптар қолданылады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 4 зертханалық жұмысының орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. Номиналды кернеуі 24 В, ал қуаты 3 Вт жұмыс күйіндегі шамның кедергісін есептеу. Есептеу нәтижесін зерттеу протоколына жазу.

Зертханада орындалады:

3.3. Тоқсызданған ЭТ-де R_5 резисторы кедергісінің аралық мәнін орнатыңыз, оның қозғалтқышын белгілі бұрышқа бұрыңыз. Әрбір резистор кедергісін омметр көмегімен өлшеу («Омметр» режиміндегі мультиметр). Өлшеу деректерін 3.1-кестеге енгізу.

3.4. Істікшелі сымдар көмегімен c және $c1$ нүктелерін, d және $d1$ нүктелерін байланыстыру, a және b нүктелері арасындағы ЭТ кедергісін өлшеу, нәтижені 3.1-кестеге енгізу.

3.5. ЭТ-ні 3.1-суретке сәйкес жинау, $c-c1$ және $d-d1$ жалғастырғыштарының орнына тұрақты тоқ миллиамперметрлерін орнатыңыз. Оқытушымен сызбаны тексергеннен кейін ЭТ тұрақты кернеуді жіберіңіз, 10...20 В шектерінде оның мәнін орнатыңыз. U_{ab} мәнін 3.1-кестеге енгізіңіз.

3.6. R_5 резисторының кедергісін өзгертпей және U_{ab} жеткізу кернеуін өзгертпей, ЭТ әрбір элементіндегі кернеудің құлауын өлшеу. Нәтижені 3.1-кестеге енгізу.

3.7. 3.1-кестесіне ЭТ барлық тармақтарындағы тоқ мәнін енгізу.

3.8. 3.2-кестесін толтыру, оған жұмысты орындау үрдісінде қолданылатын өлшеу аспаптарының негізгі сипаттарын енгізу.

3.9. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсындандырып, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізіңіз, жұмыс орнын қалпына келтіріңіз.

4. Зерттеу протоколы және № 3 жұмыс есебі

Тұрақты тоқтың сызықтық емес электрлік тізбектері

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формула және алдын-ала жасалған есептер

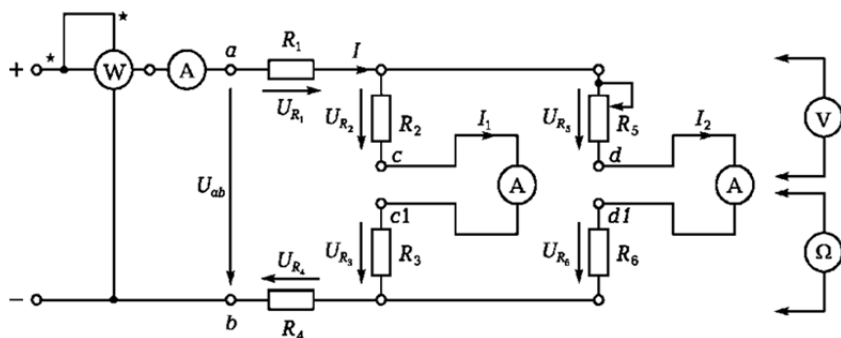
Тізбек теліміне арналған Ом заңы:

Кирхгофтың 1-ережесі:

Кирхгофтың 2-ережесі:

Қуаттылық теңгерімі:.....

4.3. Электрлік тізбек сызбасы және кесте



Сурет-3.1. Кирхгофтың 1-ережесін тексеруге арналған ЭТ сызбасы

Кесте – 3.1.

Мысал	ЭТ телімі						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	$a - b$
$R, \text{ Ом}$							
$U, \text{ В}$							
$I, \text{ мА}$							
$P, \text{ Вт}$							

Кесте - 3.2

Аспап	Түрі	Жүйесі	Ток түрі	Дәлдік класы	Бөлу бағасы	Номиналды шама

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім

Кесте - 3.3

Мысал	ЭТ телімі						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	$a — b$
I, mA							
$P, \text{Вт}$							

4.5. Қысқаша қорытынды

Оқушы _____

Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмыс а дайынды кезе інде орындалады:

5.1. №4 зертханалық жұмысының орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

5.2. Номиналды кернеуі 24 В, ал қуаты 3 Вт жұмыс күйіндегі шамның кедергісін есептеу. Есептеу нәтижесін зерттеу протоколына жазу.

Сыныпта орындалады:

5.3. 3.4-кестеде ЭЦ кедергісінің мәні көрсетілген. U_{ab} жеткізу кернеуі оқытушымен беріледі.

Кесте - 3.4

$$U_{ab} = \dots V$$

Мысал	ЭТ телімі					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
R, Ом	40	45	55	60	70	30

Осы деректер негізінде, Ом заңын және Кирхгоф ережесін, қуатты анықтау формуласын пайдаланып 3.1-кестенің барлық графасын толтыру ($R_A = 0$ амперметр кедергісін қабылдау).

6. Есептің графиттік-есептік бөліміне арналған талаптар

- 6.1. Өлшеу нәтижесінде алынған R және U мәндерін пайдалана отырып (3.1-кестенің бірінші және екінші жолдары), I тоқ мәнін және ЭТ әрбір теліміндегі P қуатының мәнін есептеу. Деректерді 3.3- кестеге енгізу. Эксперименттік және есептік жолмен алынған ЭТ параметрлерінің мәндерін салыстыру (3.1-кестенің үшінші және төртінші жолдары).
- 6.2. R кедергісі мәндері және U_{ab} жеткізу кернеуінің негізінде практикалық жұмысты орындауда (3.4-кестені қараңыз) a және b нүктелерінің арасындағы ЭТ кедергісін, I тоқты, U тізбегіндегі кернеудің құлауын, P қуаттылықтың әрбір элементін есептеу. Есептеу нәтижелерін 3.1-кестеге енгізу.
- 6.3. Энергияны сақтау заңын тексеру, (P_{ab}) корек көзімен және ЭТ берілетін қуатты есептеу.
- 6.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрлік тізбек дегеніміз не?

2. Ом заңын жазыңыз және тұжырымдаңыз.
3. Кирхгофтың 1 және 2-ережелерін жазыңыз, тұжырымдаңыз.
4. Амперметр, вольтметр, ваттметрлердің негізгі сипаттамаларын, және қолданылу мақсаттарын көрсетіңіз.
5. Кедергілерді өлшеудің негізгі түрлерін атаңыз.
6. Омметрмен кедергіні өлшеу неге негізделеді?

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 4 (IV)

ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕКТЕРІ

1. Жұмыс мақсаты

- 1.1. *Вольт-амперлік сипаттамалар (BAC)* түрлерімен танысу.
- 1.2. Сызықтық емес элементтер BAC зерттеу.
- 1.3. Сызықтық емес электрлік тізбектерді есептеудің графиктік тәсілдерімен танысу.
- 1.4. Эксперименттік деректер негізінде графиктер құру әдістерін игеру.

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу объектілеріне әртүрлі сызықтық және сызықтық емес элементтерден тұратын электрлік тізбек жатады, ол тұрақты кернеу көзімен қоректенеді.

Барлық элементтер стендтік панельдің №2 тақтасында құрастырылады (П.2-қосымшасындағы суретті қараңыз) және түйіспелік ұрлар көмегімен және істікше сымдарының көмегімен қосылуы мүмкін.

Симметриялық BAC $I_{ном} = 24$ В кернеумен және $I_{ном} = 0,12$ А токпен параллель қосылған шамдармен қамтамасыз етіледі.

Симметриялық емес тұрақты BAC Логр (ПЭВР-10-100) резисторды тізбекті қосу арқылы және Д815 стабилитроны арқылы қамтамасыз етіледі.

BAC басқарылатын тегі коллектор тоғы I_K коллектордағы кернеуге ғана емес, сонымен бірге I_b базасының тоғына тәуелді болатын Т(П605А) транзисторының көмегімен алынуы мүмкін.

Тұрақты ток пен кернеуді өлшеу үшін стендте орналасқан қалқанды аспаптар қолданылады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 4 зертханалық жұмысының орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. Номиналды кернеуі 24 В, ал қуаты 3 Вт жұмыс күйіндегі шамның кедергісін есептеу. Есептеу нәтижесін зерттеу протоколына жазу.

Зертханада орындалады:

3.3. ЭТ 4.1-суретке сәйкес электрлік шамдармен жинау, оны $U = 0...20$ В тұрақты кернеудегі реттелетін қорек көзіне қосу (П.3-қосымшасындағы суретті қараңыз).

3.4. Кернеудің оң мәндерінде және теріс мәндерде параллель байланысқан шамдардың ВАС алу (істікшелерді қорек көзі орнымен ауыстыру). Ол үшін 4.1-кестеде көрсетілген кернеу мәндерін кезекпен орналастырып, амперметр көрсеткішін алу.

3.5. Деректерді 4.1-кестеге енгізу. ЭТ-ті Д стабилитронымен және Логр резисторымен 4.2-суретке сәйкес жинау және кернеудің оң және теріс мәндерінде ВАС алу. Деректерді 4.2-кестеге енгізу. Логр (4.3-сурет) резисторының ВАС алып, деректерді 4.3- кестеге енгізу.

3.6. ЭТ-ті 4.4-суретке сәйкес жинау және ($1_{61}, 1_{62}, 1_{63}$) базасы тоғының үш бекітілген мәндері үшін Т транзисторының ВАС-ын қорек көзі қоректілігінің сызбасына сәйкес алу. Деректерді 4.4-кестеге енгізу.

3.7. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсыздандырып, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізу, жұмыс орнын ретке келтіру.

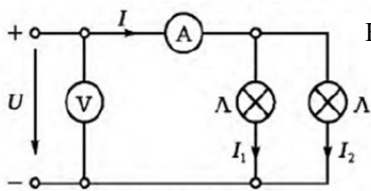
4. Зерттеу протоколы және № 4 жұмыс есебі

Тұрақты тоқтың сызықтық емес электрлік тізбектері

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар және алдын ала жасалған есеп
Жұмыс күйіндегі шамның кедергісі: $R_A = ...$

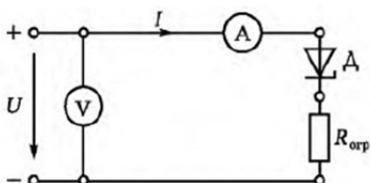
4.3. Электрлік тізбектер сызбасы мен кестелер



Сурет-4.1 Балқу шамының ВАС алуға арналған ЭТ сызбасы

Кесте-4.1

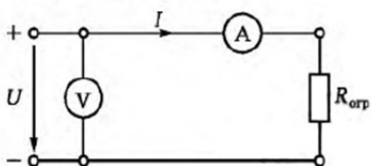
$\pm U, \text{ В}$	0	1	2	5	10	15	20
$I, \text{ мА}$							
$-I, \text{ мА}$							



Сурет-4.2. Стабилитронның ВАС алуға арналған ЭТ сызбасы

Кесте-4.2

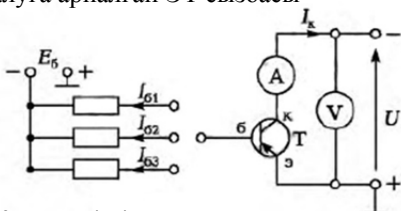
$\pm U, \text{ В}$	0	1	2	5	10	15	20
$I, \text{ мА}$							
$-I, \text{ мА}$							



Сурет-4.3. Резистордың ВАС алуға арналған ЭТ сызбасы

Кесте-4.3

$\pm U, \text{ В}$	0	1	2	5	10	15	20
$I, \text{ мА}$							
$-I, \text{ мА}$							



Сурет-4.4. Транзистордың ВАС алуға арналған ЭТ сызбасы

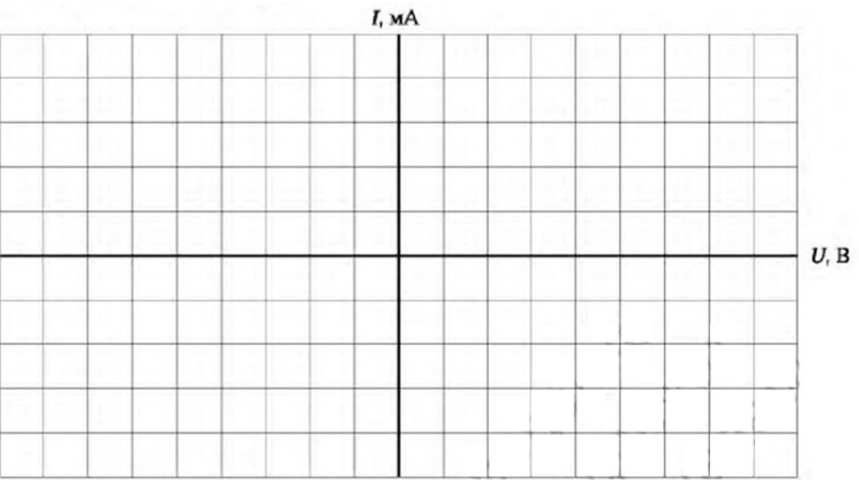
Кесте-4.4

$\pm U, \text{ В}$		0	1	2	5	10	15	20
$I_{\text{к}}, \text{ мА},$ при токе базы	$I_{\text{б1}}$							
	$I_{\text{б2}}$							
	$I_{\text{б3}}$							

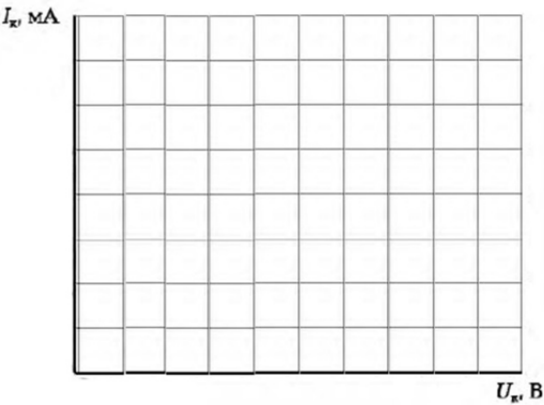
Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім



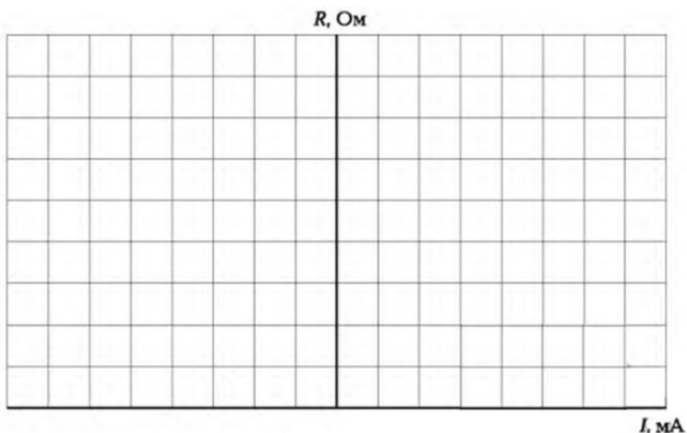
Сурет-4.5. Балқу шамының, стабилитронның, резистордың ВАС



Сурет -4.6. Транзистордың ВАС

Осымша тапсырма. Кесте -4.5

I, mA	80	60	40	20	0	-20	-40	-60	-80
$R_{\text{д}}, \text{Ом}$									
$R_{\text{огр}}, \text{Ом}$									



Сурет 4.7. Балқу шамы ($R_{\text{л}}$) және резистор ($R_{\text{огр}}$) кедергісінің токқа тәуелділігі

4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмыс айдайынды кезеінде орындалады:

5.1. №4 зертханалық жұмысының орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

5.2. Номиналды кернеуі 24 В, ал қуаты 3 Вт жұмыс күйіндегі шамның кедергісін есептеу. Есептеу нәтижесін зерттеу протоколына жазу.

Сыныпта орындалады:

5.3. 4.7, 4.8-кестелерде 4.1, 4.2, 4.4-суретте көрсетілген электрлік

Кесте - 4.6

$\pm U, \text{ В}$	0	1	2	3	5	10	20
$I, \text{ мА}$	0	30	60	90	120	160	190
$-I, \text{ мА}$	0	30	60	90	120	160	190

Кесте - 4.7

$\pm U, \text{ В}$	0	5	10	15	20	25	30
$I, \text{ мА}$	0	5	18	28	37	47	57
$-I, \text{ мА}$	0	0	0	9	19	29	38

Ескерт у . Нәтижелер $L_{\text{ор}} = 500 \text{ Ом}$ шартында алынды.

Кесте - 4.8

$U, \text{ В}$		0	1	2	5	10	15	20
$I_K, \text{ мА, база тоғында}$	I_{61}	0	30	47	52	55	57	59
	I_{62}	0	60	75	80	85	89	93
	I_{63}	0	90	105	120	130	137	142

Келтірілген кестелер негізінде практикалық жұмыс туралы есепті дайындау.

6. Есептің есептік-графиктің бөліміне арналған талаптар

6.1. Зертханалық жұмыс үрдісінде алынған 4.1, 4.2 және 4.3-кестесінің деректеріне сәйкес, (немесе практикалық жұмыстағы 4.6 және 4.7 кестеге сәйкес) 4.5-суреттің $I(U)$ тәуелділік координатасын бір жүйеде құру.

6.2. Сол жерде бір шам мен стабилитронның ВАС есептеу жән құру.

6.3. Зертханалық жұмыс үрдісінде алынған 4.4-кестесінің деректеріне сәйкес (немесе практикалық жұмыстағы 4.8 кестесі) 4.6-суретте $I_K(U)$

транзисторының ВАС-ын $I_{\delta} = \text{const}$ шартында құру.

6.4. осымша тапсырма. Тоқтың әртүрлі мәндерінде (4.5 кестенің бірінші жолы) шам кедергісін есептеу (R_J және ($R_{\text{отр}}$) резисторының). Деректерді 4.5-кестенің екінші және үшінші жолдарына енгізу. Есептеу нәтижелері бойынша 4.7-суретте шам мен резисторға арналған R тәуелділігін құру.

6.5. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай тәуелділік электрлік тізбектердің сызықтық және сызықтық емес екендігін анықтайды?
2. Балқу лампының кедергісі оған берілетін кернеудің өзгеру шартында қалай өзгереді?
3. Неге электрлік шам үшін қосу режимі қауіпті болып келеді?
4. Сызықтық емес элементтердің негізгі ВАС-ның түрлерін атаңыз.
5. Сызықтық емес тізбектерді талдаудың негізгі әдістерін көрсетіңіз.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 5 (II, III, IV)

СИНУСОИДАЛЫҚ ТОҚ ЖӘНЕ КЕРНЕУДЕ КОНДЕНСАТОР МЕН ИНДУКТИВТІЛІК КАТУШКАСЫН ТІЗБЕКТІ ЖАЛҒАУ

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Белсенді кедергі және катушканың индуктивтілік ықпалын, сонымен бірге электрлік тізбектегі (ЭТ) конденстор сыйымдылығын, элементтердегі кернеу мен қуатты анықтау.

1.2. *Кернеулер резонансы* құбылысын анықтау.

1.3. *Векторлы диаграммалар* көмегімен ЭТ талдау әдістерімен танысу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне C сыйымдылығындағы конденсатордан және R_K кедергідегі және L_K индуктивтіліктегі индуктивтілік катушкасынан

тұратын ЭТ жатады.

ЭТ 50 Гц өнеркәсіптік жиіліктегі синусоидалды кернеумен қоректенеді.

Индуктивтілік катушкасы ретінде 15 Ом белсенді кедергісі және 0,65 Гн индуктивтілігі бар дроссель (кедергі) қолданылады. Конденсатор сыйымдылығы 1 ден 29 мкФ дейін тиісті ажыратқыштар көмегімен өзгеруі мүмкін (П4.1).

Барлық элементтер стендтік панельдің №4 тақтасында жиналады (П.4-қосымшадағы суретті қараңыз) және түйіспе ұрлары мен істікше сымдарының көмегімен қосылуы мүмкін. Конденсатор сыйымдылығының C өзгеруі П4.1-ажыратқышының көмегімен жүзеге асырылады, ол жеті батырмадан тұрады. «Л» батырмасын басу (л 1-7 дейін өзгеруі мүмкін) жалпы сыйымдылығы $C_1 + C_2 + \dots + C_{n-1}$ конденсаторларына параллельді қосуға мүмкіндік береді, C_n сыйымдылығындағы конденсатор аталған батырмаға сәйкес келеді.

Өлшеу аспаптары қосылған ЭТ сызбасы 5.1-суретте келтірілген.

Өлшеу аспаптары ретінде келесілер қолданылады:

ЭТ толық тоқты өлшеуге арналған ауыспалы ток миллиамперметр; ЭТ белсенді қуатын өлшеуге арналған ваттметр;

ЭТ элементтеріндегі кернеу мен жеткізу кернеуін өлшеуге арналған ауыспалы ток вольтметрі.

ЭТ қоректендіру үшін $U_n = 20$ В фазалық кернеуі қолданылады, ол 3~50 Гц, 36 В үш фазалы қорек көзінің А және N қысымынан алынады (П қосымшасындағы суретті қараңыз).

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 5 зертханалық жұмысының орындалу тәртібімен, ауыспалы токтағы электрлік тізбектер бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. Кернеу резонансы шартын жазу. $U = 20$ В, $f = 50$ Гц шартында ЭТ күтілетін ток және кернеу мәндерін есептеу (R_R және L_R мәндері 5.4-кестенің әрбір нұсқасы үшін келтірілген).

Резонанс кезіндегі күтілетін мәндерді есептеу, есептеу нәтижелерін зерттеу протоколына енгізу.

Зертханада орындалады:

3.3. 5.1-суретке сәйкес ЭТ жинау. Шектерді ауыстырып-қосқыш көмегімен өлшеу аспаптарының *ең үлкен* номиналды шамасын орнату. Барлық конденсаторларды сөндіру қажет (батырмалар өшірілген).

4.Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін, қорек көзін беру. П.3- суретінде көрсетілген тиісті сигналды шамдар жануы керек.

3.4 .П4.1 ауыстырып-қосқышымен сыйымдылық арта бастайды, оны тізбектегі тоқ *ең үлкен* болатындай етіп орнату (кернеу резонансы режимі). Срез сыйымдылық мәнін және барлық аспап көрсеткіштерін 5.1-кестенің тиісті графаларына енгізу. Сыйымдылық мәнін Срез –ден үлкен және шағын жақтарға өзгерту арқылы, барлық аспап көрсеткіштерін сыйымдылықтың алты мәні үшін түсіру. Деректерді 5.1-кестеге енгізу.

3.5 6.ЭТ қорек көзін сөндіру, П4.1ауыстырып-қосқышын бастапқы қалпына орнату.

5.2-кестеге зертханалық жұмыста қолданылатын өлшеу аспаптарының негізгі сипаттамаларын енгізу.

3.6 8.Алынған эксперименттік деректер негізінде 5.2-суретте $I(C)$, $u_K(C)$, $U_C(C)$ тәуелділіктерін құру.

3.7 9.Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсыздандырып, аспаптар мен сымдарды зертханаға өткізу, жұмыс орнын қалпына келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 5 жұмыс есебі

Синусоидалды тоқ пен кернеуде конденсатор мен индуктивтілік катушкасын тізбекті жалғау

4.1. Жұмыс мақсаты_____

4.2. Формулалар мен алдын-ала жасалған есептер

Нұсқа № ... : $R_K = \dots$; $B_K = \dots$; $U = \dots$.

Кернеу резонансының шарты:.....

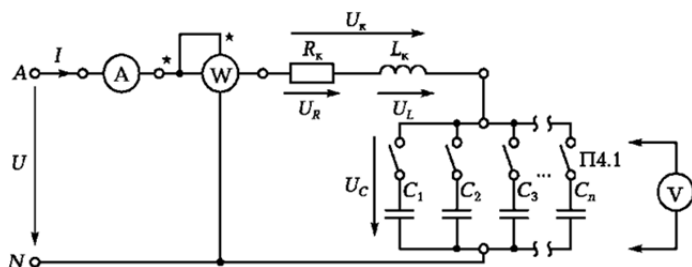
$I_{\text{рез}}$ резонансындағы ток =

$C_{\text{рез}} \gg 10/1_{\text{к}}$ резонансындағы сыйымдылық =

Резонанс кезіндегі элементтердегі кернеу:

$$U_R = \dots; U_L = \dots; U_C = \dots$$

4.3. Электрлік тізбек сызбасы және кестелер



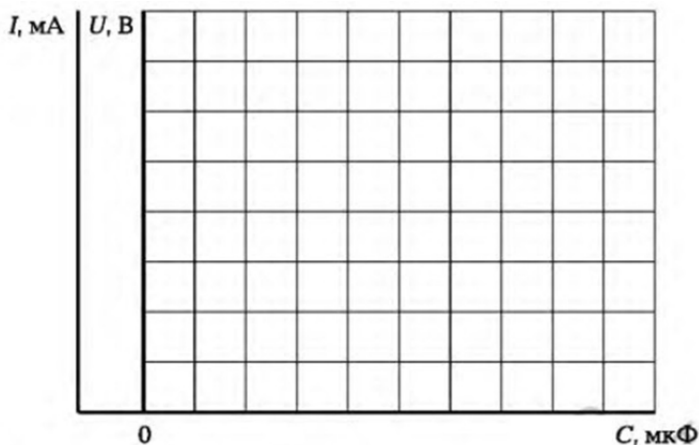
Сурет -5.1. Кернеу резонансын игеруге арналған ЭТ сызбасы

Кесте - 5.1

C, мкФ	U, В	I, мА	U _к , В	U _с , В	P, Вт
C =					

Кесте - 5.2

Аспап	Түрі	Жүйесі	Ток түрі	Дәлдік класы	Бөлу бағасы	Номиналды шама



Сурет-5.2. Индуктивтілік катушкасы мен конденсатордың ЭТ-тегі ток пен кернеу және конденсатор сыйымдылығына тәуелділігі

Тобы _____ Оқышы _____ Күні _____
Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім

5.1 және 5.3-кестелерге енгізілген эксперименттік деректерді өңдеуде қолданылатын формулалар:

Ом Заңы: $Z = U/I$; $Z_R = R$; $X_C = U_C/I$.

Кирхгофтың екінші заңы: $U = U_R + U_L + U_C$.

Кедергілер үшбұрышы:

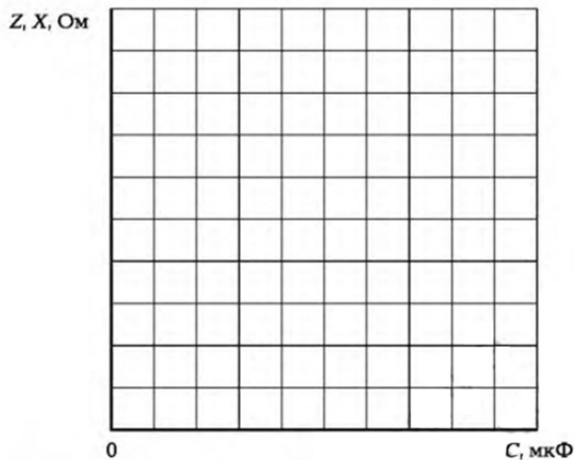
$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2; Z_R = R$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f R; X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi f C); P = I^2 R$$

Кесте - 5.3

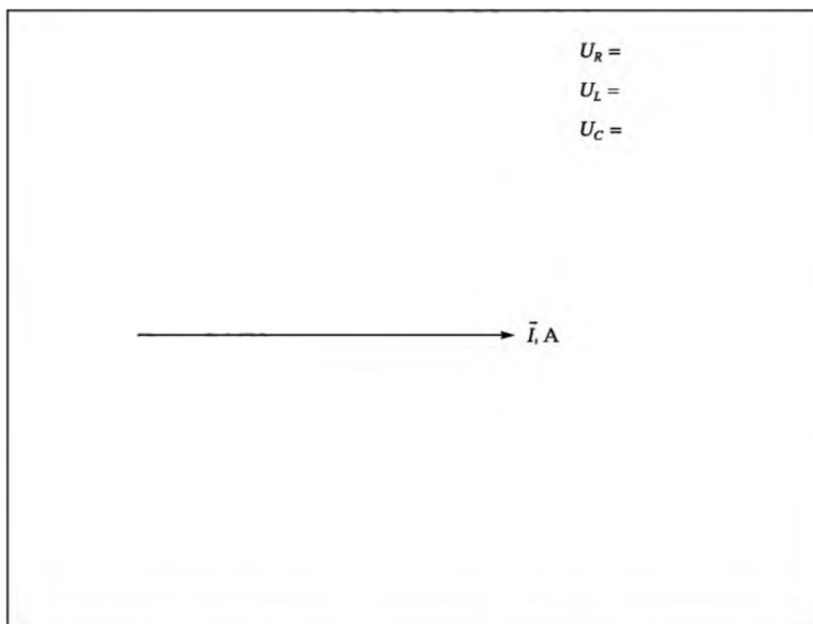
$R_k = \dots$ Ом

C, мкФ	Z, Ом	X _C , Ом	X _L , Ом	Z, Ом



Сурет-5.3. ЭТ толық және реактивті кедергілердің сыйымдылыққа тәуелділігі

$$m_v = \dots \text{ В/мм}$$



Сурет-5.4. Индуктивтілік катушкасы мен конденсаторды тізбекті қосумен ЭТ-тегі кернеулердің векторлы диаграммасы

4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезінде орындалады

5.1. № 5 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

5.2. 5.1-суретте көрсетілген ЭТ-тегі $U = 20$ В, C сыйымдылығы 1 ден 29 мкФ дейін өзгереді, индуктивтілік катушкасының параметрлері әртүрлі нұсқалар үшін R_K және L_K 5.4 -кестеде көрсетілген.

Кесте - 5.4

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
L_K , Ом	15	12	20	16	14	18	13	20
L_K , Гн	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,8	0,7	0,8

Срез резонансында күтілетін сыйымдылық мәнін есептеу, одан кейін көрсетілген диапазоннан сыйымдылықтың жеті мәні үшін X_L , X_C , Z , Z_K . мәндерін есептеу. Есептеу нәтижелерін 5.3-кестеге енгізу.

5.3.-кесте деректеріне сәйкес, ЭТ әрбір элементіндегі (I) ток пен кернеуді есептеу (i_K және U_C). Нәтижелерді 5.1-кестеге енгізу.

5.4. 5.1-кесте деректерінің негізінде 5.2-суретте $1(C)$, $i_K(C)$, $U_C(C)$ тәуелділіктерін құру.

6. Есепті есептік-графиктік б ліміне арнал ан талаптар

6.1. осымша тапсырма. 5.1-кестемен енгізілген эксперименттік деректерге сәйкес Z , Z_R , X_C мәндерін есептеу.

Есептеу нәтижелерін 5.3-кестеге енгізу. Индуктивтілік катушкасының белсенді кедергісін $R_K = Z = U/I$ резонансында есептеу, деректерді зерттеу протоколына енгізу. Есептеу нәтижедерінің негіздерінде 5.3-суретке координатаның бір жүйесінде $Z(C)$, $Z_R(C)$ немесе $X_L(C)$, $X_C(C)$ тәуелділіктерін құру.

6.2. Протоколда оқытушымен белгіленген бір жағдай үшін 5.4-суретте кернеу мен тоқтың векторлы диаграммаларын тиісті масштабта құру.

6.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бакылау сұрақтары:

1. Кернеу резонансы дегеніміз не?
2. ЭТ-ң қандай элементтері және параметрлері кернеу резонансына әсер етеді?
3. Кернеу резонансының пайда болу шартын және резонанс нәтижесін жазыңыз.
4. Толық, белсенді және реактивті кедергі арасындағы байланысты көрсетіңіз.
5. Векторлы диаграмма көмегімен кернеу резонансы сәтін кескіндеңіз.
6. Егер X_L мәні X_C мәнінен үлкен (кіші) болса, тізбекпен пайдаланылатын тоқ сипаты қандай болады?
7. Кернеу резонансы құбылысы қайда қолданылады?

Зертханалық тәжірибелік жұмыс № 6 (IV)

СИНУСОИДАЛЫ ТОҚ ПЕН КЕРНЕУДЕ КОНДЕНСАТОР МЕН ИНДУКТИВТІЛІК КАТУШКАСЫН ПАРАЛЛЕЛЬДІ ЖАЛҒАУ

1. Жұмыс мақсаты

1.1. R , L , C параметрлерінің электрлік тізбектегі (ЭТ) тоққа ықпалын анықтау.

1.2. Тоқ резонансы құбылысын анықтау.

1.3. Векторлы диаграммаларды пайдалану арқылы ЭТ талдау әдістерімен танысу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне C сыйымдылығындағы конденсатордан және R_K кедергідегі және L_K индуктивтіліктегі катушкасынан тұратын ЭТ жатады. ЭТ 50 Гц өнеркәсіптік жиіліктегі синусоидалы кернеумен қоректенеді.

Индуктивтілік катушкасы ретінде 15 Ом белсенді кедергісі және 0,65 Гн индуктивтілігі бар дроссель (кедергіш) қолданылады. Конденсатор сыйымдылығы 1 ден 29 мкФ дейін тиісті ажыратқыштар көмегімен өзгеруі мүмкін.

Барлық элементтер стендік панельдің №4 тактасында жиналады (П.4- қосымшадағы суретті қараңыз) және түйіспе ұрлары мен істікше сымдарының көмегімен қосылуы мүмкін. Конденсатор сыйымдылығының C өзгеруі П.4.1 ажыратқышының көмегімен жүзеге асырылады, ол жеті батырмадан тұрады. «Л» батырмасын басу (л 1-7 дейін өзгеруі мүмкін) жалпы сыйымдылығы $C_1 + C_2 + \dots + C_n - 1$ конденсаторларына параллельді қосуға мүмкіндік береді, C_{Σ} сыйымдылығындағы конденсатор аталған батырмаға сәйкес келеді.

Өлшеу аспаптары қосылған ЭТ сызбасы 6.1-суретте келтірілген. Өлшеу аспаптары ретінде келесілер қолданылады:

ЭТ толық тоқты өлшеуге арналған ауыспалы ток миллиамперметрі – 3 дана;

ЭТ элементтеріндегі кернеу мен жеткізу кернеуін өлшеуге арналған ауыспалы ток вольтметрі.

ЭТ қоректендіру үшін $U_L = 20$ В фазалық кернеу қолданылады, ол 36 В үш фазалы қорек көзінің А және В қысымынан алынады (П.3- қосымшасындағы суретте қараңыз).

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 6 зертханалық жұмысының орындалу тәртібімен, ауыспалы токтағы электрлік тізбектер бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. Ток резонансы шартын жазу. ЭТ толық токтың күтілетін мәнін және $U = 36$ В, $f = 50$ Гц шартындағы ток мәнін жазу (R_K және L_K мәндері 6.4- кестенің әрбір нұскасы үшін келтірілген). Резонанс кезіндегі сыйымдылықтың күтілетін мәнін есептеу, есептеу деректерін зерттеу протоколына жазу.

Зертханада орындалады:

3.3. Суретке сәйкес ЭТ жинау. Шектерді ауыстырып-қосқыш көмегімен өлшеу аспаптарының *ең үлкен* номиналды шамасын орнату. Барлық конденсаторларды сөндіру қажет (батырмалар өшірілген).

Сызбаны оқытушыға тексертеннен кейін, қорек көзін беру. П.3- суретінде көрсетілген тиісті сигналды шамдар жануы керек.

3.4. П4.1 ауыстырып-қосқышымен сыйымдылық арта бастайды, оны тізбектегі тоқ *ең кіші* болатындай етіп орнату (тоқ резонансы режимі). Срез сыйымдылық мәнін және барлық аспап көрсеткіштерін 6.1-кестенің тиісті графаларына енгізу. Сыйымдылық мәнін Срез –ден үлкен және шағын жақтарға өзгерту арқылы, барлық аспап көрсеткіштерін сыйымдылықтың алты мәні үшін түсіру. Деректерді 6.1-кестеге енгізу.

3.5. ЭТ қорек көзін сөндіру, П4.1 ауыстырып-қосқышын бастапқы қалпына орнату.

3.6. 6.2-кестеге зертханалық жұмыста қолданылатын өлшеу аспаптарының негізгі сипаттамаларын енгізу. Алынған эксперименттік деректер негізінде 6.2-суретте $7(C)$, $7_K(C)$, $I_C(C)$ тәуелділіктерін құру.

3.7. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсыздандырып, аспаптар мен сымдарды зертханаға өткізу, жұмыс орнын қалпына келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 6 жұмыс есебі

Синусоидалды тоқ пен кернеуде конденсатор мен индуктивтілік катушкасын параллельді жалғау

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар, алдын-ала жасалған есептер

Нұсқа № ... : $R_K = \dots$; $B_K = \dots$; $U = \dots$.

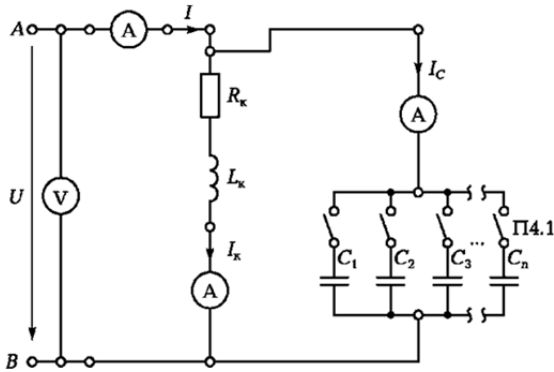
Тоқ резонансының шарты:

$C_{рез} \gg 10/1_k$ резонансындағы сыйымдылық=

ЭТ және оның тармақтарындағы ток:

$I_{рез} = \dots, I_k = \dots, I_C = \dots$

4.3. Электрлік тізбек сызбасы және кестелер



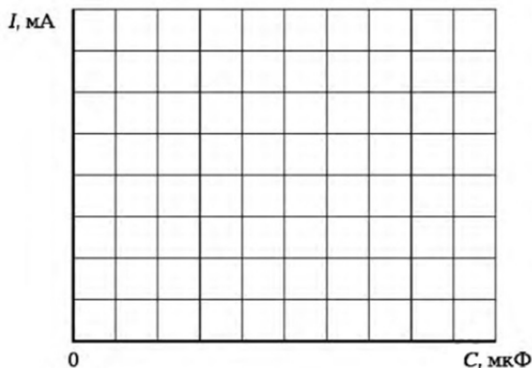
Сурет -6.1. Ток резонансын игеруге арналған ЭТ сызбасы

Кесте - 6.1

C, мкФ	U, В	I, мА	1 _k , мА	IC, мА
C _{рез} =				

Кесте - 6.2

Аспап	Түрі	Жүйесі	Ток түрі	Дәлдік класы	Бөлу бағасы	Номиналды шама



Сурет 6.2. Конденсатор сыйымдылығына ЭТ тармағындағы ток

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім
және 6.3-кестеде көрсетілген эксперименттік деректерді
өңдеуге арналған формулалар.

Ом Заңы: $I = Uy$; $y_K = 1_K/i$, $b_C = IC/U$.

Кирхгофтың 1-ережесі: $I = I_K + I_C$.

Өткізгіштік үшбұрышы:

$$y = \sqrt{g^2 + (b_c - b_L)^2}; y_K = g^2 + b_L^2;$$

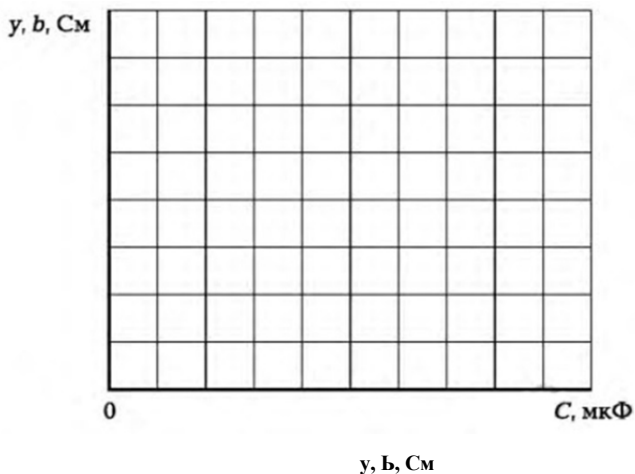
$$X_L = 2\pi fL_K; X_C = 1/(2\pi fC); g = R_K/Z_K^2;$$

$$b_c = 1/X_C; b_L = X_L/Z_K^2; Z = \sqrt{R_K^2 + (X_L - X_C)^2}; Z_K = R_K^2 + X_L^2.$$

Кесте - 6.3

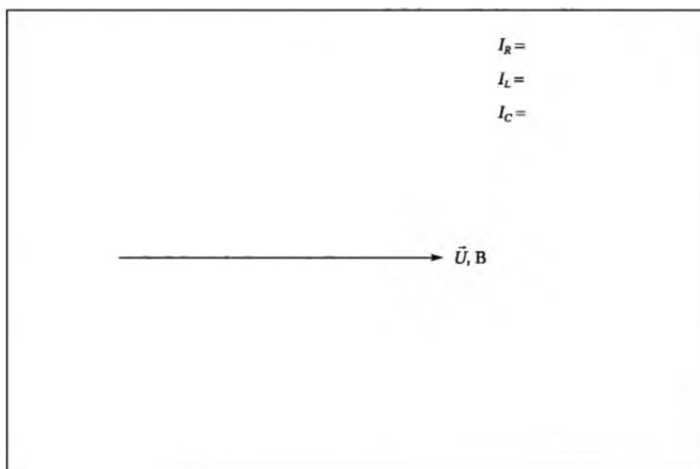
$$g = \dots C^M$$

$y, \text{См}$	$Y_K, \text{См}$	$b_C, \text{См}$	$b_L, \text{См}$	$C, \text{мкФ}$



Сурет-6.3. ЭТ толық және реактивті өткізгіштігінің сыйымдылыққа тәуелділігі

$$m_j = \dots \text{ мА/мм}$$



Сурет-6.4. Индуктивтілік катушкасы мен конденсатордың параллельді байланысындағы тоқтардың векторлы диаграммасы

4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық сабақ тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

5.1. № 6 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколдарын дайындау.

5.2. 6.1-кестеде көрсетілген ЭТ-тегі $U = 36$ В, C сыйымдылығы 1 ден 29 мкФ дейін өзгереді, индуктивтілік катушканың параметрлері нұсқаның әртүрлі түрлеріне арналған R_K және L_K 6.4 кестеде көрсетілген.

Кесте-6.4

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$L_K, \text{Ом}$	15	12	20	16	14	18	13	20
$L_K, \text{Гн}$	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,8	0,7	0,8

Резонанс кезінде күтілетін сыйымдылық мәнін есептеу, одан кейін көрсетілген диапазоннан сыйымдылықтың жеті мәні үшін u , u_K , bC , bL мәндерін есептеу. Есептеу нәтижелерін 6.3-кестеге енгізу.

5.3. 6.3-кесте деректеріне сәйкес, әрбір ЭТ тармағындағы тоқ мәнін және толық тоқты (I) есептеу (I_K және I_C). Есептеу нәтижелерін 6.1 кестеге енгізу.

5.4. 6.1-кесте деректерінің негізінде 6.2-суретте $I(C)$, $I_K(C)$, $I_C(C)$ тәуелділіктерін құру.

6. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талапар

6.1. осымша тапсырма. 6.1-кестенің деректеріне сәйкес, u , u_K , bC , bL мәндерін есептеу. Есептеу нәтижелерін 6.3-кестеге енгізу. $g = y = I/U$ резонансында индуктивтілік катушканың белсенді өткізгіштігін есептеу. Деректерді зерттеу протоколына енгізу.

Есептеу нәтижелерінің негізінде 6.3-суреттегі координатаның бір жүйесінде $u(C)$, $B_K(C)$ немесе $b_L(C)$, $b_C(C)$ тәуелділіктерін құру.

6.2 Оқытушымен протоколда белгіленген бір жағдай үшін 6.4-суретте кернеу мен тоқтың векторлы диаграммасын тиісті масштабта құру.

6.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары:

1. Тоқ резонансы дегеніміз не?
2. Тоқ резонансына қандай параметрлер әсер етеді?
3. Тоқ резонансының пайда болу шартын және резонанс нәтижесін жазыңыз.
4. Толық, белсенді және реактивті өткізгіштік арасындағы байланысты көрсетіңіз.
5. Векторлы диаграмма көмегімен тоқ резонансы сәтін кескіндеңіз.
6. Резонанс кезінде тізбекпен пайдаланылатын қуат сипаты қандай?
7. Тоқ резонансы құбылысы қайда пайдаланылады?
8. Қуаттылық коэффициенті деген не және ол нені анықтайды?

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 7 (III)

«ЖҰЛДЫЗ» ТҮРІНДЕ БАЙЛАНЫСҚАН БІРФАЗАЛЫ ҚАБЫЛДАҒЫШТАРДЫҢ БЕЛСЕНДІ ЖҮКТЕЛУІНДЕГІ ҮШФАЗАЛЫ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕК

1. Жұмыс мақсаты

1.1. «Жұлдыз» түрінде байланысқан бір фазалы қабылдағыштарға арналған сызықтық және фазалық тоқтар мен кернеулер арасындағы арақатынасты эксперименттік жолмен тексеру.

1.2. Симметриялы және асимметриялы емес жүктемеде бейтарап сымның фазалық кернеу мәндеріне ықпалын зерттеу.

1.3. Үшфазалы тізбектер үшін Кирхгофтың 1, 2-ережелерін тексеру.

1.4. Векторлы диаграммаларды пайдалану арқылы үшфазалы тізбекті талдау әдісімен танысу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне белсенді жүктеме қызметін атқаратын үш бірфазалы қабылдағыш - ауыспалы резисторлар жатады. Әр фазаның кедергісі қозғалтқыш қалпымен анықталады, $R_{\text{ғни}}$, резистор осінің бұрылу бұрышымен. «Жұлдыз» ретінде байланысқан бір фазалы қабылдағыштар үш фазалы синусоидалды кернеу көзіне қосылады.

Бір фазалы ($a — x$, $b — y$, $c — z$ фазалары) қабылдағыштарға жататын барлық элементтер стандарттік панельдің №4 тақтасында орналасады (П.4- қосымшасындағы суретті қараңыз) және байланыс клеммаларының көмегімен ЭТ-не қосылуы мүмкін. Жұмыста ППБ-25Г-220 Ом үш ауыспалы резисторы қолданылады, олардың әрқайсы ПЭВР-10-100 резисторымен тізбекті қосылады.

Өлшеу аспаптары қосылған электрлік тізбек (ЭТ) сызбасы 7.1-суретте көрсетілген. Өлшеу құралдары ретінде келесі аспаптар пайдаланылады:

- сызықтық және фазалық тоқты бейтарап сымда өлшеуге арналған ауыспалы тоқтағы миллиамперметрлер – 4 дана;

- сызықтық және фазалық кернеуді, сонымен бірге бейтарап ығысу кернеуін өлшеуге арналған ауыспалы тоқтағы вольтметр.

ЭТ қоректенуі үшфазалы кернеу көзінен $U_{\text{нф}} = 20$ В жүзеге асырылады (A , B , C , N қысымдары—П.3-қосымшадағы суретті қараңыз).

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 7 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша теориялық қысқаша деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. Зерттеу протоколына симметриялы және симметриялы емес жүктемедегі фазалық және сызықтық токтар мен кернеулер арасындағы теориялық қатынастарды жазу.

Зертханада орындалады:

3.3. ЭТ-ті 7.1-суретке сәйкес жинау. Ауыстырып-қосқыш көмегімен өлшеу аспаптарының *ең үлкен* шамасын орнату. Сызбаны оқытушыға тексергеннен кейін, қорек көзін беру. П.3-

суретінде көрсетілген тиісті сигналды шамдар жануы керек. Вольтметрмен U сызықтық кернеуді өлшеу, ол $(36 \pm 3,6)$ В диапазонында болуы керек.

3.4. Әрбір фазадағы R белсенді кедергі мәнін реттеп, сызықтық сызыққа қосылған амперметрдің бірдей көрсеткішіне қол жеткізу. Вольтметр көмегімен қабылдағыштардағы фазалық тоқ пен кернеуді өлшеу. Алынған тоқ және кернеу мәндерін 7.1-кестесіне енгізу.

Бейтарап сымды қорек көзінен сөндіру (N қысымы) және қабылдағыштардағы фазалық тоқ пен кернеуді қайта өлшеу, сонымен қатар U_{nN} бейтарап ығысу кернеуін өлшеу. Нәтижелерді 7.1-кестесіне енгізу.

3.5. Бейтарап сымды N қысқышына *жалғау*, барлық фазадағы жүктемені симметриялы емес етіп *өзгерту*. Қабылдағыштағы фазалық кернеулерді, бейтарап сымдағы тоқты өлшеу. Нәтижелерді 7.1-кестесіне енгізу.

Бейтарап сымды ажырату және фазалық тоқ пен кернеуді қайта өлшеу, сонымен қатар бейтарап ығысу кернеуін өлшеу. Нәтижелерді 7.2 кестесіне енгізу. ЭТ қорек көзін сөндіру.

3.6. Зерттеу нәтижелерін оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсыздандырып, жұмыс орнын қалпына келтіру.

3.7. 7.1 және 7.2-кесте деректерінің негізінде 7.1-суретімен фазалардың толық кедергісін және тоқ пен кернеу арасындағы фазалардың жылжу бұрышын есептеу, нәтижелерді 7.3-кестеге енгізу.

4. Зерттеу протоколы және № 7 жұмыс есебі

«Жұлдыз» түрінде байланысқан бір фазалы қабылдағыштарды белсенді жүктеудегі үшфазалы электрлік тізбек

4.1. Жұмыс мақсаты _____

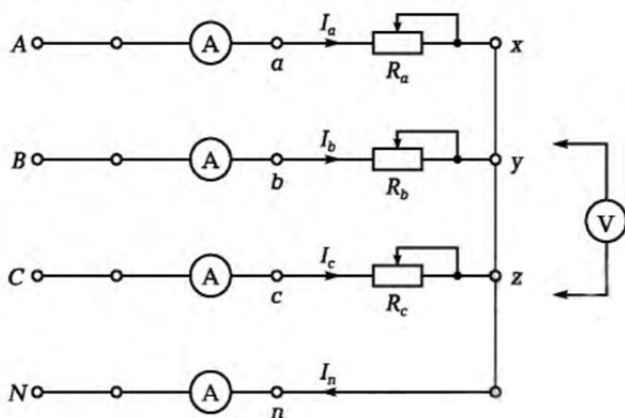
4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есептер Симметриялы жүктеме:

$$U_A/U_{\Phi} = \dots; I_A/I_{\Phi} = \dots; \vec{I}_n = \dots$$

СимметриРлы емес жүктеме:

$$\vec{U}_a = \quad ; \vec{U}_b = \quad ; \vec{U}_c = \quad .$$

4.3. Электрлік тізбек сызбасы және кестелер

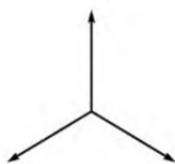


Сурет-7 .1 . «Жұлдыз» түрінде байланысқан бір фазалы қабылдағыштарды белсенді жүктеудегі үшфазалы ЭТ сызбасы

$$m_U = \dots B/\text{мм}_t \quad m_I = \dots \text{мА}/\text{мм}$$



Бейтарап сыммен



Бейтарап сымсыз

Сурет-7.2. «Жұлдыз» түрінде байланысқан бір фазалы қабылдағыштарды белсенді жүктеудегі үшфазалы ЭТ векторлы диаграммасы (зерттеу нәтижелері бойынша құрылады)

4.4. Есептік-графиктік бөлім

7.1 және 7.2-кестеде көрсетілген эксперименттік деректерді өңдеуге арналған формулалар.

СимметриҚлы жүктеме: $R_a = R_b = R_c$,

Кесте - 7.1

Байланыс сызбасы	U_{φ} В	$U_{\varphi\varphi}$ В	U_o В	I_{a2} mA	I_{b2} mA	I_{c2} mA	I_{n2} mA	U_{nN2} В
Бейтарап сыммен								
Бейтарап сымсыз								

СимметриҚлы емес жүктеме: $R_a \neq R_b \neq R_c$,

Кесте - 7.2

Байланыс сызбасы	U_{φ} в	$U_{\varphi\varphi}$ В	U_o В	I_{a2} mA	I_{b2} mA	I_{c2} mA	I_{n2} mA	U_{nN2} В
Бейтарап сыммен								
Бейтарап сымсыз								

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

$$Z\phi = U\phi/I; \phi = \arctg X/R$$

Кесте - 7.1

Жүктеме	Байланыс сызбасы	$Z_a, \text{ Ом}$	$Z_b, \text{ Ом}$	$Z_c, \text{ Ом}$	$\varphi_a, \text{ град}$	$\varphi_b, \text{ град}$	$\varphi_c, \text{ град}$	$I_n, \text{ мА}$	$U_{nN}, \text{ В}$
СимметриҚлы ($R_a = R_b = R_c$)	Бейтарап сыммен								
	Бейтарап сымсыз								
СимметриҚлы емес ($R_a \neq R_b \neq R_c$)	Бейтарап сыммен								
	Бейтарап сымсыз								

4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

5.1. № 7 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

5.2. Зерттеу протоколына симметриялы және симметриялы емес жүктемедегі фазалық және сызықтық токтар мен кернеулер арасындағы теориялық қатынастарды, бейтарап сымдағы ток мәнін жазу.

Сыныпта орындалады:

5.3. 7.4-кестеде сызықтық жүктеме және ЭТ фазалық кедергілерінің мәні көрсетілген (7.1-суреттегі). Нұсқа нөмірі стенд нөміріне сәйкес келеді. 7.4-кесте деректерінің негізінде өз нұсқаңыз үшін фазалық кернеуді және бейтарап сымдағы ЭТ тоғын есептеу. Нәтижелерді 7.1 және 7.2-кестелерге енгізу. 7.1 және 7.2-кестелер деректерінің негізінде 7.2- суретте кернеу мен токтың векторлы диаграммасын құру. Векторлы диаграммалар бойынша бейтарап сымдағы ток мәнін анықтау.

5.4. осымша тапсырма. Бейтарап сымсыз симметриялы емес режим үшін тізбекті жуықтау әдісімен ток пен кернеудің векторлы диаграммасын құру және $I_n = I_a + I_b + I_c = 0$ шартын есепке алу. Бейтараптың ығысу кернеуін анықтау U_{nN} .

Кесте-7.4

Нұсқа №		1	2	3	4	5	6	7	8
Ул, В		34	34	27	34	34	27	34	34
Симметриялы жүктеме	$R_a = R_b = R_c = R\phi, \text{ Ом}$	100	200	150	50	100	150	50	200

Нұсқа №		1	2	3	4	5	6	7	8
Симметриялы емес жүктеме	R_a , Ом	100	200	100	50	50	300	100	200
	R_b , Ом	200	100	150	200	100	150	50	50
	R_c , Ом	50	50	300	100	200	100	200	100

6. Есептік-графиктік бөлімнің талаптары

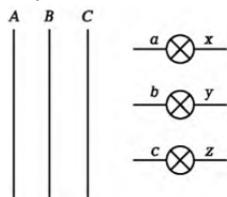
6.1. Зертханалық жұмыс үрдісінде алынған 7.1, 7.2 және 7.3-кестелерінің деректеріне сәйкес, 7.2-суретте кернеу мен тоқтың векторлы диаграммаларын құру, m_v , В/мм, және m_j , мЛ/мм тиісті масштабтарын таңдау. Векторлы диаграммалар негізінде бейтарап сымдағы тоқ мәнін және бейтараптың ығысу кернеуін анықтау. Нәтижелерді 7.3-кестеге енгізу.

6.2. Эксперименттік және есептік жолмен алынған бейтарап сымдағы тоқ пен бейтараптың ығысу кернеуінің нәтижелерін салыстыру.

6.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Бейтарап сымның рөлі қандай?
2. «Жұлдыз» сызбасымен бірфазалы жүктемені қалай қосу керек?
3. Қандай кернеуді (тоқты) сызықтық және фазалық деп атайды?
4. Бейтараптың ығысу кернеуі қандай жағдайларда пайда болады?
5. Бейтарап сымдағы тоқ пен бейтараптың ығысу кернеуін қалай есептеген дұрыс, егер фазалық тоқ пен кернеу белгілі болса?
6. Жарықтандыру желісінде бейтарап сым қажет пе?
7. Үшөткізгішті тарату жолында «жұлдыз» түрінде үш шамды қосу сызбасын салып бітіріңіз.



**«ЖҮЛДЫЗ» ТҮРІНДЕ БАЙЛАНЫСҚАН БІР
ФАЗАЛЫ ҚАБЫЛДАҒЫШТАРДЫ
РЕАКТИВТІ ЖҮКТЕУДЕГІ ҮШФАЗАЛЫ
ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕК**

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Реактивті жүктемесі бар үшфазалы электрлік тізбекке (ЭТ) зерттеу жүргізу, бейтарап сымдағы ток пен бейтарап ығысу кернеуін анықтау.

1.2. Фазалық ток пен кернеу мәндеріне қабылдағыш фазаларының біреуіндегі қысқа тұйықталу әсерін анықтау (қосымша тапсырма).

1.3. Қабылдағыштарды реактивті жүктеу кезінде векторлы диаграммалар құру әдістерін игеру.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне келесі жүктемелерге ие үшфазалы қабылдағыш жатады:

белсенді ($R = 80...300 \text{ Ом}$) — жарықтандыру жүйесіндегі жұмысқа ұқсату;

индуктивті ($L = 0,65 \text{ Гн}$, $R_L = 15 \text{ Ом}$) — үшфазалы асинхронды қозғалтқыш жұмысына ұқсату;

сыйымдылықты ($C = 16 \text{ мкФ}$) — үшфазалы синхронды компенсатор жұмысына ұқсату. Барлық элементтер стандарттік панельдің №4 тақтасында жиналған (П.4-қосымшасындағы суретті қараңыз). Оқытушы таңдауы бойынша зерттеулер фазада әртүрлі жүктемемен өткізілуі мүмкін.

Нұсқалардың біреуі ретінде әртүрлі сипаттағы *біртекті* жүктемемен ЭТ зерттеулерін орындау:

белсенді — фаза a — x ;

индуктивті — фаза b — y ;

сыйымдылықты — фаза c — z .

ЭТ қоректенуі $I_D = (36 \pm 3,6) \text{ В}$ сызықтық жүктемесі бар үшфазалы қорек көзінен жүзеге асырылады.

Өлшеу аспаптары ретінде қалқанды миллиамперметрлер (4 дана) және вольтметр қолданылады.

Өлшеу аспаптары қосылған ЭТ сызбасы 8.2-суретте көрсетілген.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 8 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теориялық қысқаша деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

3.2. Бірфазалы қабылдағыштарға арналған тоқ пен кернеу фазасының жылжу бұрыштарын есептеу (8.2-суреттегі). Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

3.3. 8.1-кесте деректеріне сәйкес өз нұсқаңыз үшін 8.1-суретте біртекті жүктеме бойынша тоқ пен кернеудің векторлы диаграммасын құру. Бейтарап сымдағы тоқ мәнін анықтау I_n .

Кесте-8.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_A, В$	34	27	34	27	34	27	34	27
$R_a = X_b = X_c, Ом$	100	50	200	150	50	75	80	300

Зертханада орындалады:

3.4. ЭТ 8.2-суретке сәйкес жинау. Ауыстырып-қосқыш көмегімен өлшеу аспаптарының ең үлкен шамасын орнату.

3.5. Сызбаны оқытушыға тексертеннен кейін қорек көзін беру. П.3- суретінде көрсетілген тиісті сигналды шамдар жануы керек.

3.6. $a — x$ фазасындағы белсенді кедергісін реттеп, әрбір фазадағы амперметрдің бірдей көрсеткішіне қол жеткізу. U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} , сызықтық кернеулерді, U_a , U_b , U_c фазалық кернеулерді, I_a , I_b , I_c фазалық тоқтарды I_n бейтарап сымда өлшеу. Нәтижелерді 8.2-кестеге енгізу. Өлшенген сызықтық кернеулердің орташа мәніне $\wedge$ теңестіру.

Бейтарап сымды қорек көзінен сөндіру (N қысымы) және қабылдағыштардағы фазалық тоқ пен кернеуді қайта өлшеу, сонымен қатар $U_n N$ бейтарап ығысу кернеуін өлшеу. Нәтижелерді 8.2-кестесіне енгізу.

3.7. Қосымша тапсырма. Фазаның қысқа тұйықталуын ұқсату ажыратылған бейтарап сымда жүзеге асырылады.

ЭТ қорек көзін сөндіру. a — x фазасындағы жүктемені сыммен тұйықтау. Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін, ЭТ кернеу беру және сызықтық және фазалық кернеулер мен тоқты, сонымен бірге бейтараптың ығысу кернеуін өлшеу. Нәтижелерді 8.2-кестеге енгізу.

3.8. Зерттеу протоколын оқытушымен растаған соң, ЭТ тоқсыздандырып, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 8 жұмыс есебі

«Жұлдыз» түрінде байланысқан бір фазалы қабылдағыштарды реактивті жүктеудегі үшфазалы электрлік тізбек

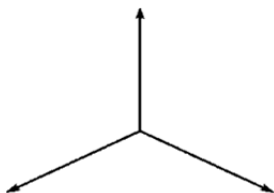
4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар, алдын ала дайындалған есеп

Нұсқа № ... : $U_A = \dots$; $R_a = X_b = X_c = \dots$.

Кедергілер үшбұрышынан $\phi = \arctg(X_L - X_C)/R$, откуда $\phi_a = \dots$, $\phi_b = \dots$, $\phi_c = \dots$ (R_R қабылдау = 0 Ом).

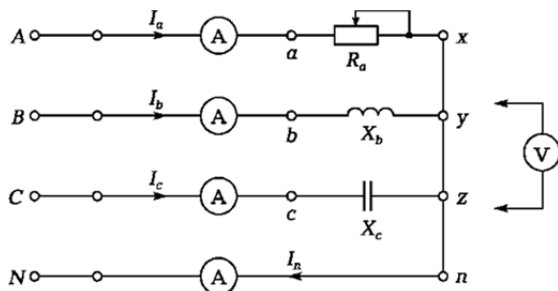
$mU = \dots$ В/мм, $mj = \dots$ мА/мм



$I_n = \dots$

Сурет-8.1. «Жұлдыз» түрінде байланысқан бірфазалы қабылдағыштардың біртекті жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ кернеу мен тоқтың векторлы диаграммасы (дайындық кезеңінде құрылады).

4.4. Электрлік тізбек сызбасы және кестелер



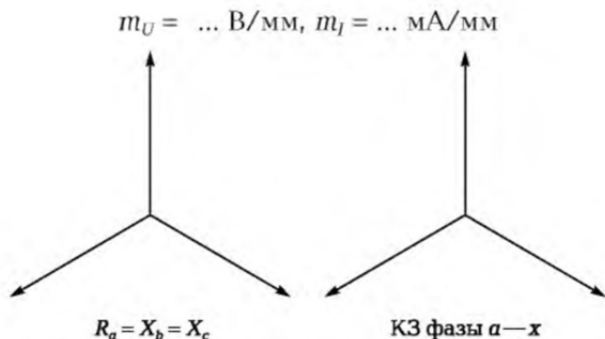
Сурет-8.2. «Жұлдыз» түрінде байланысқан бірфазалы қабылдағыштардың біртекті жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ сызбасы

Кесте-8.2

Режим	Байланысу сызбасы	нл, В	U_a , В	u_b , В	U_c , В	I_a , мА	I_b , мА	I_c , мА	I_n , мА	U_{nN} , В
Біртекті жүктеме ($R_a = X_b = X_c$)	Бейтараппен									-
	Бейтарапсыз									
$a-x$ фазасының КЗ	Бейтарапсыз									

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____
Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім



Сурет-8.3. «Жұлдыз» түрінде байланысқан бірфазалықабылдағыштардың біртекті жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ кернеу мен тоқтың векторлы диаграммасы (зерттеунәтижелері бойыншақұрылады).

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

5.1. № 8 практикалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теориялық қысқаша деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

5.2. Бірфазалы қабылдағыштарға арналған тоқ пен кернеу фазасының жылжу бұрыштарын есептеу (8.2-суреттегі). Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

5.3. 8.1-кесте деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін 8.1-суретте біртекті жүктеме бойынша тоқ пен кернеудің векторлы диаграммасын құру. Бейтарап сымдағы тоқ мәнін анықтау I_n .

Сыныпта орындалады:

5.4. 8.3-кестеде ил сызықтық кернеу мәне ЭТ фазалық кедергілер көрсетілген (8.2-суреттегі). Үшөткізгішті ЭТ U_{nN} бейтараптың ығысу кернеуінің векторы барлық нұсқалар үшін U_a фазалық кернеу векторынан 180° -қа қалады.

Кесте - 8.3

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
U_n , В	173	86	86	173	260	346	220	346
$R_a = X_b = X_c$	100	100	50	200	150	50	127	100
U_{nN} , В	70	35	35	70	105	140	89	140

8.3-кесте деректері бойынша, өз нұсқаңыз үшін векторлық диаграммалар көмегімен U_a , U_b , U_c фазалық кернеулерді және I_a , I_b , I_c фазалық тоқты, сонымен бірге төрт және үшөткізгішті тарату жолы үшін U_{nN} бейтараптың ығысу кернеуін I_n бейтарап сымда есептеу. Нәтижелерді 8.2-кестеге енгізу.

5.5. осымша тапсырма. Үшөткізгішті тарату жолы үшін жүктеменің қысқа тұйықталуын есепке алып (a — х фазалары), фазалық кернеу мен тоқты, бейтараптың ығысу кернеуін есептеу. Нәтижелерді 8.2-кестеге енгізу.

6. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

6.1. 8.2-кесте деректеріне сәйкес 8.3-суретте mU және mI масштабтарында кернеу мен тоқтың векторлы диаграммаларын біртекті жүктемеде және a — х фазасының қысқа тұйықталуында құру.

6.2. Векторлы диаграммалар көмегімен бейтарап сымдағы тоқты және бейтараптың ығысу кернеуін анықтау. Нәтижелерді зертеу протоколына енгізу.

6.3. Зерттеу және есеп нәтижелері негізінде жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай жүктеме симметриялы деп аталады (біртекті, бірқалыпты)?
2. Симметриялы және симметриялы емес жүктемеде бейтарап сымдағы ток неге тең?
3. Егер фазалық тоқтар белгілі болса, бейтарап сымдағы тоқты графикалық түрде қалай анықтау керек?
4. Егер фазалық кернеулер белгілі болса, бейтараптың ығысу кернеуін графикалық түрде қалай анықтау керек?
5. Үш немесе төртөткізгішті тарату жолының бір фазасында қысқа тұйықталу кезінде не болады?
6. Мекеменің жарықтандыру желісін симметриялы жүктеме деп атауға болады ма?
7. Үшфазалы асинхронды қозғалтқышты симметриялы жүктеме деп атауға болады ма?

**«Үшбұрыш» арқылы байланысқан
бірфазалы қабылдағыштардың белсенді
жүктемесіндегі үшфазалы электрлік тізбек**

1. Жұмыс мақсаты

1.1. «Үшбұрыш» түрінде байланысқан бірфазалы қабылдағыштарға арналған сызықтық және фазалық токтар мен кернеулер арасындағы арақатынасты эксперименттік әдіспен тексеру.

1.2. Өлшеу әдістерін және үшфазалы электрлік тізбектегі қуаттылықты өлшеу әдістерін игеру.

1.3. «Үшбұрыш» түрінде байланысқан белсенді жүктемедегі үшфазалы ЭТ талдау әдістерімен векторлы диаграммалар арқылы танысу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне үш бірфазалы қабылдағыш жатады, олар белсенді жүктеме ретінде қызмет етеді және стендтік панельдің №4 тақтасында жиналған (П.4-қосымшадағы суретті қараңыз). Жүктеме түрінде резисторы ППБ-25Г-220 Ом ауыспалы резисторлары қолданылады, олардың әрқайсы ПЭВР-10-100 резисторымен тізбекті қосылған.

ЭТ қоректендіру $U_L = (36 \pm 3,6)$ В сызықтық кернеуі бар үшфазалы қорек көзінен жүзеге асырылады. Өлшеу аспаптары ретінде қалқанды миллиамперметрлер (6 дана), ваттметрлер (2 дана) және вольтметр қолданылады.

Өлшеу аспаптары қосылған ЭТ сызбасы 9.2-суретте келтірілген.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы
Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 9 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теориялық қысқаша деректермен (IV бөлімді қараңыз) танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

3.2. «Үшбұрыш» түріндегі симметриялы бірфазалы қабылдағыштың байланыс сызбасына арналған сызықтық

және фазалық кернеулер мен тоқ арасындағы арақатынасты зерттеу протоколына жазу. Үшфазалы ЭТ пайдаланылатын белсенді қуатты анықтауға арналған мәнді жазу. 9.2 және 9.3 кестеде параметрлердің өлшеу бірліктерін көрсету.

1.4. 9.1-кесте деректеріне сәйкес өз нұсқаңыз үшін 9.1-суретте тиісті масштаб бойынша симметриялы жүктемеде кернеу мен тоқтың векторлы диаграммаларын құру. Векторлы диаграммалар негізінде сызықтық тоқты есептеу, нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

Кесте-9.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
ил, В	36	220	380	127	220	380	120	220
Лф, Ом	72	110	190	127	220	380	60	55

Зертханада орындалады:

3.4. ЭТ-ті 9.2-суретке сәйкес жинау. Ауыстырып-қосқыш көмегімен өлшеу аспаптарының *ең үлкен* шамасын орнату.

3.5. Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін қорек көзін беру. П.3- суретінде көрсетілген тиісті сигналды шамдар жануы керек.

3.6. Қабылдағыштардың белсенді кедергісін реттеп, әрбір фазадағы амперметрдің бірдей көрсеткішіне қол жеткізу. Белсенді қуатты пайдаланатын U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} , сызықтық және фазалық кернеулерді, I_a , I_b , I_c сызықтық және I_{ab} , I_{bc} , I_{ca} фазалық токтарды өлшеу. Нәтижелерді 9.2- кестеге енгізу.

3.7. Фазалардағы жүктемені симметриялы емес етіп *өзгерту*. Сызықтық және фазалық кернеулерді, сызықтық және фазалық тоқты, әр фазамен пайдаланылатын қуатты қайта өлшеу. Нәтижелерді 9.2-кестеге енгізу.

3.8. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсындандырып, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 9 жұмыс есебі

«Үшбұрыш» арқылы байланысқан бірфазалы қабылдағыштардың белсенді жүктемесіндегі үшфазалы электрлік тізбек

4.1. Жұмыс мақсаты _____

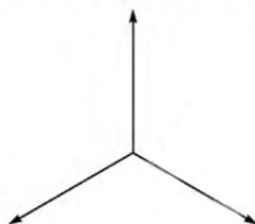
4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

$$U_A/U_\Phi = \dots; I_A/I_\Phi = \dots; P_\Phi = 3U_\Phi I_\Phi = \dots U_A I_A.$$

Вариант № ... : $U_A = \dots; R_\Phi = R_{ab} = R_{bc} = R_{ca} = \dots;$

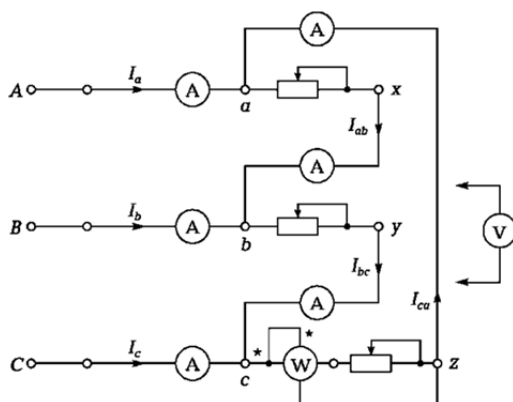
$$I_\Phi = \dots; I_A = \dots; P = \dots.$$

$$m_U = \dots \text{ В/мм}, m_I = \dots \text{ мА/мм}$$



Сурет-9.1. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан қабылдағыштардың белсенді жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ тоқ пен кернеудің векторлы диаграммасы (жұмысқа дайындық кезеңінде құрылады)

4.3. Электрлік тізбек сызбасы мен кестелер



Сурет-9.2. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан қабылдағыштардың белсенді жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ сызбасы

Кесте -9.2

Жүктеме	U_n	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}	I_{ab}	I_{bc}	I_{ca}	I_a	I_b	I_c	P_{ab}	P_{bc}	P_{ca}
Симметриялы ($R_a = R_b = R_c$)													
Симметриялы емес ($R_a \neq R_b \neq R_c$)													

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____
Оқытушы _____

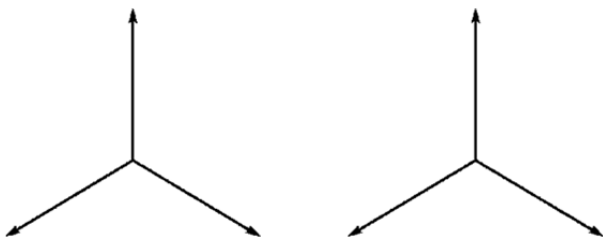
4.4. Есептік-графиктік бөлім

Кесте -9.3

Жүктеме	R_{ab}	R_{bc}	R_{ca}	P_{ab}	P_{bc}	P_{ca}	I_a	I_b	I_c	P_{Σ}
Симметриялы ($R_a = R_b = R_c$)										
Симметриялы емес ($R_a \neq R_b \neq R_c$)										

$m_u = \dots \text{ В/мм}, m_j = \dots \text{ мА/мм}$

СимметриРлы жүктемеСимметриРлы емес жүктеме



Сурет-9.3. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан қабылдағыштардың белсенді жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ тоқ пен кернеудің векторлы диаграммасы (зерттеу нәтижелері бойынша құрылады)

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

5.1. № 9 практикалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теориРлық қысқаша деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

5.2. «Үшбұрыш» түріндегі симметриРлы бірфазалы қабылдағыштардың байланыс сызбасына арналған сызықтық және фазалық кернеулер мен тоқ арасындағы арақатынасты зерттеу протоколына жазу. Үшфазалы ЭТ пайдаланылатын белсенді қуатты анықтауға арналған мәнді жазу.

5.3. 9.1-кесте деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін 9.1-суретте тиісті масштаб бойынша симметриРлы жүктемеде кернеу мен тоқтың векторлы диаграммаларын құру. Векторлы диаграммалар негізінде сызықтық тоқты есептеу, нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

Сыныпта орындалады:

5.4. 9.4-кестеде u_d и сызықтық кернеу мәндері және 9.2-суреттегі ЭТ фазалық кедергісінің мәндері келтірілген.

9.4-кестесінің деректері бойынша өз нұсқаңыз үшін фазалық ток пен кернеуді есептеу, нәтижелерді 9.2- кестеге енгізу.

Кесте - 9.4

Нұсқа №		1	2	3	4	5	6	7	8
ил, В		127	220	380	36	380	220	127	100
СимметриRлы жүктеме	$R_a = R_b =$ $= R_c = -йф,$ Ом	127	110	190	72	380	220	63,5	100
СимметриRлы емес жүктеме	$R_a, Ом$	50	220	285	36	190	110	127	50
	$R_b, Ом$	63,5	127	190	72	190	173	254	100
	$R_c, Ом$	127	63,5	95	36	95	127	63,5	200

Әрбір фазамен және барлық ЭТ пайдаланылатын қуатты есептеу, нәтижелерді 9.3 -кестеге енгізу.

6. Есеп мазмұнына қойылатын талаптар

6.1. 9.2-кесте деректеріне сәйкес, 9.3-суретте m_u және m_I масштабтары бойынша симметриRлы және симметриRлы емес жүктемелер үшін кернеу мен тоқтың векторлы диаграммаларын құру. I_a, I_b, I_c сызықтық тоқты анықтау және олардың мәнін 9.3-кестеге енгізу.

6.2. 9.2-кестеде келтірілген эксперименттік деректер негізінде R_{ab}, R_{bc}, R_{ca} фазалық кедергілерінің мәнін, P_{ab}, P_{bc}, P_{ca} қуатының мәнін, және барлық тізбекпен қолданылатын РЭЦ қуатты есептеу. Нәтижелерді 9.3- кестеге енгізу.

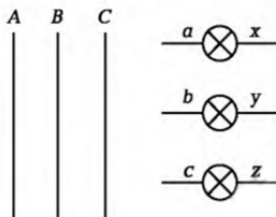
6.3. Зерттеу және есеп нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Бірфазалы қабылдағыштарды «үшбұрыш» түрінде

қалай жалғау керек?

2. Жүктеу фазаларын «үшбұрыш» түрінде жалғау артықшылығы неде?
3. Симметриялы жүктемеде фазалық және сызықтық тоқ арасындағы арақатынасы қандай?
4. Егер фазалық тоқтар белгілі болса, симметриялы емес жүктемеде сызықтық тоқ қалай анықталады?
5. Үшөткізгішті тарату жолында «үшбұрышпен» үш шамды қосу сызбасын салып бітіріңіз.



Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 10 (IV)

«Үшбұрыш» арқылы байланысқан бірфазалы қабылдағыштардың реактивті жүктемесіндегі үшфазалы электрлік тізбек

1. Жұмыс мақсаты

1.1. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан бірфазалы қабылдағыштардың реактивті жүктемесіне арналған сызықтық және фазалық тоқ пен кернеулер арасындағы арақатынасты эксперименттік жолмен тексеру.

1.2. Үшфазалы электрлік тізбектегі (ЭТ) қуатты өлшеу мен есептеу әдістерін игеру.

1.3. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан реактивті жүктемедегі үшфазалы ЭТ талдау әдістерімен векторлы диаграмма арқылы танысу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне үш бірфазалы қабылдағыш жатады, олар белсенді ($R = 80... 300$ Ом), индуктивті ($L = 0,65$ Гн, $R_K = 15$ Ом) және ($C = 16$ мкФ) сыйымдылықты жүктеме ретінде қызмет етеді және стендік панельдің №4 тақтасында жиналған (П.4-қосымшасындағы суретті қараңыз).

Оқытушының тандауы бойынша зерттеу әртүрлі жүктемеде орындалуы мүмкін. Аталған жұмыста ЭТ зерттеуді әртүрлі сипаттағы бірқалыпты жүктемемен орындау ұсынылады: белсенді — фаза a — x ; индуктивті — фаза b — y ; сыйымдылықты — фаза c — z .

ЭТ қоректендіру $I_L = (36 \pm 3,6)$ В сызықтық кернеуі бар үшфазалы қорек көзінен жүзеге асырылады.

Өлшеу аспаптары ретінде қалқанды миллиамперметрлер (6 дана), ваттметрлер (2 дана) және вольтметр қолданылады.

Өлшеу аспаптары қосылған ЭТ сызбасы 10.2 суретте келтірілген.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 10 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

3.2. Зерттеу протоколына «үшбұрыш» арқылы қабылдағыштарды байланыстыру сызбасына арналған симметриялы емес жүктемедегі сызықтық және фазалық токтар арасындағы негізгі арақатынасты жазу. Үшфазалы ЭТ қолданылатын белсенді, реактивті, толық қуатты анықтауға арналған мәнді жазу. 10.2, 10.3 және 10.4 кестелерінде параметрлерді өлшеу бірліктерін көрсету.

3.3. 10.1-кестесінің деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін фазалық токты есептеу және 10.1-суретте кернеу мен токтың векторлы диаграммасын бірқалыпты жүктемеде құру. Векторлы диаграммалар негізінде сызықтық токты есептеу, нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

Кесте-10.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
ил, В	127	36	220	127	220	380	380	36
Rф, Ом	63,5	36	110	127	220	190	380	72

Зертханада орындалады:

3.4. ЭТ-ті 10.2-суретке сәйкес жинау. Өлшеу аспаптарының ең үлкен номиналды шамасын орнату.

3.5. Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін, ЭТ кернеу беру, П.3- қосымшасының суретінде көрсетілген тиісті сигналды шамдар жануы керек.

3.6. a — x фазаларының белсенді кедергісін реттеп, әр фазада амперметрдің бірдей көрсеткішіне қол жеткізу. ЭТ-пен қолданылатын қуат бойынша U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} сызықтық және фазалық кернеуді, I_a , I_b , I_c сызықтық тоқты, I_{ab} , I_{bc} , I_{ca} фазалық тоқты өлшеу (екі ваттметр әдісі бойынша). Нәтижелерді 10.2 кестеге енгізу.

3.7. Зерттеу протоколын оқытушымен растаған соң, ЭТ тоқсыздандырып, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 10 жұмыс есебі

«Үшбұрыш» арқылы байланысқан бірфазалы қабылдағыштардың реактивті жүктемесіндегі үшфазалы электрлік тізбек

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

Нұсқа № ... : $U_A = ...$; $R_{ab} = X_{bc} = X_{ca} = ...$;

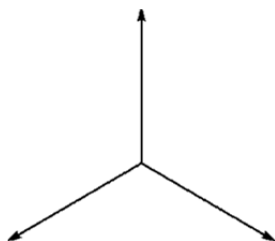
$I_{ab} = ...$; $I_{bc} = ...$; $I_{ca} = ...$;

$\vec{I}_a = \vec{I}_{ab} - \vec{I}_{ca} = ...$; $S = U_{ab}I_{ab} + U_{bc}I_{bc} + U_{ca}I_{ca} = ... \text{ В} \cdot \text{А}$;

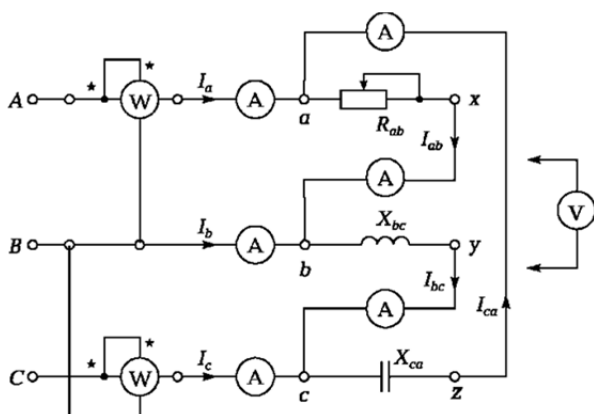
$\vec{I}_b = ...$; $P = U_{ab}I_{ab} \cos \varphi_{ab} + ... = ... \text{ Вт}$;

$\vec{I}_c = ...$; $Q = U_{ab}I_{ab} \sin \varphi_{ab} + ... = ... \text{ вар}$.

$$m_u = \dots \text{ В/мм}, m_J = \dots \text{ мА/мм}$$



Сурет-10.1. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан қабылдағыштардың бірқалыпты жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ тоқ пен кернеудің векторлы диаграммасы (жұмысқа дайындық кезеңінде құрылады)



Сурет-10.2. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан бірфазалы қабылдағыштардың бірқалыпты жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ сызбасы

Кесте- 10.2

Режим	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}	j_{ab}	j_{bc}	j_{ca}	J_a	J_b	J_c	P_i	P_2
Бірқалыпты жүктеме ($R_{ab} = X_{bc} = X_{ca}$)											

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.3. Есептік-графиктік бөлім

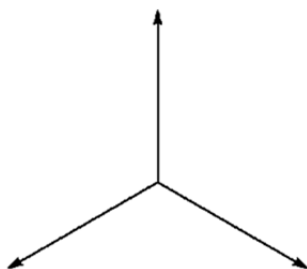
Кесте -10.3

Режим	R_{ab}	X_{bc}	X_{ca}	j_{ab}	j_{bc}	j_{ca}	J_a	J_b	J_c
Бірқалыпты жүктеме ($R_{ab} = X_{bc} = X_{ca}$)									

Кесте-10.4

Режим	S_{ab}	S_{bc}	S_{ca}	P_{ab}	P_{bc}	P_{ca}	Q_{ab}	Q_{bc}	Q_a	$P_{эц}$	$Q_{эц}$
Бірқалыпты жүктеме ($R_{ab} = X_{bc} = X_{ca}$)											

$$m_u = \dots \text{ В/мм}, m_j = \dots \text{ мА/мм}$$



Сурет-10.3. «Үшбұрыш» арқылы байланысқан қабылдағыштардың бірқалыпты жүктемесіндегі үшфазалы ЭТ тоқ пен кернеудің векторлы диаграммасы (зерттеу қорытындысы бойынша құрылады)

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

5.1. № 10 практикалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

5.2. Зерттеу протоколына «үшбұрыш» арқылы қабылдағыштарды байланыстыру сызбасына арналған симметриялы емес жүктемедегі сызықтық және фазалық токтар арасындағы негізгі арақатынасты жазу. Үшфазалы ЭТ қолданылатын белсенді, реактивті, толық қуатты анықтауға арналған мәнді жазу.

5.3. 10.1-кестесінің деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін фазалық тоқты есептеу және 10.1-суретте кернеу мен тоқтың векторлы диаграммасын бірқалыпты жүктемеде құру. Векторлы диаграммалар негізінде сызықтық тоқты есептеу, нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

Сыныпта орындалады:

5.4. 10.5-кестеде ил сызықтық кернеуінің мәні және ЭТ фазалық кедергілері (10.2 -суреттегі) көрсетілген..

Кесте -10.5

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
ил, В	127	36	220	127	220	380	380	36
$R_{ab} = X_{bc} = X_{ca},$ Ом	63,5	36	110	127	220	190	380	72

10.5 -кесте деректері бойынша өз нұсқаңыз үшін фазалық токтар мен фазалық кернеуді есептеу, нәтижелерді 10.2- кестеге енгізу.

6. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

6.1. 10.2-кестеге енгізілген эксперименттік деректер негізінде R_{ab} , X_{bc} , X_{ca} фазалық кедергілерінің мәнін, тоқ пен кернеу арасындағы фазаның жылжу бұрышын есептеу, нәтижелерді 10.3 кестеге енгізу.

6.2. 10.2 және 10.3-кесте деректеріне сәйкес, 10.3-суретте mU масштабтары бойынша бірқалыпты жүктемедегі тоқ пен кернеудің

векторлы диаграммасын құру. I_a , I_b , I_c сызықтық токтарын анықтау. Олардың мәндерін 10.3- кестеге енгізу.

6.3.10.2 және 10.3 кестесінің деректеріне сәйкес, фазалық қуаттылық мәндерін есептеу: толық - S_{ab} , S_{bc} , S_{ca} ; белсенді - P_{ab} , P_{bc} , P_{ca} ; реактивті - Q_{ab} , Q_{bc} , Q_{ca} . Барлық тізбекпен пайдаланылатын белсенді және реактивті қуатты анықтау. Нәтижелерді 10.4 -кестеге енгізу.

6.4. Зерттеу және есеп нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары:

1. Бірфазалы қабылдағыштарды «үшбұрышпен» қалай жалғау керек?
2. «Үшбұрышпен» фазаны жалғау артықшылығы неде?
3. СимметриРлы жүктемедегі фазалық және сызықтық ток пен кернеу арасындағы арақатынас қандай?
4. Егер фазалық ток белгілі болса, симметриРлы емес жүктемеде сызықтық ток қалай анықталады?

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 11 (IV)

ТҰРАҚТЫ ТОҚТАҒЫ МАГНИТТІ ТІЗБЕКТЕР

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Автоматиканың электромагниттік және магниттік тізбектерін есептеу тәсілдерін игеру.

1.2. Болат магниттік өткізгіштегі ауа саңылауының магнит ағымына және магниттеуші күшке әсерін зерттеу.

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу объектісіне басқару объектілерін қашықтықтан қосуға арналған КМ- 50Д-В түйістіргішінің магнитті тізбегі жатады. Ол стендік панельдің № 5 тақтасында (П.5 -қосымшадағы суретті қараңыз) жиналған.

11.1-суретте келтірілген магнитті тізбек сызбасына жылжымайтын білік 7, зәкір 3, зәкірдің еркін қозғалуына мүмкіндік беретін ауа технологиРлық саңылауы $\delta_{в.р}$,

зәкір катушка қаңқасын 2 орауды жүзеге асырады. Ауа жұмыс саңылауы зонасына цилиндрлік серіппе 1 орналастырылады, ол катушкадан кернеуді алғаннан кейін, зәкірді бастапқы қалпына келтіреді.

Түйістіргішке берілген электромагнитті энергия R максималды түрде зәкірді ауыстырудың механикалық энергиясына айналуы үшін, электромагнитті энергияны ауа саңылауына жинақтау керек. Сондықтан түйістіргішті жобалауда қарастырылады:

$$R_m + R_{в.т} \ll R_{в.р} \quad (11.1)$$

мұндағы R_m — ферромагнитті білік пен зәкірдің магнитті кедергісі; $R_{в.т}$ — ауа технологиалық саңылауының магнитті кедергісі;

$R_{в.р}$ — ауа жұмыс саңылауының магнитті кедергісі

Ом заңына сәйкес, магнитті тізбек үшін магнитті ағын

$$\Phi = Iw / (R_m + R_{в.т} \ll R_{в.р}). \quad (11.2)$$

(11.1) және (11.2) мәндерімен келесі түрге ие болады

$$\Phi = Iw / R_{в.р} \quad (11.3)$$

Өз кезегінде

$$R_{в.р} = \delta_{в.р} / (\mu_0 S_{в.р}), \quad (11.4)$$

мұндағы μ_0 — ауаның абсолютті магнитті өтімділігі; $S_{в.р}$ — ауа жұмыс саңылауының қиысу ауданы.

Тұрақты μ_0 және $S_{в.р}$ мәндерінде $R_{в.р}$ ауа жұмыс саңылауының магнитті кедергісі $\delta_{в.р}$ саңылау ұзындығымен анықталады. Φ магниттік ағын Iw магниттеуші күшке тікелей пропорционал және $\delta_{в.р}$ ауа саңылауының ұзындығына кері пропорционал болады:

$$\Phi = kIw / \delta_{в.р}, \quad (11.5)$$

мұндағы k — пропорционалдық коэффициенті.

Аталған жұмыста $\delta_{в.р}$ № 5 тақтаның бет панеліне шығарылған тұтқаны орнатады. Тұтқамен байланыстырылған тілше шкалада $\delta_{в.р}$ ұзындықты миллиметрде көрсетеді. «Рет. $\delta_{в.р}$ » тұтқасының осі зәкірмен 3 қатты байланысқан итергішке тағнады (11.1-суретті қараңыз). Итергішті 5 оське қысу серіппемен 1 орындалады. Итергіште жылжымалы түйіспе 6 орналасады, ол электрлік тізбекті оған қосыған шаммен $\delta_{в.р} = 0$ шартында тұйықтайды.

I тоқтың түйістіргіш айналымында артуымен Iw магнит күші, Φ магнит ағыны өседі, нәтижесінде жылжымалы зәкірмен берілетін $P_{эм}$ электромагнитті күш те артады:

$$F_{эм} = \Phi^2(2\mu_0 S_{в.р}). \quad (11.6)$$

$F_{эм}$ серіппенің қарсы әрекет ету күшінен $P_{пр}$ артатын болса, зәкір $3 \delta_{в.р} = 0$ шартындағы қалыпқа ауысады. Түйістіргіштің іске қосылғанын білдіретін сигналды шам жанады.

Қысу бойынша жұмыс істейтін, қарсы әрекет етуші цилиндрлік серіппе

1 10... 12 мм байланыстырылмаған жүрісіне ие болады, ал зәкірдің жұмыс жүрісі 1 мм-ден аспайды. Осыған байланысты қарсы әрекет ететін серіппе күшін жұмыс жүрісі шегінде тұрақты деп санауға болады. Бұл жерде ауа саңылауының $\delta_{в.р}$ әртүрлі мәндерінде $F_{эм}$ түйістіргіштің іске қосылу күшін тұрақты деп қабылдауға болады. Магниттеуші күшті «Рет. I_w » тұтқасының көмегімен жеткізілетін тоқты өзгерту арқылы реттейді. Түйістіргішті іске қосу сәтіндегі тоқты (іске қосу тоғын $I_{ср}$) амперметр бойынша бақылайды.

Түйістіргіш орамасын коректендіру тұрақты кернеу көзінен $U = 20$ В

орындалады, ал шамдар иф = 20 В ауыспалы кернеу көзінен коректенеді.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. №11 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен және аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз).

3.2. Алғашқы жуықтауда түйістіргішпен берілетін электромагнитті күш мәнін $F_{эм}$ есептеу. Бұл жердегі ауа саңылауының ұзындығы $\delta_{в.р}$, ал ток мәні I 11.1-кестеде көрсетілген, ал айналым саны $w = 1\ 000$ және ауа жұмыс саңылауының қиысу ауданы $S_{в.р} = 80\text{ мм}^2$. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

Кесте-11.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$\delta_{в.р}$, мм	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,4	0,3	0,2
I , А	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,15	0,10

Зертханада орындалады

3.3. ЭТ-ті 11.2-суретке сәйкес жинау. ««Рет. Іw» тұтқасын сағат тілі бойынша шеткі қалыпқа орналастыру (тоқтың минималды мәніне сәйкес келеді). Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін, стендтің қорек көзін қосу, П.3-қосымшасындағы суретте көрсетілгендей, тиісті сигналды шамдар жануы керек.

3.4. Катушкадағы тоқты біртіндеп арттыра отырып, түйістіргішті іске қосу, бұл шамның жануын куәландырады. «Рет. δв.р» тұтқасының осін итергішпен қақтығысатындай етіп бұру. Шкала нөлін тілше шегімен біріктіру (δв.р = 0).

3.5. Максималды ауа саңылауын орнату δв.р = 1 мм. Тоқты минималды мәнге дейін азайту, шам сөнеді және зәкірді бастапқы қалыпқа қайтару. Одан кейін катушкадағы тоқты біртіндеп арттыра отырып, түйістіргішті δв.р = 1 мм шартында іске қосу. Іске қосу тоғының мәнін Іср 11.2-кестеге енгізу.

3.6. Тоқты қайтадан азайтып, тиісті мәндерді δв.р максималды мәннен

0,1 мм дейін кезекпен орнату, түйістіргішті іске қосу тоқтарын бекіту.

Ескеру! Өлшеу дәлдігін арттыру үшін δв.р шамасының әрбір мәнінде іске қосу тоғын үш рет бекітіп, 11.2-кестеде орташа нәтижені шығару.

3.7. Өлшеу нәтижелерін оқытушымен растағаннан кейін қорек көзін сөндіріп, сызбаны бөлшектеу қажет.

4. Зерттеу протоколы және № 11 жұмыс есебі

Тұрақты тоқтағы магниттік тізбектер

4.1. Жұмыс мақсаты _____

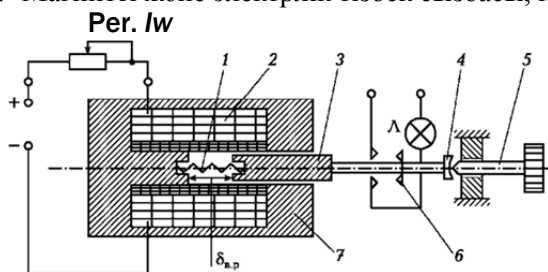
4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

Нұсқа № ...: $w = 1\ 000$ витков; $S_{в.р} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$;

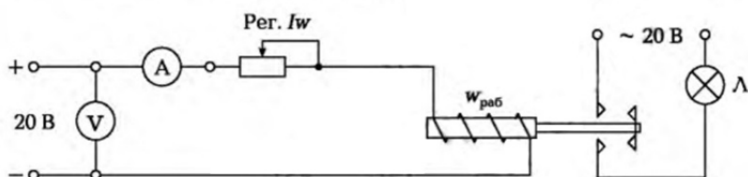
$\delta_{в.р} = \dots \text{ м}$ $I = \dots \text{ А}$;

$F_{эм} = 0,5 (Iw / \delta_{в.р})^2 \mu_0 S_{в.р} = \dots$

4.3. Магнитті және электрлік тізбек сызбасы, кестелер



Сурет -11.1 . Түйісті іргіш тің электрлік және магнитті сызбасы
 1 — цилиндрлік серіппе; 2 — орама; 3 — зәкір; 4 — итергіш; 5 — ось; 6 — жылжымалы түйіспе; 7 — жылжымайтын білік



Сурет-11.2. Тұрақты токта электромагнитті құрылғыны зерттеуге арналған ЭТ сызбасы

Кесте - 11.2

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6
$\delta_{в.р.}$, мм						
$I_{ср}$, мА						

Кесте - 11.3

Кернеулік, А/м		100	200	300	400	600	1000	2 000	3 000	5 000
Магниттік индукция R, Тл	Э310	1,00	1,25	1,33	1,37	1,44	1,52	1,60	1,65	1,67
	Э42	0,43	0,70	0,85	0,96	1,12	1,25	1,38	1,42	1,44

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Практикалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

5.1. №11 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен және аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу. Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

5.2. Алғашқы жуықтауда түйістіргішпен берілетін электромагнитті күш мәнін $R_{эм}$ есептеу. Бұл жердегі ауа саңылауының ұзындығы $\delta_{в.р}$, ал тоқ мәні I 11.1-кестеде көрсетілген, ал айналым саны $w = 1\ 000$ және ауа жұмыс саңылауының қиысу ауданы $S_{в.р} = 80\text{ мм}^2$. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

Сыныпта орындалады:

Серіппенің қарсы әрекет етуші күшін игеруге жеткілікті электромагнитті күшті құру үшін, 11.5-кестеде көрсетілген Φ магнитті ағынын алу керек.

Кесте-11.5

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$\Phi, 10^{-5}\text{ Вб}$	3	3,2	3,3	3,35	1,2	1,3	1,4	1,44
Магнит өткізгіштің	Электротехникалық болат Э310				Электротехникалық болат Э42			

Жұмыс ($I_{w_{в.р}}$) және технологиялық ($I_{w_{в.т}}$) ауа саңылауындағы магниттеуші күшті есептеу (магнит өткізгіштің (I_{w_H}) темірінде және I_w жиынтық магниттеуші күшті). Нәтижелерді 11.4 кестеге енгізу.

4.4 бөлімде көрсетілген есептеуде түйістіргіштің негізгі құрылымдық сипаттамаларын және ферромагнитті материалдың магнитті сипаттамаларын қолдану (кесте-11.3).

6. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

6.1. Зертханалық зерттеулер (11.2-кестені қараңыз) және практикалық жұмыстар (11.5-кестені қараңыз) деректеріне сәйкес, түйістіргіш және ферромагнитті материал сипаттамаларымен Φ магнитті ағын мәнін, жұмыс ($I_{w_{в.р}}$) және технологиRлық ($I_{w_{в.т}}$) ауа саңылауындағы магниттеуші күшті, магнитті өткізгіш теміріндегі магниттеуші күшті (I_{w_m}) және жиынтық магниттеуші күшті I_w есептеу. Магнитті ағындардың шашырауын есептеу кезінде ескермеу. Нәтижелерді 11.4-кестеге енгізу.

6.2. Алынған нәтижелер негізінде 11.3-суретте ауа жұмыс саңылауының $\delta_{в.р}$ ұзындығынан $l_{ср}$, Φ , I_{w_m} тәуелділіктерін құру.

6.3. Зертханалық-тәжірибелік жұмыс нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау жұмыстары:

1. Магниттік тізбекті, олардың өлшемділігін сипаттаушы негізгі параметрлерін атаңыз.
2. Электромагниттердің магнит өткізгіштерін неге магниттік жұмсақ материалдан жасайды?
3. Магниттік ағын ауа бойынша тұйықталуы мүмкін бе?
4. Ауа телімінің магнитті кедергісіне арналған мәнді жазыңыз.
5. Қандай шарттарда магнитті тізбек сызықтық емес болады?
6. Магниттік тізбек есебінің дәлдігі неге үлкен емес?
7. Магнитті тізбектің жылжымалы элементінде әрекет ететін электромагнитті күш қандай параметрлерге тәуелді болады?
8. Егер магнитті ағын 2 есе артатын болса, электромагнитті күші қалай өзгереді?

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 12 (III)

АУЫСПАЛЫ ТОҚТАҒЫ МАГНИТТІ ТІЗБЕК

1. Жұмыс мақсаты

- 1.1. Өзара индукциR құбылысын тәжірибелік жолмен тексеру.
- 1.2. Гистерезис тұзағын және оның ауа саңылауына әсерін зерттеу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне КМ- 50Д-В түйістіргішінің магниттік тізбегі жатады, ол басқару объектілерін қашықтықтан қосу үшін қолданылады және стендтік панельдің №5 тақтасында жинақталады (П.5- қосымшасындағы суретті қараңыз). 12.1-суретте келтірілген магнитті тізбек сызбасына жылжымайтын білік 7, зәкір 3, ауа технологиRлық саңылауы *дв.р* (зәкірдің еркін қозғалуына мүмкіндік береді), ал зәкір катушка қаңқасын 2 орауды орындайды. Ауа жұмыс саңылауы зонасына 1 цилиндрлік серіппе орналастырылады, ол катушкадан кернеуді алғаннан кейін, зәкірді бастапқы қалпына келтіреді.

Катушка қаңқасында екі орама болады – түйістіргіш жұмысын қамтамасыз ететін негізгі және өзара индукциR құбылыстары мен түйістіргіштің магнит өткізгішінің магнитті сипаттамаларын зерттеуге арналған қосымша орама.

Ауыспалы кернеумен жұмыс орамасына тіркелген ауыспалы магнитті ағын қосымша орама айналымын кесіп өтеді. Өзара индукциR құбылысына байланысты оған ЭҚК кіреді, ол магниттік ағын өзгерісінің жылдамдығына және магниттік ағынмен тіркелген айналымдар санына пропорционал болып табылады. Егер жұмыс орамасына тұрақты кернеу жіберетін болса, онда магниттік ағын да тұрақты болады. Мұндай жағдайда қосымша орамада ЭҚК нөлге тең болады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 12 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориRлық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

3.2. 12.1-кесте деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін $\Phi^{^^}$ магнитті ағынының максималды мәнін және қосымша орамада индукциRланатын ЭҚК $E_{доп}$ күтілетін мәнін есептеңіз, егер қоректендіру кернеуінің жиілігі:

а) $f = 0$ Гц;

б) $f = 50$ Гц тең болса.

Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

Кесте-12.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_{\text{раб}}, \text{В}$	127	36	220	380	127	220	36	220
$W_{\text{раб}}$	500	1 000	400	300	400	300	750	200
$W_{\text{доп}}$	50	200	40	50	80	30	150	40

Зертханада орындалады:

3.3. ЭТ 12.2-суретке сай жинау, жұмыс орамасын $U = 20 \text{ В}$ тұрақты кернеу көзіне қосу. «Рет. Iw» тұтқасын сағат тілі бойынша шеткі қалыпта орналастыру (тоқтың минималды мәніне сәкес келеді). Сызбаны оқытушыға тексертеннен кейін, стендтің қорек көзін қосу керек. П.3 қосымшасындағы суретте көрсетілгендей, тиісті сигналды шамдар жануы керек.

3.4. Жұмыс орамасында тоқ бар екендігіне көз жеткізу және қосымша орамадағы кернеуді өлшеу. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

3.5. Жұмыс орамасына үшфазалы қорек көзінің А және В қысымынан ауыспалы кернеуді беру. Жұмыс орамасында тоқ бар екендігіне көз жеткізу және қосымша орамадағы кернеуді қайта өлшеу. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

3.6. Зертханашының көмегімен осциллографты қосу және қыздырғаннан кейін 5 минут ішінде экранда магниттеу қисығының $B(H)$ тұрақты кескінін шығару.

Катушкадағы токты біртіндеп арттырып, түйістіргішті іске қосу. Бұл шамның жанғанын куәландырады. Ауа саңылауы $\Delta v.p = 0$ құрайды. Іске қосу тоғының мәнін белгілеу $I_{\text{ср}}$. Тоқ мәнін $I = 0,8 I_{\text{ср}}$ орнату және осциллограф экранындағы $B(H)$ қисық кескінін ретке келтіру. Оны көшірме көмегімен 12.3- суретке ауыстыру.

3.7. Түйістіргіштің жұмыс орамасындағы қорек көзін сөндіру. Зәкір бастапқы қалпына оралады және ауа саңылауы максималды болады. Бұны сигналды шамның өшуінен байқауға болады. «Рет. Iw» тұтқасының қалпын өзгертпей, жұмыс орамасына қорек көзін беру және $B(H)$ қисық кескінін осциллограф экранынан 12.3-суретке ауыстыру.

3.8. Өлшеу нәтижелерін оқытушымен растағаннан кейін, қорек көзін сөндіру және сызбаны тарату.

4. Зерттеу протоколы және № 12 жұмыс есебі

Ауыспалы тоқтағы магнитті тізбектер

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Электронды аспаптардың құрылымдық сызбасы және кестелер

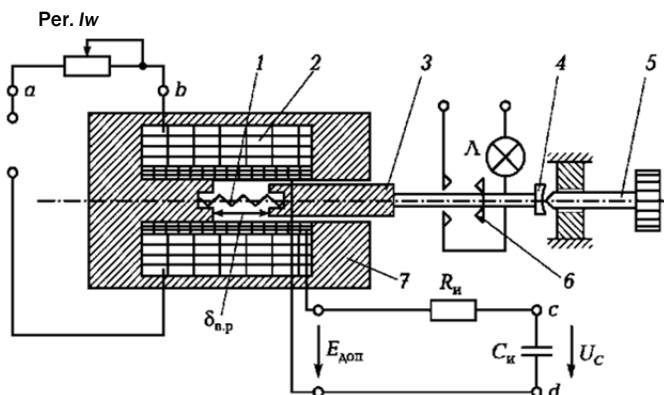
4.3. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

Нұсқа № ... : $W_{\text{раб}} = \dots$; $W_{\text{доп}} = \dots$.

а) $f = 0$ Гц, $E_{\text{доп}} = \dots$ В;

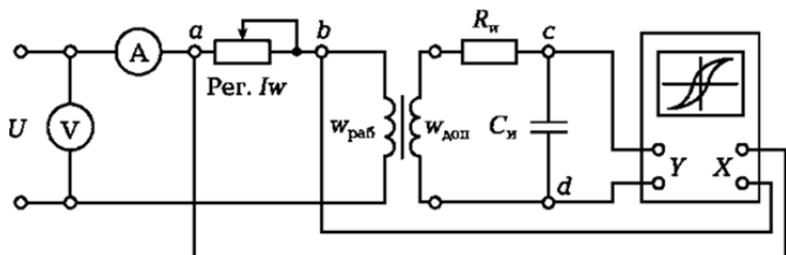
б) $f = 50$ Гц, $E_{\text{доп}} = \dots$ В; $\Phi_{\text{тах}} = \dots$ Вб.

4.4. Магниттік және электрлік тізбек сызбасы мен кестелер



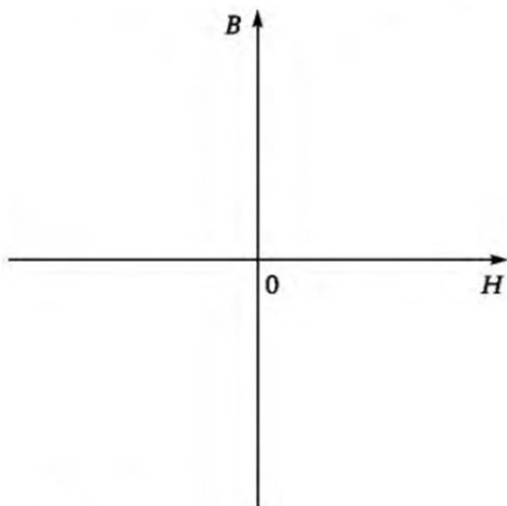
Сурет-1 2.1. Түйістіргіштегі магниттік және ЭТ сызбасы

I — цилиндрлік серіппе; 2 — орамалар; 3 — зәкір; 4 — итергіш; 5 — ось; 6 — жылжымалы түйіспе; 7 — жылжымайтын білік.



Сурет-12.2. Түйістіргіштегі магниттік және ЭТ сызбасы

- а) Тұрақты кернеу ($f = 0$): $E_{\text{доп}} = \dots$ В;
 б) Ауыспалы кернеу ($f = 50$ Гц): $E_{\text{доп}} = \dots$ В.



Сурет-12.3. Электромагнитті құрылғы материалын магниттеу қисығы B (H)

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.5. Есептік-графиктік бөлім

$$\delta_{\text{в.р}} = 0, \Phi_{\text{max}} = 0 \dots \text{Вб};$$

$$\delta_{\text{в.р}} = 1 \text{ мм}, \Phi_{\text{max}} = 0 \dots \text{Вб}.$$

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есептің есептік-графиктік бөлігіне арналған талаптар

5.1. Зертханалық зерттеулер деректеріне сәйкес, магниттік ағынның нақты мәнін $\delta_{в.р} = 0$ и $\delta_{в.р} = 1$ мм шартында есептеу.

5.2. Зертханалық-тәжірибелік жұмыс нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Магнитті тізбекті, оның өлшемділігін сипаттайтын негізгі параметрлерді сипаттаңыз.
2. Электромагнитті индукция R құбылысын түсіндіріңіз.
3. Қандай материалдар жіңішке гистерезис тұзағынан тұрады?
4. Қандай магнитті материалдар жуан гистерезис тұзағынан тұрады?
5. Гистерезис тұзағы ауданын не бейнелейді?
6. Ауыспалы магниттік ағында құйынды ток шығынын қалай азайту керек?
7. Өзара индукция R қай жерде пайдаланылады?

ЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс №
13 (III қосымша, IV қосымша)

ЭЛЕКТРОНДЫ ӨЛШЕУ АППАРАТУРАСЫН ИГЕРУ

1. Жұмыс мақсаты

- 1.1. Негізгі электронды өлшеу аспаптарының құрылымдық сызбаларын игеру (сурет-13.1).
- 1.2. Электронды өлшеу аспаптарымен жұмыс істеу әдістерін игеру.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне электронды осциллографты, вольтметрді, синусоидалды кернеу генераторын қосатын электронды өлшеу және жеткізуші аппаратура жинағы жатады.

Жұмыста электронды ОСУ-10 осциллографы пайдаланылады, ол келесідей негізгі сипаттарға ие:

- өткізу жолағы (жұмыс жиілігінің диапазоны) — 0... 10 МГц;
- максималды сезімталдық — 10 мВ/дел;
- жаймалау ұзақтығы — 0,1 мкс/дел. - 0,1 с/дел. аралығында;
- өлшеу қателігі — $\pm 4\%$; кірме кедергісі — 1 МОм.

Жұмыста пайдаланылатын ВЗ-40 вольтметрдің негізгі сипаттамалары:

- өлшенетін кернеулер диапазоны — 10^{-4} ... 10^2 В;
- өлшенетін жиіліктер диапазоны — от 20 Гц до 1 МГц;
- негізгі қателік — 6%; кірме кедергісі — 5 МОм.

Синусоидалды кернеулер генераторы ретінде ГЗ-131 аз жиілікті сигналдар генераторы қолданылуы мүмкін, ол келесідей негізгі сипаттарға ие:

жиілік диапазоны — 2 Гц-тен 2 МГц-ке дейін — алты қосымша диапазон көмегімен жабылады, жиілік біртіндеп өзгереді (бірінші қосымша диапазон — 2 - 20 Гц аралығында; екіншісі — 20 Гц - 200 Гц; үшіншісі — 200 Гц - 2 кГц; төртіншісі — 2 - 20 кГц; бесіншісі — 20 - 200 кГц аралығында; алтыншысы — 200 кГц - 2 МГц аралығында болады);

генератордың шығыс кернеуі кернеуді үшсатылы бөлгіштен алынады, ол 0 әлсіреуді қамтамасыз етеді, минус 20 және минус 40 дБ.

сигналдың біртіндеп әлсіреуі 20 дБ

құрайды; максималды шығыс кернеуі — 5

В;

жиілікті орнату қателігі — 1 %;

жүктеменің максималды кедергісі — 600 Ом.

Аспаптың бір түрін басқа ұқсас түрімен алмастыруға болады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 13 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

3.2. 13.1-кестеге сәйкес, өз нұсқаңыз үшін 13.3-кестенің бірінші және екінші бағандарын (зерттеу протоколында № 8 нұсқа үшін кестені толтыру мысалы келтірілген).

Кесте-13.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
f, Гц	28	56	126	523	982	220	110	55
	5 860	4 860	6 750	2 260	3 880	6 820	5 240	3 680
U, В	0,184	0,232	0,386	0,482	0,546	0,166	0,323	0,28
	2,82	3,17	1,36	2,24	1,55	2,63	1,06	3,62

Зертханада орындалады:

3.3. Электронды аспаптарды «Желі» ауыстырып-қосқышымен қосу және 5 минут қыздыру. Стендке қорек көзін қосу, В3.1 ажыратқышын

«Қосу» режиміне ауыстыру (П.3-қосымшасындағы суретті қараңыз) және А және N қысымдарынан осциллографтың вертикалды кірмесіне белгі Y беру (сурет-13.2, а).

«Жарықтық», «Фокус», «Жоғарыға-төменге», «Солға-оңға», «Күшейту Y» тұтқаларын пайдалана отырып, экранның жұмыс бөлігіне белгі кескінін орнату. «Жаймалау ұзақтығы» және «Синхрондау» тұтқаларының көмегімен экранда ауытқудың екі-үш кезеңі бар белгінің тұрақты кескінін алу. Амплитуда және ұзақтық бойынша калибрлеуді пайдалана отырып, зерттелетін белгі мерзімін және амплитудасын өлшеу, белгі жиілігін және мәнін есептеу. Нәтижелерді 13.2-кестеге енгізу.

Электронды вольтметр көмегімен А и N қысымдарындағы кернеу мәнін өлшеу. Нәтижелерді 13.2-кестеге енгізу.

Осциллографтың горизонталды кірмесіне X генератор шығысынан белгі беру (сурет-13.2, а). Лиссажу фигурасы әдісін пайдаланып, А и N қысымынан алынатын белгі жиілігін өлшеу, нәтижені 13.2-кестенің төртінші бағанасына енгізу. Стендті қорек көзінен сөндіру.

3.4. Электронды өлшеу аппаратурасы жинағымен жұмыс істеу әдісін игеру мақсатында 13.2, б-суретте көрсетілген сызбаны жинау. Генератор шығысына кернеуді тізбекті орнату, оның мәні мен жиілігі 13.3-кестенің алғашқы екі бағанында көрсетілген. Осциллограф экранында зерттелетін ауытқулардың екі-үш кезеңінің тұрақты кескініне қол жеткізу.

13.3-кестеде осциллограф тұтқаларының қалпын көрсету:

«Күшейту Y»

және «Жаймалау ұзақтығы».

Генератор шығысында электронды вольтметр көмегімен белгілерді өлшеу.

Өлшеу нәтижелерін 13.3-кестенің алтыншы бағанасына енгізу, ал бесінші бағанаға белгіні өлшеу жүргізілген аспаптың диапазонын енгізу.

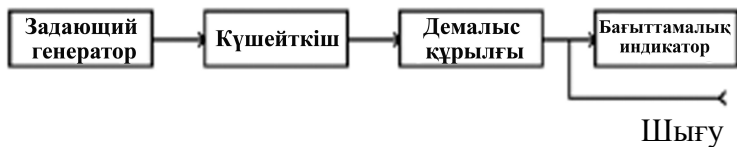
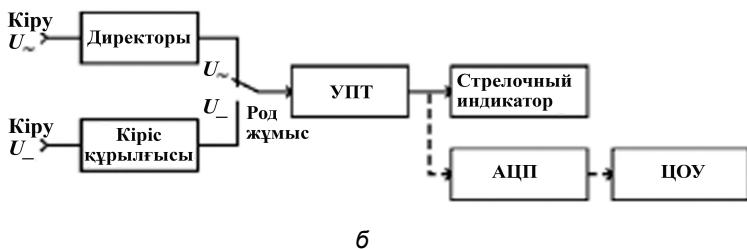
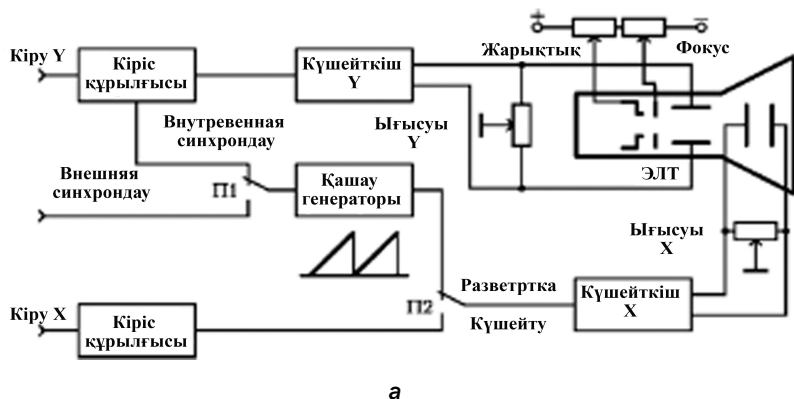
3.5. Зерттеу протоколын оқытушымен растау, одан кейін сызбаны таратып, аспаптарды сөндіріп, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 13 жұмыс есебі

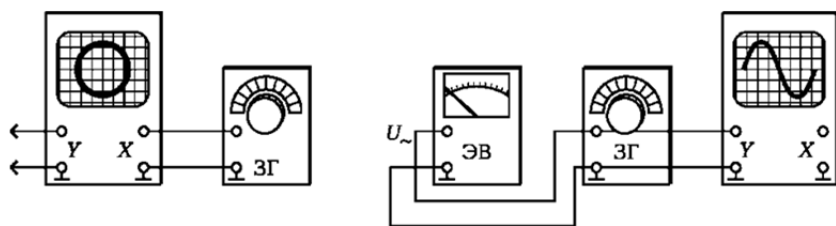
Электронды өлшеу аппаратурасын игеру

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Электронды аспаптардың құрылымдық сызбасы және кестелер



Сурет -13.1. Электронды өлшеу аспаптарының құрылымдық сызбасы: *a* — осциллограф; *б* — вольтметр; *в* — сигналдар генераторы; ЭСТ — электронды-сәулелік түтік; ТТК— тұрақты ток күшейткіші; АСТ — аналогты-сандық түрлендіргіш; СӨҚ — сандық өлшемдік құрылғы.



Сурет-13.2. Электронды өлшеу аспаптарын байланыстыру сызбасы: *а* — Лиссажу фигурасы бойынша желі жиілігін анықтау үшін; *б* - зерттелетін белгі шамасы мен жиілігін өлшеу үшін; ЗГ — жетекші генератор; ЭВ — электронды вольтметр

Кесте-13.2

Өлшеу параметрі	Өлшеу әдісі		
	Осциллографпен	Вольтметрмен	Лиссажу фигурасы бойынша
Кернеу U , В			—
Жиілік f , Гц		—	

Кесте-13.3

f , Гц	U , В	Осциллограф тұтқасының қалпы		Вольтметр ауыстырып-қосқышының қалпы «Өлшеу шегі»	Вольтметрмен өлшенген кернеу, В
		«Күшейту Y »	«Жаймалау ұзақтығы»		
55	0,28				
	3,62				
3680	0,28				
	3,62				

4.3. Қысқаша қорытынды _____

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

5. Есеп мазмұнына қойылатын талаптар

Дұрыс дайындалған зерттеу протоколы аталған тақырып бойынша сынақ тапсырудың негізі болып табылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ:

1. Электромеханикалық құралдармен салыстырғанда электронды өлшеу құралдарының негізгі артықшыларын атаңыз.
2. Осциллографтың жұмыс істеу қағидасын оның құрылымдық сызбасы бойынша түсіндіріңіз.
3. Вольтметрдің жұмыс істеу қағидасын оның құрылымдық сызбасы бойынша түсіндіріңіз.
4. Генератордың жұмыс істеу қағидасын оның құрылымдық сызбасы бойынша түсіндіріңіз.
5. Лиссажу фигурасы бойынша осциллограф экранында белгі жиілігі қалай анықталады?
6. Осциллограф көмегімен белгі амплитудасы қалай анықталады?

 Зертханалық-тәжірибелік жұмыстар № 14 (II, III, IV)

ТҮЗЕТКІШТЕР

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Түзеткіштерді құру сызбасын және олардың жұмыс қағидасын игеру.

1.2. Түзеткіштердің негізгі параметрлерін өлшеу – тұрақты құрамдаушы, толысу коэффициентін және сыйымдылық сүзгісінің оларға әсері.

1.3. Түзеткіш кірісінде және шығысында кернеу осциллограммасын көзбен шолу арқылы қосымша зерттеу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне бірфазалы түзеткіштер жатады, олар бір жартылай периодты және екі жартылай периодты түзеткіштер сызбасы бойынша құрылады және стендтік панельдің № 6 тақтасында жиналған (П.6- қосымшасын қараңыз).

Бір жартылай периодты түзеткіш T_r күш трансформаторының w_2 екінші орамынан, D_1 шұрасынан (вентиль), C_f бәсеңдеткіш сүзгіден және R_n жүктемелік резистордан тұрады (сурет-14.1)

Екі жартылай периодты түзеткіш те осы элементтерден тұрады (шұрадан басқа), шұраның орнына төрт жартылай өткізгіш диодтар $D_2...D_5$ қолданылады. Белдік диагоналының бірі трансформатор орамына қосылады, екіншісін жүктемелік резистор қосылады (сурет-14.2).

Бір жартылай периодты түзеткішті екі жартылай түзеткіш сызбасына ауыстыру В6.1 орта жағдайдағы ауыстырып-қосқышты қамтамасыз етеді.

Түзеткіш зерттеулерін электронды амбебап вольтметр және осцилло-граф көмегімен орындайды, олар негізгі түзеткіш элементтерінде уақытша үрдістерді бақылауға мүмкіндік береді (кернеу осциллограммалары). Жүктемедегі тоқты қалқанды миллиамперметр көмегімен өлшейді.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. №14 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша теориялық қысқаша деректермен танысу (IV бөлімін қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. №13 жұмыстың теориялық қысқаша деректерімен, амбебап вольтметр сызбасымен және **қосымша** электронды осциллографпен танысу.

3.3. Негізгі үйлесім мәнін ($i_{осн}$) және түзеткіш сызбаларына арналған түзетілген кернеудің орташа мәнін ($U_{н.ср}$) анықтауға арналған шаманы протоколға жазу. Аталған мәндерді $U_2 = 20$ В и $f = 50$ Гц шартында есептеу.

Зертханада орындалады:

3.4. Электронды аспаптарды қосу және оларды 5 минут қыздыру.

3.5. В6.1 ауыстырып-қосқышын бейтарап күйге қою. *Бір жартылай периодты* түзеткіш сызбасын 14.1-суретке сәйкес жинау. Резистор қозғалтқышын R_H шеткі оң жақ орынға орналастыру, сағат тілі бойынша реттегіш тұтқасын айналдыру. Трансформатордың бірінші орамасын үшфазалы қорек көзінің А және N қысымдарына қосу.

3.6. Оқытушыға сызбаны тексерткеннен кейін, стендке қорек көзін беру. В6.1 ауыстырып-қосқышын «1» күйге ауыстыру.

Әмбебап вольтметр көмегімен «~U» режимінде трансформатордың екінші орамында w_2 синусоидалды кернеу мәнін U_2 өлшеу. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

3.7. Әмбебап вольтметр көмегімен «~U» режимінде, I_H жүктемесінде түзетілген кернеудің негізгі үйлесім мәнін өлшеу $i_{осн}$ және «=U» режимінде түзетілген кернеудің орташа мәнін өлшеу (тұрақты құрамдаушы) ин.ср. Амперметр арқылы жүктеме тоғының мәнін анықтау. Нәтижені 14.1- кестеге енгізу («Сүзгісіз» графасына).

3.8. Жүктемелік резисторға I_H бәсеңдеткіш сүзгіні – Сф конденсаторды қосу және 3.7-бөлімде көрсетілген әрекеттерді I_H қозғалтқышының үш күйінде қайталау (орташа және екі шеткі). Нәтижелерді 14.1-кестеге енгізу («Сф сүзгімен» графасына). В6.1 ауыстырып-қосқышын бейтарап күйге ауыстыру.

3.9. осымша тапсырма. Бір жартылай периодты түзеткіштегі үрдістерді көзбен шолу үшін әмбебап вольтметрдің орнына осциллографаның кірмесін Y қосу. В6.1 ауыстырып-қосқышын «1» күйіне ауыстыру. Осциллограф экранында ауытқудың екі-үш кезеңі бар кескінді алу. 3.7 және 3.8-бөлімдерде көрсетілген әрекеттерді қайталау, R_H жүктемесіндегі кернеудің өзгеру сипатын бақылау (сүзгімен және сүзгісіз). Бақылау нәтижелерін қысқаша теориялық мәліметтердегі Т.23-суретінде келтірілген уақытша осциллограммалармен салыстыру

3.10. *Екі жартылай периодты* түзеткішті зерттеу үшін В6.1 ауыстырып-қосқышын «2» күйіне орнату. 3.7 және 3.8-бөлімдерде көрсетілген әрекеттерді қайталау. Нәтижелерді 14.2-кестеге енгізу.

3.11. осымша тапсырма. Екі жартылай периодты түзеткіштегі үрдістерді көзбен шолу үшін 3.9-бөлімдегі әрекеттерді қайталау.

Бақылау нәтижелерін қысқаша б теориялық мәліметтеріндегі Т.24-суретінде келтірілген уақытша осциллограммалармен салыстыру.

3.12.Зерттеу протоколын оқытушымен растау, одан кейін сызбаны таратып, аспаптарды сөндіріп,құрал-жабдықтарды лаборантқа тапсырып, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 14 жұмыс есебі

Түзеткіштер

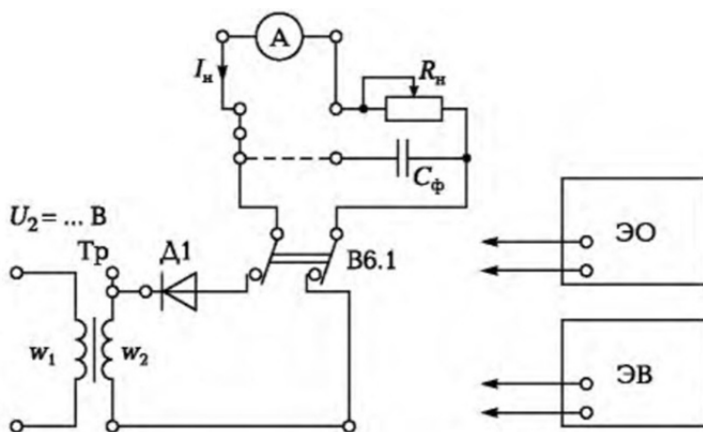
4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар,алдын ала дайындалған есеп

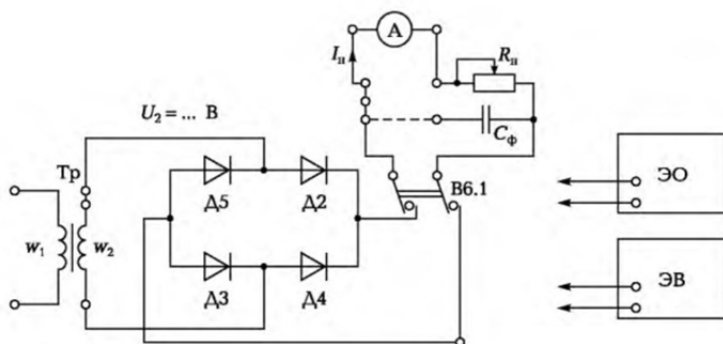
4.1. а) $U_{\text{осн}} = U_2/2 = \dots$; $U_{\text{н.ср}} = 0,45 U_2 = \dots$;

б) $U_{\text{осн}} = 4 U_2/3\pi = \dots$; $U_{\text{н.ср}} = 0,9 U_2 = \dots$.

4.3. ЭТ сызбасы және кестелер



Сурет-14.1. Бір жартылай периоды түзеткішті зерттеуге арналған ЭТ сызбасы: ЭО — электронды осциллограф; ЭВ — электронды вольтметр



Сурет-14.2. Екі жартылай периодты түзеткішті зерттеуге арналған ЭТ сызбасы

Кесте -14.1

Жұмыс режимі		$U_{\text{осн}}', \text{В}$	$U_{\text{н.ср}}', \text{В}$	$I_{\text{н}}', \text{мА}$	$U_{\text{осн max}}', \text{В}$	p
Сүзгісіз						
Сүзгімен C_{ϕ} жүктемеде	R_{H1}					
	R_{H2}					
	R_{H3}					

Кесте -14.2

Жұмыс режимі		$U_{\text{осн}}', \text{В}$	$U_{\text{н.ср}}', \text{В}$	$I_{\text{н}}', \text{мА}$	$U_{\text{осн max}}', \text{В}$	p
Сүзгісіз						
Сүзгімен C_{ϕ} жүктемеде	R_{H1}					
	R_{H2}					
	R_{H3}					

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____
Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім

$$U_{\text{осн max}} = \dots; p = U_{\text{осн max}} / U_{\text{н.ср}}$$

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

5.1. 14.1-кесте деректерінің негізінде бір жартылай түзеткіш сызбасында иосн тах негізгі үйлесім амплитудасын және түзетілген кернеудегі лүпіл коэффициентін p есептеу (сүзгімен және сүзгісіз). Нәтижелерді 14.1-кестенің тиісті бағаналарына енгізу.

5.2. 14.2-кесте деректерінің негізінде екі жартылай түзеткіш сызбасында иосн тах негізгі үйлесім амплитудасын және түзетілген кернеудегі лүпіл коэффициентін p есептеу (сүзгімен және сүзгісіз). Нәтижелерді 14.2 кестенің тиісті бағаналарына енгізу.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Түзеткіш құрамына қандай элементтер кіреді?
2. Бір жартылай периодты түзеткіш сызбасын сызыңыз және оның жұмыс қағидасын түсіндіріңіз.
3. Екі жартылай периодты түзеткіш сызбасын сызыңыз және оның жұмыс қағидасын түсіндіріңіз.
4. Түзеткіштің негізгі параметрлерін атаңыз және сипаттаңыз.
5. Сүзгінің қолданылу мақсатын көрсетіңіз. Сүзгінің негізгі түрлерін және жұмыс қағидасын атаңыз.
6. Түзеткішке арналған диодтар таңдауын анықтаушы негізгі параметрлерді атаңыз.

ЕКІКАСКАДТЫ ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ КҮШЕЙТКІШ

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Электрлік сызбаны және күшейткіштің жұмыс істеу қағидасын игеру.

1.2. Күшейткіштің негізгі параметрлерін және сипаттарын және олардың кері байланысқа әсерін игеру (күшейткіш коэффициенті, амплитудалық және амплитудалық жиілікті сипаттамалар).

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне екікасадты транзисторлы күшейткіш жатады, ол стенд панелінің №7 тақтасында жиналады (П.7-қосымшадағы суретті қараңыз). Бірінші каскад Т1 транзисторында жиналған, ол жалпы *эмиттер сызбасы* бойынша қосылады, екіншісі Т2 транзисторында жалпы *коллектор сызбасы* бойынша қосылады (эмиттерлі қайталағыш).

Күшейткіштің қағидалы электрлік сызбасы 15.1-суретте көрсетілген, мұндағы $R_{огр}$ -күшейткіш кірмесіндегі шектеуші резистор; R_K — Т1 транзисторының коллектор тізбегіндегі резисторы (коллекторлы жүктеме); $R_{э1}$ — Т1 тоғы бойынша кері байланыс рөлін атқаратын эмиттер тізбегіндегі резистор; $R_{б1}$ және $R_{б2}$ — жүктеменің сызықтық бөлігіндегі Т1 арналған жұмыс нүктесін бекітуші базалық бөлгіш; $R_{э2}$ — Т2 транзисторының эмиттері тізбегіндегі резистор (эмиттерлі жүктеме); C_{p1} , C_{p2} — бөлгіш конденсаторлар; $KT1$, $KT2$, $KT3$ — бақылау нүктелері; $C_э$ — В7.1 тұйықталуынд ауыспалы құрамдаушы бойынша кері байланысты болғызбайтын конденсатор; R_H — жүктемелі резистор (жүктеменің кедергісі).

Корпуска қатысты кіру белгісі $R_{ог}$ -ға беріледі, шығу белгісі R_H -дан алынады. Сызбаны қоректендіру тұрақты 5 В кернеумен В7.2 ажыратқышының көмегімен жүзеге асырылады. Қорек көзін беру сигналды шаммен бақыланады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. №15 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Зерттеу протоколын жұмыс дәптеріне дайындау.

3.2. 15.1-суретке сәйкес, өз нұсқаңыз үшін сызықтық зонадағы жұмысты қамтамасыз етуші күшейткіш кірмесіндегі белгінің максималды мәнін қорек көзінің ЭҚК $E_K = 5$ В шартында есептеу $u_{вх\ max}$.

3.3. Шығыс белгісінің $i_{вх\ max}$ максималды амплитудасы (пайыздарда) E_K және күшейткіш коэффициенті K 15.1-кестеде көрсетілген. Нәтижелерді

Кесте - 15.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$u_{\%}$ $вх\ max$	20	25	30	35	20	25	30	35
K	5	4	3	5	4	3	6	8

Зертханада орындалады:

3.4. 15.2-суретте келтірілген сызбаны жинау. Д белгісімен белгіленген аспаптар мен күшейткіштің корпусық қысқыштары өзара байланысуы керек.

Электронды аспаптарды қосу және 5 минут қыздырғаннан кейін, генератор шығысына $f = 2000$ Гц жиілігіндегі $i_{вх} = 0,05$ В кернеуін орнату. Күшейткішті қосу, 15.1-суретте көрсетілген сигналды шамы жануы керек.

Осциллограф көмегімен күшейткіш шығысындағы белгінің бар екендігіне көз жеткізу. Осциллограф экранында шығыс белгісі ауытқуының екі-үш кезеңі бар кескінді орнату. КТ1, КТ2 және КТ3 бақылау нүктелеріндегі белгілер шамасын және формасын бақылау.

3.5. Каскадтар мен күшейткіштердің күшею коэффициентін анықтау, КТ1 бақылау нүктесінде белгінің $i_{вх} = 0,05$ В мәнін $f = 2000$ Гц жиілігінде орнату. Электронды вольтметр көмегімен КТ2, КТ3 бақылау нүктелеріндегі кернеуді В7.1 ауыстырып-қосқышының екі күйінде өлшеу (сүзгімен және сүзгісіз). Өлшеу нәтижелерін 15.2-кестенің тиісті графаларына енгізу.

3.6. Күшейткіштің амплитудалық сипаттамасын $f = 2000$ Гц тұрақты жиілігінде алу. Ол үшін күшейткіш кірмесіндегі кернеуді 0 ден 0,3 Вт дейін өзгерту арқылы (6...8 мәндері), вольтметр көмегімен күшейткіш шығысындағы белгіні В7.1 ауыстырып-қосқышының екі күйінде өлшеу(сүзгімен және сүзгісіз). Өлшеу нәтижелерін 15.3-кестеге енгізу.

3.7. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, ЭТ тоқсыздандырып, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізу, жұмыс орнын ретке келтіру.

3.8. осымша тапсырма. Күшейткіштің амплитудалық сипаттамасын $K(f)$ кірмедегі $и_{вх} = 0,05$ В тұрақты кернеуде алу. Ол үшін генератордың кірмесіндегі белгі жиілігін 20 Гц-200 кГц (6s8 мән)аралығында өзгерту арқылы күшейткіш шығысындағы кернеуді В7.1 ауыстырып-қосқышының екі күйінде өлшеу. Нәтижелерді 15.4-кестеге енгізу.

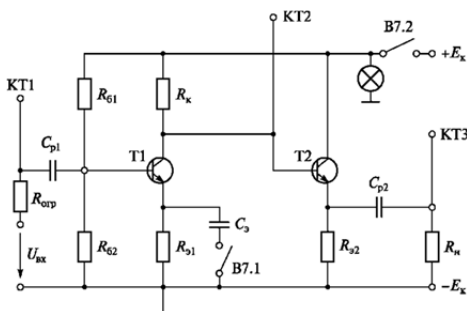
Е с к е р у. Электрондывольтметрлі мультиметрмен алмастыры, күшейткіштің жиілік сипаттамасын осциллограф көмегімен алу, «Күшейту» калибрлеуін пайдалану. Бұл мультим трдің шектеуліжиілік диапазонының болуымен түсіндіріледі.

4. Зерттеу протоколы және № 15 жұмыс есебі

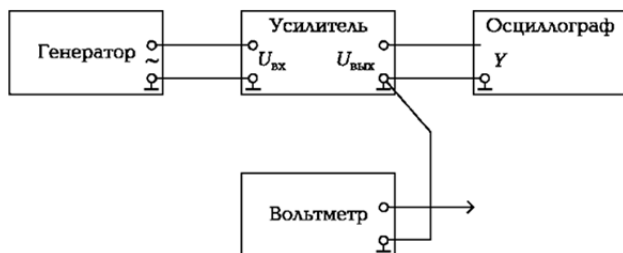
Екікаскадты жартылай өткізгішті күшейткіш

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар,алдын ала жасалған есеп



Сурет-15.1. Кернеуді күшейткіштің қағидалы электрлік тізбек сызбасы



Сурет-15.2. Күшейткішті зерттеуге арналған сызба

Кесте-15.2

Күшейткіштің жұмыс істеу режимі	$U_{KT1'}$ В	$U_{KT2'}$ В	$U_{KT3'}$ В
Сүзгімен			
Сүзгісіз			

Кесте-15.3

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6	7	8
ивх, В	0	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
ивых, В, Сүзгімен								
ивых, В, Сүзгісіз								

Кесте-15.4

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6	7	8
f , кГц					50		150	
ивых, В, Сүзгімен								
ивых, В, Сүзгісіз								

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім

Пайдаланылатын формулалар:

$$K_1 = U_{KT2} / U_{KT1};$$

$$K_2 = U_{KT3} / U_{KT2};$$

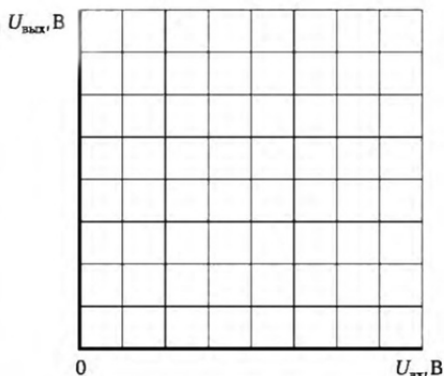
$$K = U_{KT3} / U_{KT1} = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$$

Кесте-15.5

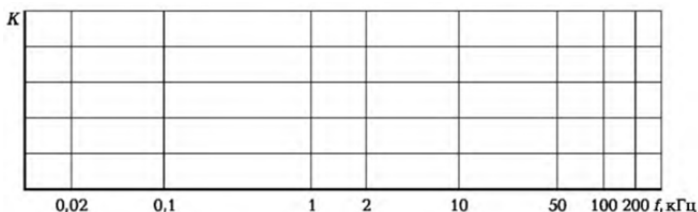
Күшейткіштің жұмыс істеу режимі	K	K_2	KK	K
Сүзгімен				
Сүзгісіз				

Кесте-15.6

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6	7	8
f , кГц	0,02	0,1	2	10	50	100	150	200
K Сүзгімен								
K Сүзгісіз								



Сурет-15.3. Күшейткіштің амплитудалық сипаттамасы



Сурет-15.4. Күшейткіштің амплитудалық-жиілікті сипаттамасы

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есепті есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

5.1. 15.2-кестенің деректеріне сәйкес, әрбір каскад және күшейткіш үшін күшейту коэффициентін есептеу, нәтижелерді 15.5 -кестеге енгізу.

5.2. 15.3-кестенің деректеріне сәйкес, 15.3-суретте күшейткіштің $K_{\text{ИВХ}}$ амплитудалық сипаттамасын кері байланыспен және кері байланыссыз құру. Алынған графиктер негізінде күшейткіштің сызықтық жұмысының диапазонын және күшейткіш коэффициентін анықтау.

5.3. Қосымша тапсырма. 15.4-кестенің деректеріне сәйкес, күшейткіштің күшею коэффициентін кері байланыспен және кері байланыссыз есептеу. Нәтижелерді 15.6-кестеге енгізу. Есептеу нәтижелерінің негізінде 15.4- суреттің координаталар жүйесінде күшейткіштің тәуелділіктерін $K(f)$ кері байланыспен және кері байланыссыз құру. Абсцисса осіндегі жиіліктерді логарифмдік масштабқа қалдыру. $K_B = K_H = 0,7K_0$ үшін өткізу жолдарының төменгі және жоғарғы шектерін және $D/ = f - f$ анықтау.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары:

1. Транзисторлық күшейткіш құрамына қандай элементтер кіреді?
2. 15.1-суретте көрсетілген сызбадағы элементтердің қолданылу мақсатын, күшейткіш жұмысының қағидасын түсіндіріңіз.
3. Транзистордың вольт-амперлік сипаттамасын салыңыз.
4. Күшейткіштің негізгі параметрлері мен сипатын атаңыз.
5. Күшейткіштің күшею коэффициентін қалай арттырады?
6. Күшейткіштегі кері байланыс дегеніміз не және ол сипаттамаға қалай әсер етеді?
7. Көпкаскадты күшейткіштегі каскадаралық байланыстар түрін атаңыз.
8. Тұрақты ток күшейткішінде қандай байланыс түрі қолданылады?
9. Күшейткіштің өткізу жолы дегеніміз не және ол қалай анықталады?
10. Күшейткіштегі оңтайлы кері байланысты пайдалану неге алып келеді?

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 16 (IV доп.) Тұрақты кернеу тұрақтандырғыштары

1. Жұмыс мақсаты

1.1. Кернеу тұрақтандырғыштарының сызбасын және олардың жұмыс істеу қағидасын игеру.

1.2. Параметрлік және өтемақылық тұрақтандырғыштарға зерттеу жүргізу.

2. Объект және зерттеу құралы

Зерттеу объектісіне тұрақты ток кернеуіндегі параметрлік және өтемақылық тұрақтандырғыштары жатады, олар стендік панельдің №8 тақтасында жиналады (П.8-қосымшасындағы суретті қараңыз).

Параметрлік тұрақтандырғыш (сурет-16.1) жартылай өткізгішті Д стабилитрон және R_6 балластық резистордан тұрады. R_H жүктемелік резистор стабилитронға параллельді қосылады және I_H жүктеу тоғының тұрақтандырғыштың ивых шығыс кернеуіне әсерін анықтайды.

Өтемақылық тұрақтандырғыш (сурет-16.2) реттейтін құрылғыдан тұрады, оның рөлін Т транзисторы және параметрлік тұрақтандырғыш пен операциондық күшейткіштен (ОК) тұратын басқарушы құрылғысы орындайды. Күшейткіш кірмесін екі белгі беріледі: кері байланыс белгісі – тұрақтандырғыштың шығыс белгісінің бөлігі (R_1 , R_2 резисторлары) және Д стабилитронның тіректік белгісі. Күшейткіш шығысы реттейтін құрылғы кірмесіне Т транзисторының базасында қосылады.

Тұрақтандырғыш кірмесіндегі кернеуді R_{k2} ауыспалы резистор көмегімен реттеуге болады, ол $U = 0...20$ В тұрақты кернеудегі реттелетін қорек көзіне қосылады (П.3-қосымшасындағы суретті қараңыз).

Тұрақтандырғыштың кірмесіндегі және шығысындағы кернеуді өлшеу электронды вольтметр көмегімен тұрақты кернеуді өлшеу режимінде орындалады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. №16 зертханалық жұмысты орындау тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танусы (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. 16.1-кестенің деректерінің негізінде өз нұсқаңыз үшін параметрлік тұрақтандырғышты есептеу, R_6 балласттық резистор кедергісін және $I_{ст\ max}$ тұрақтандырғыш арқылы токтың максималды мәнін есептеу. Есептеу нәтижелерін зерттеу протоколына енгізу. $U_{BK} = \pm 10\%$ өлшемін қабылдау.

Зертханада орындалады:

Параметрлік тұрақтандырғышты зерттеу

3.3. ЭТ-ті R_k жүктемесі резисторының кедергісін бермей, 16.1-суретке сәйкес жинау (бос жүріс). Электронды вольтметрді қосу және оны 5 минут бойы қыздыру.

3.4. Сызбаны оқытушыға тексергеннен кейін, стандарті қорек көзіне қосу, тиісті сигналды шам жануы керек.

3.5. Тұрақтандырғыштың кірмесі мен шығысына ($U_{BK} = U_{нест}$)

кезекпен вольтметрді қосу арқылы ($U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{СТ}}$ — тұрақсыз кернеу), R_{H2} резисторының көмегімен тұрақтандырғыш кірмесіндегі кернеуді өзгерту арқылы бос жүрістегі $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$ тәуелділікті алу. Өлшеу нәтижелерін 16.2-кестеге енгізу.

3.6. ЭТ токсыздандыру және амперметрді (А) R_{k1} резисторымен тізбекті қосу. Электрлік қорек көзін беру және $U_{\text{ВХ}} = 20$ В орнату. Тұрақтандырғыштың шығыс кернеуіндегі тәуелділікті $U_{\text{ВЫХ}} = I/(4)$ жүктемесінің тоғынан алу. Ол үшін R_{k1} резистор кедергісін өзгертіп, I_H тоқты және $U_{\text{ВЫХ}}$ жүктемедегі кернеуді өлшеу керек. Өлшеу нәтижелерін 16.3-кестеге енгізу. ЭТ токсыздандыру.

Өтемақыллық тұрақтандырғышты зерттеу

3.7. ЭТ-ті R_k жүктемесі резисторының кедергісін бермей, 16.2-суретке сәйкес жинау (бос жүріс). Сызбаны оқытушыға тексертеннен кейін, стендті қорек көзіне қосу, тиісті сигналды шам жануы керек.

3.8. 3.5-пунктте сипатталған әрекеттер бойынша $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$ тәуелділігін алу.

3.9. Қорек көзін сөндіру және амперметрді (А) R_{k1} резисторымен тізбекті қосу. Электрлік қорек көзін беру және $U_{\text{ВХ}} = 20$ В орнату. 3.6 пункте сипатталған әрекеттер бойынша $U_{\text{ВЫХ}} = I/(I_H)$ тәуелділігін алу. Өлшеу нәтижелерін 16.5-кестеге енгізу..

3.10. Қорек көзін сөндіру, зерттеу протоколын оқытушымен растау, ЭТ токсыздандыру.

4. Зерттеу протоколы және № 16 жұмыс есебі

Тұрақты кернеу тұрақтандырғыштары

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

Кесте - 16.1

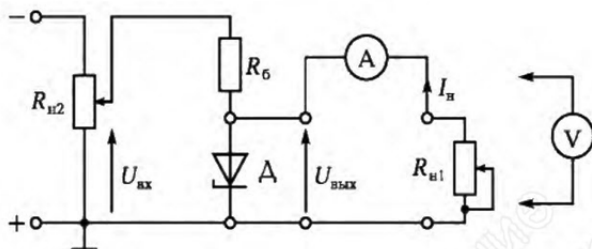
Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
U_W В	24	12	36	12	24	36	12	36
$U_{\text{ВЫХ}}$, В	8	5,6	15	6,8	13	22	8,2	27
4, мА	50	400	100	400	50	100	400	100

Нұсқа №... : $U_{\text{BX}} = \dots \pm \dots$; $U_{\text{ВЫХ}} = \dots$; $I_{\text{H}} = \dots$;

$$R_6 = (U_{\text{BX min}} - U_{\text{ВЫХ}}) / I_{\text{H}} ; I_{\text{CT max}} = (U_{\text{BX max}} - U_{\text{ВЫХ}}) / R_6 - I_{\text{H}} ;$$

$$R_6 = \dots ; I_{\text{CT max}} = \dots .$$

4.3 ЭТ сызбасы және кестелер



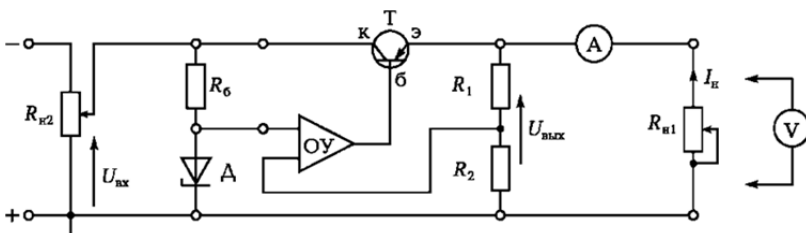
Сурет-16.1. Кернеудің параметрлік тұрақтандырғыштарын зерттеуге арналған ЭТ сызбасы

Кесте-16.2

№ опыта	1	2	3	4	5	6
$U_{\text{ВХ}}, \text{ В}$						
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{ В}$						

Кесте-16.3

№ опыта	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{Н}}, \text{ мА}$						
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{ В}$						



Сурет-16.2. Кернеудің өтемақылқ тұрақтандырғыштарын зерттеуге арналған ЭТ сызбасы

Кесте-16.4

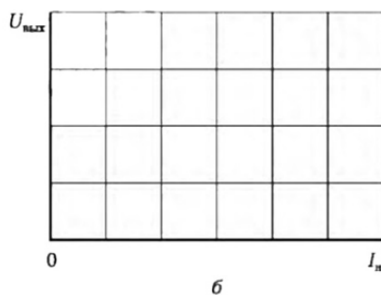
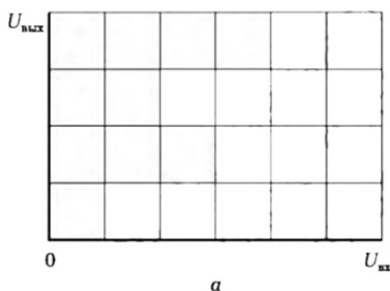
	1	2	3	4	5	6
$U_{\text{ВХ}}, \text{ В}$						
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{ В}$						

Кесте-16.5

	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{H}}, \text{ мА}$						
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{ В}$						

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____
 Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім



Сурет-16.3. Тұрақтандырғыштың шығыс кернеуінің тәуелділігі:
 а — кірме кернеуіне; б — жүктеме тоғына

$$K_{\text{CT1}} = (\Delta U_{\text{ВХ}} / U_{\text{ВХ.НОМ}}) / (\Delta U_{\text{ВЫХ}} / U_{\text{ВЫХ.НОМ}});$$

$$K_{\text{CT2}} = (\Delta I_{\text{H}} / I_{\text{H.НОМ}}) / (\Delta U_{\text{ВЫХ}} / U_{\text{ВЫХ.НОМ}}).$$

Кесте-16.6

Параметрлік тұрақтандырғыш		Өтемақалық тұрақтандырғыш	
K_{CT1}	K_{CT2}	K_{CT1}	K_{CT2}

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

5.1. 16.2 және 16.3-кестесінің деректеріне сәйкес параметрлік тұрақтандырғыш үшін 16.3, *a* және 16.3, *б*-суретте $i_{ВЫХ} = i(i_{ВХ})$ и $i_{ВЫХ} = i(4)$ тәуелділіктерін құру. Графиктерде тұрақты шығыс кернеуі туралы сипаттамаларды белгілеу.

5.2. 16.4 және 16.5-кесте деректеріне сәйкес өтемақылық тұрақтандырғыш үшін 16.3, *a* және 16.3, *б* -суретте $i_{ВЫХ} = i(i_{ВХ})$ и $i_{ВЫХ} = i(1_H)$ тәуелділіктерін құру. Графиктерде тұрақты шығыс кернеуі туралы сипаттамаларды белгілеу.

5.3. Алынған бөліктер үшін $K_{СТ1}$ и $K_{СТ}$ тұрақтандыру коэффициенттерін анықтау. Кернеудің номиналды шамасын ($i_{ВХ-НОМ}$, $i_{ВЫХ-НОМ}$) және тоқты ($1_H-НОМ$) есептеуде тұрақтандыру зонасының ортасындағы мәндерді қабылдау. Нәтижелерді 16.6-кестеге енгізу.

5.4. Зерттеу және есеп нәтижелері бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары:

1. Кернеу тұрақтандырғышының қандай түрлері техникада қолданылады?
2. Кернеу тұрақтандырғышының негізгі сипаттарын атаңыз.
3. Параметрлік тұрақтандырғыш сызбасын салыңыз және оның негізгі элементтерін атаңыз.
4. Параметрлік тұрақтандырғыштың әрекет ету қағидасын түсіндіріңіз.
5. Өтемақылық тұрақтандырғыштың негізгі элементтерін атаңыз.

ЭЛЕКТРЛІК МАШИНАЛАР

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 17 (II, III, IV)

БІРФАЗАЛЫ ТРАНСФОРМАТОР

1. Жұмыс мақсаты

- 1.1. Трансформатор құрылымын игеру.
- 1.2. Трансформатордың негізгі параметрлерін анықтау.
- 1.3. Трансформатордың сыртқы сипатын түсіру.

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу объектісіне орама шеттері қысымға шығарылған бірфазалы үшорамды трансформаторлар жатады, олан стендтік панельдің №6 тақтасында орналасқан (П.6 қосымшасын қараңыз). Трансформатордың орамалары істікшелері бар сымдар көмегімен өлшеу аспаптары арқылы қорек көзіне және жүктемеге қосылуы мүмкін. Трансформатордың қорек көзі сызықтық кернеумен жүзеге асырылады, бұл кернеу үшфазалы қорек көзінің A және B қысымдарынан алынады (П.3 қосымшасындағы суретті қараңыз). Өлшеу аспаптарына ауыспалы тоқтағы қалқанды аспаптар жатады, жүктеме ретінде сол тақтада орналасқан L_n ауыспалы резисторы рөл атқарады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. №17 зертханалық жұмыс тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориялық деректермен танысу (IV бөлімін қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындаңыз.

3.2. 17.1-кесте деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін алғашқы және екінші орамаларындағы айналым санын, трансформациR коэффициентін, магнитті ағынның максималды мәнін есептеу. Формулалар мен есептеу нәтижелерін зерттеу протоколына енгізу.

Кесте-17.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_1, \text{В}$	100	50	100	100	200	60	100	100
$U_2, \text{В}$	10	150	100	150	100	150	200	50
$U_{\text{доп}}, \text{В}$	1	5	2	5	10	3	10	1
$w_{\text{доп}}$	10	20	5	10	15	5	20	10

Зертханада орындалады:

3.3. ДемонстрациРлық материал көмегімен трансформатор құрылымымен танысу, зерттеу үрдісінде қолданылатын өлшеу құралдарын анықтау.

Зерттеу протоколына трансформатордың төлқұжаттық деректерін енгізу.

3.4. Номиналды кернеуде бірінші орамада бос жүріс тәжірибесін жүргізу. Ол үшін сызбаны 17.1-суретке сәйкес жинау.

Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін, бірінші орамаға кернеу беру және барлық аспаптар көрсеткішін алу. Өлшек деректерін 17.2-кестеге енгізу.

3.5. Трансформатордың $U_2(I_2)$ сыртқы сипаттамасын алу, одан кейін 17.2-суретке сәйкес сызбаны жинау.

Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін, бірінші орамаға кернеу беру және жүктемені 0 - ден 1,21-ге дейін өзгертіп, 5...6 нүктелер үшін аспап көрсеткіштерін түсіру. Өлшеу деректерін 17.3 кестеге енгізу.

3.6. Зерттеу протоколын оқытушымен растаған соң, ЭТ тоқсыздандырып, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізу, жұмыс орнын реттеу.

4. Зерттеу протоколы және № 17 жұмыс есебі Бірфазалы трансформатор

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

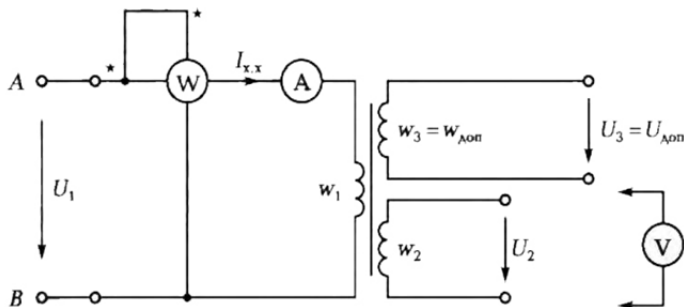
Нұсқа № ... : $U_1 = \dots$; $U_2 = \dots$; $U_{\text{доп}} = \dots$; $w_{\text{доп}} = \dots$;

$w_1 = \dots$; $w_2 = \dots$; $K_{21} = \dots$; $\Phi_{\text{max}} = \dots$.

Трансформатордың төлқұжаттық деректері:

Түрі.....
Бірінші орамадағы кернеу U_1
Жүктеменің номиналды тоғы $I_{\text{ном}}$
Қосымша орамадағы айналымдар саны ждоп
Біліктің қиысу ауданы S

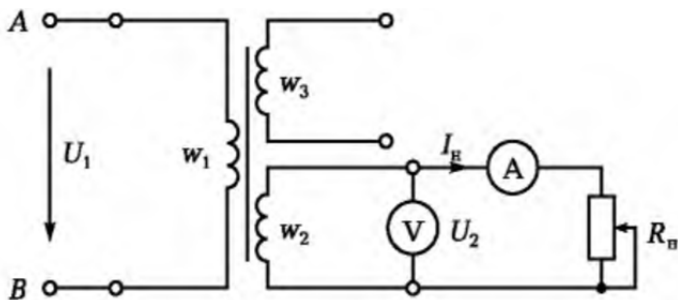
4.1. ЭТ сызбасы және кестелер



Сурет -17. 1. Трансформатордың бос жүрісін тәжірибе жасауға арналған ЭТ сызбасы

Кесте-17.2

U_1 , В	U_2 , В	$U_{\text{доп}}$, В	$w_{\text{доп}}$	$I_{x.x}$, мА	$P_{x.x}$, Вт	w_1	w_2	K_{21}	Φ_{max} , Вб



Сурет-17.2. Трансформатордың сыртқы сипатын алуға арналған ЭТ сызбасы

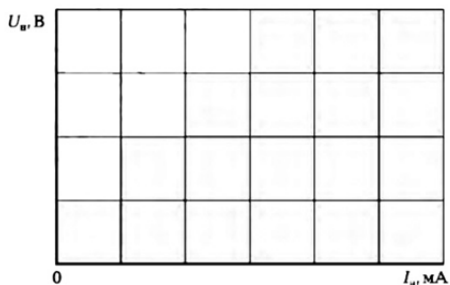
Кесте-17.3

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6
U_H , В						
I_H , мА						

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____
Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім : Пайдаланылатын заңдар мен формулалар:

$$w_1 = w_{\text{доп}} U_1 / U_{\text{доп}} = \dots ; w_2 = \dots ; K_{21} = \dots ; \Phi_{\text{маг}} = \dots$$



Сурет-17.3. Трансформатордың сыртқы сипаты

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____

Оқытушы _____

5. Есепті есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

5.1. 17.2-кестесі деректерінің негізінде бірінші және екінші орамадағы айналымдар санын, трансформация коэффициентін және магнитті ағынның максималды мәнін есептеу. Нәтижелерді 17.2-кестеге енгізу.

5.2. 17.3-кестесі деректерінің негізінде 17.3-суретте сыртқы сипатты құру және номиналды жүктемеде кернеудің өзгеруін (пайыздарда) анықтау.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары:

1. Трансформатор жұмысының негізіне қандай қағида кіреді?
2. Трансформатор қандай негізгі бөліктерден тұрады?
3. Трансформатор білдегі қандай материалдан жасалады?
4. Неге трансформатор білдегі бір—бірінен электрлік оқшауланған жұқа пластиналардан жасалады?
5. Трансформация коэффициенті деген не және ол қалай анықталады?
6. Арттыру (азайту) трансформаторы дегеніміз не?
7. Трансформатордың сыртқы сипаты дегеніміз не?
8. Номиналды жұмыс істеуде трансформатордағы негізгі шығындарды атаңыз.
9. Трансформатордың пайдалы әрекетіне арналған коэффициент мәнін анықтаңыз.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 18 (II, III, IV)

ТҰРАҚТЫ ТОҚ ГЕНЕРАТОРЫ

1. Жұмыс мақсаты

- 1.1. Тұрақты тоқтағы машина құрылымын игеру.
- 1.2. Қозғалтқыш-генератор жүйесін қосуды үйрену.

1.3. Генератордың бос жүрісінің сипаттамасын алу.

1.4. Генератордың сыртқы сипаттамасын алу.

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу объектісіне параллельді қоздырылған, генератор режимінде жұмыс істейтін тұрақты тоқ машинасы жатады.

Оның жетегінде асинхронды қысқа тұйықталған роторы бар электр қозғалтқышы жатады. Қозғалтқышты қосу статор орамасына тікелей кернеу беру арқылы орындалады.

КоммутациR құрылғысы және электр машиналарын басқару құрылғылары стендтік панельдің №9 тақтасында орналасқан (П.9- қосымшасын қараңыз). Ол электрлік машиналар орналасқан платформасы бар арнайы кабель арқылы байланысады. Тақтада айналу жиілігі тетігінің (тахогенератор) қысқыштары, В9.4 ажыратқышымен қосылатын генераторға арналған жүктеу резисторлары, тұрақты және ауыспалы тоқ сақтандырғыштары сиRқты қорғау құралдары, ЭТ-не қорек көзін беру белгісін көрсететін шамдар орналасады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 18 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориRлық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. 18.1-кесте деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін бірінші жуықтауда генератор ЭҚК есептеу. Формулаларды, зерттеу нәтижелерін зерттеу протоколына жазу.

Кесте-18.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
Се	33,3	33,3	66,6	16,65	16,65	66,6	33,3	16,65
n, об/мин	3 000	1 500	1 500	1 500	3 000	750	1 000	2 000
Ф, Вб	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$

Зертханада орындалады:

3.3. Демонстрациялық макет көмегімен тұрақты тоқтағы машина құрылымымен танысу, коммутациялық сызбасын және қозғалтқыш-генератор жүйесін басқару сызбасын игеру, қолданылатын өлшеу аспаптарын анықтау.

Зерттеу протоколына жетек қозғалтқышы мен генераторының төлқұжаттық деректерін енгізу.

3.4. Қозғалтқыш-генератор жүйесін келесі кезектілікте іске қосуды жүзеге асыру:

3.4.1. 18.1-суретте көрсетілген сызбаны жинау, тиісті кабельмен стенд жалғағышын және электрлік машиналармен платформаларды байланыстыру. Істікшелі сымдар көмегімен машинаны сызбаға қосу. Асинхронды қозғалтқыштың статорлы орамаларын «жұлдыз» сызбасы бойынша байланыстыру, С4, С5, С6 фазаларының ұштарын жалғау, ал С1, С2, С3 фазаларының бастарын А, В, С сызықтық сымдарына қосу.

Электрлік машиналар орамаларына қалқанды өлшеу аспаптарын 18.1-суретке сәйкес қосу.

В9.1, В9.2, В9.4 ажыратқыштарын (П.9-қосымшасындағы сурет) өшіру, В9.3 ажыратып қосқышын бейтарап күйге ауыстыру, оталдыру тізбегіндегі R_B резисторының кедергісін толығымен енгізу («Рет.7в» тұтқасын сағат тілі бойынша бұру арқылы).

3.4.2. Сызбаны оқытушыға тексерту.

3.4.3. Стендтің қорек көзін В3.1 ажыратқышын «Қосу» режиміне ауыстыру арқылы қосу (П.3-суретін қараңыз) және В9.1 ажыратқышын

«Қосу» режиміне ауыстыру арқылы қозғалтқыш-генератор жүйесін *сынама қосуды* орындау.

Қозғалтқыш екпінінен кейін n айналу жиілігін және статорлы орамамен қолданылатын бос жүріс тоғын I_X өлшеу. Егер олар төлқұжаттық деректерге сәйкес болса, В9.3 ажыратқышын «Ген» режиміне ауыстыру және генераторды номиналды жұмыс режиміне шығару, ол үшін генератор зәкіріне R_B реттеуші резистор көмегімен $I_{ном}$ номиналды кернеу беру.

Электрлік машиналар жұмысындағы барлық ауытқуларда В9.1 ажыратқышын өшірілген күйге ауыстырып, қателіктерді оқытушыға жеткізу.

3.5. R_B резистормен бос жүріс E_0/I_B сипаттамасын алу үшін I оталдыру тоғын $U = 1, Ш_{ном}$ генератор кернеуін қамтамасыз етуші максималды мәннен нөлге дейін біртіндеп өзгерту (бірінші

есептеу). 5-6 есептеуді орындау және нәтижелерді 18.2-кестеге енгізу.

Ескерту! Оталдыру тоғының қателіктерін болдырмау үшін тек бір бағытта өзгерту қажет.

3.6. Сыртқы сипаттаманы $U(I_Q)$ алу үшін генератордың оталдыру тоғын генератор қысқышындағы кернеу бос жүрісте (жүктемесіз) номиналды $I_{ном}$ болатындай етіп орнату. В9.4 ажыратқышымен генераторға жүктемені кезекпен қосу арқылы резистордың өзгеріссіз кедергісінде жүктеме тоғын нөлден $I = 1,1I_{н}$ дейін арттыру. Аспап көрсеткішін алу (бес есеп, бос жүрісті қоса алғанда). Нәтижелерді 18.3- кестеге енгізу.

3.7. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, жетек қозғалтқышын өшіру, ажыратқыштарды бастапқы қалпына қайтару, ЭТ тоқсыздандырып, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізу, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 18 жұмыс есебі

Тұрақты тоқ генераторы

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

Нұсқа № ... : $c_e = \dots$; $n = \dots$; $\Phi = \dots$; $E = \dots$.

Электрлік машиналардың төлқұжаттық деректері

Жетек қозғалтқышы

Генератор

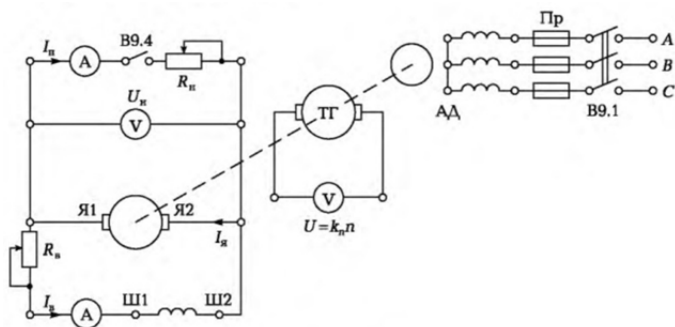
Түрі.....

Кернеу

Ток.....

Айналу жиілігі.....

4.3. ЭТ сызбасы және кестелер



Сурет -1 8. 1. Тұрақты ток генераторын зерттеуге арналған ЭТ сызбасы

31 —32 — генератордың зәкірлі орамасы; Ш1—Ш2 — генератордың шунтты орамасы (параллельді оталдыру) ТГ — тахогенератор; АҚ— асинхронды қозғалтқыш; Сқ — сақтандырғыш.

Кесте-18.2

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6
$E_0, \text{В}$						
$I_B, \text{мА}$						

Кесте-18.3

Тәжірибе №	1	2	3	4	5
$U, \text{В}$					
$I_H, \text{мА}$					
$n, \text{об/мин}$					

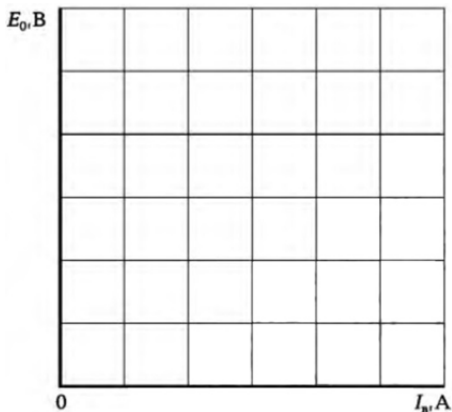
Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____

Оқытушы _____

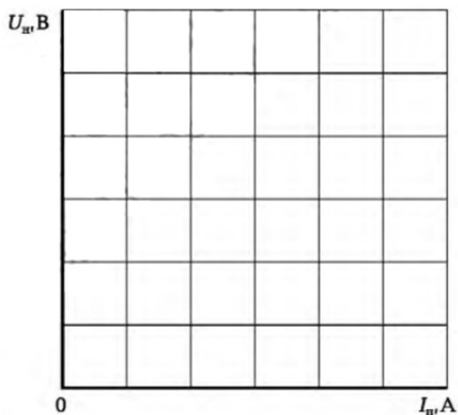
4.4. Есептік - графиктік бөлім Пайдаланылатын заңдар мен формулалар:

$$K_s = AC/AB = \dots ;$$

$$\Delta U \% = ((U_{\text{НОМ}} - U)/U_{\text{НОМ}}) 100 \% = \dots .$$



Сурет-18.2. Сипаттамасы генератордың бос жүріс



Сурет-18.3. Генератордың сыртқы сипаттамасы

4.5. Жұмыс мақсаты _____

Оқушы _____

Оқытушы _____

5. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

5.1. 18.2-кесте деректерінің негізінде 18.2-суретте $E_0 = I(7_B)$ бос жүріс сипаттамасын құру. Сол бойынша номиналды тоқта генератордың магнитті жүйесінің K_S қанығу коэффициентін анықтау.

5.2. 18.3-кесте деректерінің негізінде 18.3-суретте $U = I(7_H)$ сыртқы сипаттаманы құру. Номиналды тоқта $I_{ном}$ кернеудің пайыздық өзгеруін $\Delta U\%$ анықтау. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

5.3. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Электрлік машиналар жұмысының негізінде қандай заңдар қолданылады?
2. Генератор дегеніміз не?
3. Тұрақты ток машинасының құрамына қандай негізгі тораптар кіреді?
4. Статор, ротор және генератор коллекторының рөлдері қандай?
5. Тұрақты ток машинасын оталдыру тәсілдерін атаңыз.
6. Электрлік машиналарды тізбекті, параллель, аралас оталдыру сызбаларын кескіндеңіз.
7. Тұрақты ток генераторының өздігінен оталу режимі қандай?
8. Тұрақты ток генераторының негізгі сипаттамалары қандай?
9. Бос жүріс сипаттамасын не анықтауға мүмкіндік береді?

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 19 (IV)

ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ

1. Жұмыс мақсаты

- 1.1. Тұрақты ток қозғалтқышын қосу сызбасын және құрылымын игеру.

- 1.2. Тұрақты тоқ қозғалтқышы реверсінің әдістерін игеру.
- 1.3. Қозғалтқыштың жиілікті сипаттамасын алу.

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу құралына параллельді қоздырмасы бар, қозғалтқыш режимінде жұмыс істейтін машина жатады.

КоммутациR құрылғысы және қозғалтқышты басқару құрылғылары стендік панельдің №9 тақтасында орналасқан (П.9-қосымшасын қараңыз). Ол электрлік машиналар орналасқан платформасы бар арнайы кабель арқылы байланысады. Тақтада айналу жиілігі тетігінің (тахогенератор) қысқыштары, сақтандырғыштар және ЭТ-не қорек көзін беру белгісін көрсететін шамдар сиRқты қорғау құралдары орналасады. Айналу жиілігінің тетігі қысқышынан алынатын кернеуді өлшеу тұрақты кернеуді өлшеу режимінде электронды вольтметр көмегімен орындалады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. № 19 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориRлық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. 19.1-кестесінің деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін Л бос жүрістегі қозғалтқыштың номиналды айналу жиілігін есептеу.

Кесте-19.1

Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8
c_e	33,3	33,3	66,6	16,6	16,6	66,6	33,3	16,6
$U, В$	100	50	100	50	100	50	100	100
$\Phi, Вб$	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$

Зертханада орындалады:

3.3. ДемонстрациRлық макет көмегімен тұрақты тоқтағы машина құрылымымен танысу, коммутациR сызбасын және қозғалтқыш жүйесін басқару сызбасын игеру, зерттеу үрдісінде

қолданылатын өлшеу аспаптарын анықтау.

Зерттеу протоколына қозғалтқыштың төлқұжаттық деректерін енгізу.

3.4. Қозғалтқышты іске қосуды келесідей кезектілікпен орындау:

3.4.1. 19.1-суретте көрсетілген сызбаны жинау, тиісті кабельмен стенд жалғағышын және электрлік машиналармен платформаларды байланыстыру. Орамалар ұшының мәнін қолданып, істікшелі сымдар көмегімен тұрақты ток қозғалтқышын сызбаға қосу. Электрлік машиналар орамасына қалқанды өлшеу аспаптарын 19.1-суретке сәйкес қосу.

В9.1, В9.2, В9.4 ажыратқыштарын (П.9-қосымшасын қараңыз) өшіру, В9.3 ауыстырып-қосқышын бейтарап күйге ауыстыру.

«+» қысқыштарына және «-» қорек көзінің кернеуіне жеткізу.

Рп.р іске қосу реостатының кедергісін («Рет. 1п» тұтқасын сағат тілі бойынша V күйіне бұру арқылы) толығымен енгізу және Rв резисторының кедергісін шығару («Рет. Iв» тұтқасын сағат тілі бойынша бұру арқылы).

3.4.2. Сызбаны оқытушыға тексеру.

3.4.3. Стендтің қорек көзін қосу, В3.1 және В3.2 ажыратқыштарын

«Қосу» режиміне ауыстыру (П.3 қосымшасындағы суретті қараңыз). Тұрақты кернеу көзінің шығысына $U = (20 \pm 2)$ В орнату. В 9.3 ауыстырып-қосқышын «Қз.», режиміне ауыстыру, ал В9.2 ажыратқышын «Қосу» режиміне ауыстыру арқылы қозғалтқышты *сынама қосуды* орындау.

3.5. Рп.р іске қосу реостатының кедергісін біртіндеп азайтуды «Рет. 1п» тұтқасын V күйінен I күйіне ауыстыру арқылы орындау және қозғалтқыштың екпінін бақылау. Қозғалтқыштың номиналды айналу жиілігін n_0 орнату үшін $R_в$ резистордың кедергісін оталдыру тізбегінде біртіндеп арттыру.

Электрлік машиналар жұмысындағы барлық ауытқуларда В 9.2 ажыратқышын өшірілген күйге ауыстырып, қателіктерді оқытушыға жеткізу.

Қозғалтқыш реверсін жүзеге асырып, қозғалтқышты В 9.2 ажыратқышымен өшіру, тізбекке Рп.р іске қосу реостатын толығымен енгізу (V күйі), ал Rв резисторының кедергісін өзгеріссіз қалдыру. Оталдыру орамасының ұштарын қайта коммутациялау, Ш1-ді R2-ге қосу, ал Ш2-ні осыған дейін Ш1 байланысқан қысқышқа қосу (нәтижесінде Ш2 Rв резисторы арқылы R1-ге қосылады).

Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін, қозғалтқышты 3.4.3 пунктіне сәйкес қайта қосу. Тахогенераторға (ТГ) қосылған

вольтметр көрсеткішіне назар аудару: вольтметр тілшесі кері қарай ауытқыған. Бұл қозғалтқыштың кері қарай айналғанын білдіреді. R_B резисторының көмегімен n_0 қозғалтқыштың номиналды жиілігін орнату.

3.6. Қозғалтқыштың жиілікті сипатын алу – n айналу жиілігінің $I_R = I - I_\theta$ зәкір тоғына тәуелділігін I_B оталдырудың өзгеріссіз тоғында алу.

Ол үшін, $R_{п.р}$ іске қосу реостатының кедергісін арттыруды «Рет. 1П» тұтқасын I күйінен V күйіне ауыстыру арқылы орындау және R_B кедергісін өзгерте отырып, I_B оталдыру тоғын өзгеріссіз қалдыру, ТГ көрсеткіштерін белгілеу. Бес рет есептеуді жүргізу және нәтижелерді 19.2-кестеге енгізу.

$R_{п.р}$ іске қосу реостатының кедергісін тізбектен қайтадан шығару, «Рет. 1П» тұтқасын I күйіне орналастыру.

3.7. n айналу жиілігінің I_B оталдыру тоғынан тәуелділігін алу.

Ол үшін R_B резисторының кедергісін біртіндеп өзгертіп, ТГ қосылған вольтметр көрсеткішін 5... 6 нүктелер үшін алу. Өлшеу нәтижелерін 19.3- кестеге енгізу.

3.8. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін, қозғалтқышты өшіру, ажыратқыштарды бастапқы қалпына қайтару, ЭТ тоқсыздандырып, сымдарды зертханашыға өткізу, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 19 жұмыс есебі

Тұрақты тоқ қозғалтқышы

4.1. Жұмыс мақсаты _____

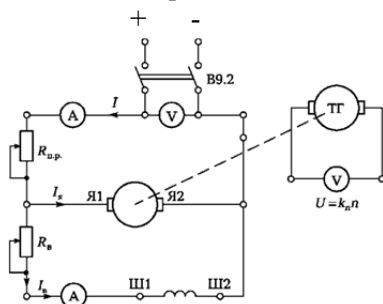
4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

жасалған есеп Нұсқа № ... : $C_e = \dots$; $U = \dots$; $\Phi = \dots$; $n = \dots$.

Қозғалтқыштың төлқұжаттық деректері

Түрі
Кернеу
Зәкір тоғы.....
Оталдыру тоғы
Айналу жиілігі

4.3. ЭТ сызбасы және кестелер



Сурет-19.1. Тұрақты ток қозғалтқышын зерттеуге арналған ЭТ сызбасы

R1 — R2 — қозғалтқыштың зәкірлі орамасы; Ш1—Ш2 — қозғалтқыштың шунтты орамасы (параллельді оталдыру); ТГ — тахогенератор.

Кесте-19.2

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6
4, мА						
I, мА						
п, об/мин						
Д мА						

Кесте-19.3

Тәжірибе №	1	2	3	4	5	6
п, об/мин						
1в, мА						

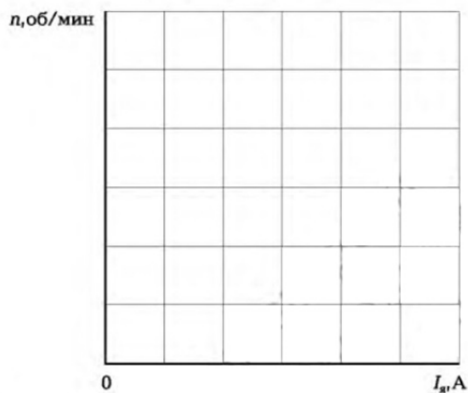
Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____
Оқытушы _____

4.4. Есептік-графиктік бөлім:

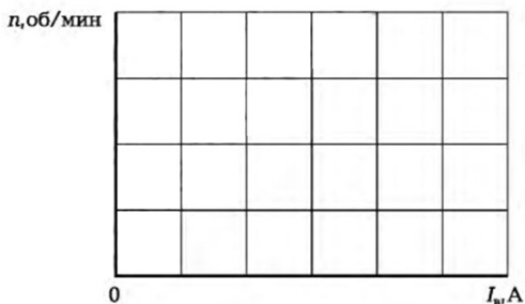
Пайдаланылатын формулалар мен заңдар:

$$M_{вр} = 9,52 P_2 / n_0 = \dots ;$$

$$P_2 = \eta P_1 = \eta UI = \dots .$$



Сурет-19.2. Қозғалтқыштың жиілікті сипаттамасы



Сурет -19.3. Оталдыру тоғынан қозғалтқыштың айналу жиілігінің тәуелділігі

4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____

Оқытушы _____

5. Есептің есептік-графиктік бөліміне арналған талаптар

5.1. 19.2-кестесі деректерінің негізінде I_R зәкір тоғын есептеу және нәтижелерді 19.2-кестеге енгізу. 19.2-суретте $n = /(!R)$ жиілікті сипаттаманы құру.

5.2. 19.3-кестесі деректерінің негізінде 19.3-суретте $n = /(4)$ сипаттамасын құру.

5.3. n_0 айнарудың номиналды жиілігінде және 4-ном зәкір тоғында қозғалтқыш білігіндегі $M_{вр}$ пайдалы мезетті есептеу, егер пайдалы әрекет коэффициенті $\eta = 70\%$ болса. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Электр қозғалтқышының жұмыс істеу негізінде қандай заңдар қолданылады?
2. Электр қозғалтқышы дегеніміз не?
3. Тұрақты ток машинасының құрамына қандай тораптар кіреді?
4. Тұрақты ток машинасының қозу тәсілдерін атаңыз.
5. Тұрақты ток қозғалтқышы реверсінің тәсілдерін атаңыз.
6. Тізбекті, параллельді және аралас қоздырылған электрлік машиналардың сызбасын кескіндеңіз.
7. Тұрақты ток қозғалтқыштары негізінен қайда қолданылады?
8. Тұрақты ток қозғалтқышының негізгі сипаттамаларын атаңыз.

Зертханалық-тәжірибелік жұмыс № 20 (II, III, IV)

ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛҒАН РОТОРЫ БАР АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШ

1. Жұмыс мақсаты

- 1.1. Асинхронды қозғалтқыш құрылымын және оны іске қосу сызбасын игеру.
- 1.2. Асинхронды қозғалтқышты іске қосу.
- 1.3. Асинхронды қозғалтқыш реверсінің әдістерін игеру.
- 1.4. Асинхронды қозғалтқыштың қосымша механикалық сипаттамасын алу $n = /(4)$.

2. Объект және зерттеу құралдары

Зерттеу объектісіне қысқа тұйықталған роторы бар үшфазалы асинхронды қозғалтқыш жатады.

Асинхронды қозғалтқыш жүктемесіне тұрақты тоқ генераторы жатады, оның шығыс тізбегіне резисторлар қосылған.

КоммутациR құрылғылары және қозғалтқышты басқару құралдары стендтік панельдің № 9 тақтасында орналасқан (П.9-қосымшасындағы суретті қараңыз), олар электрлік машиналар орналасқан платформасы бар арнайы кабельдермен байланысады. Тақтада айналу жиілігі тетігінің қысқыштары, сақтандырғыштар және ЭТ корек көзін беру белгісін білдіретін белгілер сиRқты қорғау құралдары болады. Айналу жиілігі қысқыштарынан алынатын кернеуді өлшеу тұрақты кернеуді өлшеу режимінде электронды вольтметр көмегімен орындалады.

3. Зертханалық жұмыс тапсырмасы

Жұмысқа дайындық кезеңінде орындалады:

3.1. №20 зертханалық жұмыстың орындалу тәртібімен, аталған тақырып бойынша қысқаша теориRлық деректермен танысу (IV бөлімді қараңыз). Жұмыс дәптеріне зерттеу протоколын дайындау.

3.2. 20.1-кесте деректеріне сәйкес, өз нұсқаңыз үшін бос жүрістегі қозғалтқыштың айналу жиілігін есептеу. Формулалар мен есептеу нәтижелерін зерттеу протоколына енгізу.

Кесте-20.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
f , Гц	50	60	100	60	50	100	50	400
P	1	1	2	2	2	1	2	2
$S_{x.x}$	0,05	0,04	0,03	0,06	0,02	0,05	0,07	0 , 0 6

Зертханада орындалады:

3.3. ДемонстрациRлық макет көмегімен асинхронды машинаның әрекет ету қағидасымен және құрылымымен танысу, коммутациR және асинхронды қозғалтқышты (АҚ) басқару сызбасын игеру, зерттеу үрдісінде

пайдаланылатын өлшеу құралдарын анықтау.

Зерттеу протоколына қозғалтқыштың және қозғалтқыш жүктемесі болып табылатын тұрақты тоқ генераторының төлқұжаттық деректерін енгізу.

3.4. АҚ қосуды келесі кезектілікпен орындау:

3.4.1. 20.1-суретке сәйкес сызбаның бірінші бөлігін жинау, электрлік машиналары бар платформа мен стенд жалғағышының тиісті кабелімен байланыстыру. Істікшелі сымдар көмегімен АҚ-ты сызбаға қосу, орама ұштары мәнін қабылдау. Қозғалтқыш статорының орамаларын «жұлдыз» түрінде байланыстыру. Миллиамперметрді АҚ статорының орамасына қосу, ал вольтметрлі тахогенератордың (ТГ) қысқыштарына 20.1 суретке сәйкес қосу.

Үшфазалы желіден қорек көзін жеткізу.

В9.1, В9.2, В9.4 ажыратқыштарын (П.9-қосымшасындағы сурет) өшіру, ал В9.3 ауыстырып-қосқышын бейтарап күйге ауыстыру.

3.4.2. Сызбаны оқытушыға тексерту.

3.4.3. В3.1 ажыратқышын «Қосу» режиміне ауыстыру арқылы стендті қорек көзіне қосу (П.3-суретті қараңыз) және АҚ-ын сынама қосуды жүзеге асыру, ол үшін В9.1 ажыратқышын «Қосу» режиміне ауыстыру. Қозғалтқыш екпінінен кейін, оның айналу жиілігін және статорлы орамамен пайдаланылатын бос жүріс тоғын тахогенератор көмегімен өлшеу. Егер өлшенген мәндер номиналды мәндерге жуық болса, АҚ-ын зерттеуді жалғастыру.

Электрлік машиналар жұмысындағы барлық ауытқуларда В 9.1 ажыратқышын өшірілген күйге ауыстырып, қателіктерді оқытушыға жеткізу.

3.5. Қосу тоғын өлшеу үшін В9.1 ажыратқышымен АҚ қорек көзін сөндіру және ротордың толық тоқтауын күту.

АҚ-на қайтадан кернеу беру және АҚ статорының орамасына қосылған амперметр тілшесінің максималды ауытқуын (Д.зв) қосу мезетінде және (!х.х.зв) екпіннен кейін белгілеу. Қозғалтқыштың лзв айналу жиілігін және Нф.зв фазалық кернеуді өлшеу. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

3.6. АҚ сөндіру және оны тоқтатқаннан кейін статор орамасын «үшбұрышпен» байланыстыру арқылы қайта қосу. Ол үшін С1—С5, С2— С6, С3—С4 ұштарын байланыстыру.

Сызбаны оқытушыға тексерткеннен кейін АҚ қайта қосу және амперметр тілшесінің максималды ауытқуын қосу мезетінде (I) және орнатылған режимде (Дх.тр) белгілеу. Ротордың ПТР айналу

жиілігін және $U_{фтр}$ фазалық кернеуді өлшеу. Нәтижелерді зерттеу протоколына енгізу.

3.7. АҚ реверсін жүзеге асыру үшін ТГ қысқыштарына қосылған вольтметр тілшесінің ауытқу бағытын белгілеу. Одан кейін АҚ өшіріп, толық тоқтағаннан кейін С2 және С3 фазаларының орындарын ауыстыру, С2 қысқышын С сызықтық сымына жалғау, ал С3 қысқышын В сызықтық сызбасына жалғау.

АҚ қосу және ТГ қысқыштарына қосылған вольтметр тілшесінің ауытқу бағытын белгілеу. Зерттеу нәтижелерін протоколға енгізу.

АҚ сөндіру.

3.8. осымша тапсырма. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын келесідей кезектілікте алу:

3.8.1. 20.1-суретке сәйкес сызбаның сол жақ бөлігін генератор режиміндегі тұрақты ток машиналарының жұмысы үшін жинау, орамалар ұшының мәндерін қабылдау. Өлшеу аспаптарын генератор орамаларына 20.1-суретке сәйкес қосу.

В9.1, В9.2, В9.4 ажыратқыштарын өшіру, В9.3 ауыстырып-қосқышын «Ген.» күйіне ауыстыру, R_{θ} резисторының кедергісін оталдару тоғына толығымен енгізу («Рет. 7_В» тұтқасын сағат тілі бойынша бұру).

3.8.2. Оқытушыға сызбаны тексерту.

3.8.3. АҚ қосу және оның екпінінен кейін R_{θ} резисторының кедергісін өзгерте отырып, генератордың шығысына номиналды кернеу беру. Генератор жүктемесі тізбегіндегі амперметрдің бірінші көрсеткішін және бос жүрістегі АҚ айналу жиілігін алу.

В9.4 ажыратқышымен жүктемені кезекпен қоса отырып, амперметр көрсеткішін және айналу жиілігі тетігінің көрсеткішін алу. Өлшеу нәтижелерін 20.2- кестеге енгізу.

3.9. Зерттеу протоколын оқытушымен растағаннан кейін АҚ сөндірі, ажыратқыштарды бастапқы қалпына қайтару, ЭТ тоқсыздандырып, сымдар мен аспаптарды зертханашыға өткізу, жұмыс орнын ретке келтіру.

4. Зерттеу протоколы және № 20 жұмыс есебі

Қысқатұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыш

4.1. Жұмыс мақсаты _____

4.2. Формулалар, алдын ала жасалған есеп

4.1. Нұсқа № ... : $fI = \dots$; $p = \dots$;

$S_{X.X} = \dots$; $n = \eta j(1 - S) = \dots$.

Электрлік машиналардың төлқұжаттық деректері

Асинхронды қозғалтқыш. Генератор

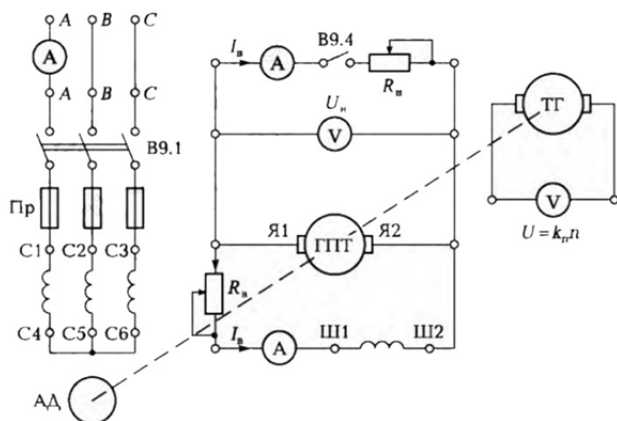
Түрі

Кернеу

Тоқ

Айналу жиілігі

4.3. ЭТ сызбасы және кестелер



Сурет 20.1. Үшфазалы асинхронды қозғалтқышты зерттеуге арналған ЭТ сызбасы: C1—C4, C2—C5, C3—C6 — асинхронды қозғалтқыш статорының орамалары; ГПТ — тұрақты ток генераторы; R1 — R2 — генератордың зәкірлі орамасы; Ш1—Ш2 — генератордың (параллельді оталдыру) шунтты орамасы; ТГ — тахогенератор; Cк — сақтандырғыш.

Тәжірибе №	1	2	3	4	5
$I_H, \text{мА}$					
$\Pi, \text{айн/мин}$					

Тобы _____ Оқушы _____ Күні _____
Оқытушы _____

4.4 Есептік-графиктік бөлім

Қолданылатын заңдар мен формулалар

$$I_{\Pi \text{ зв}} = \dots; I_{\text{х х зв}} = \dots; n_{\text{зв}} = \dots; U_{\text{ф зв}} = \dots;$$

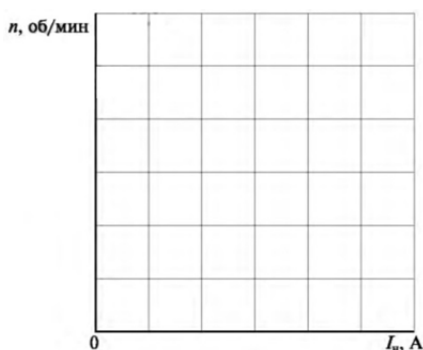
$$I_{\Pi \text{ тр}} = \dots; I_{\text{х х тр}} = \dots; n_{\text{тр}} = \dots; U_{\text{ф тр}} = \dots;$$

$$I_{\Pi \text{ тр}}/I_{\Pi \text{ зв}} = \dots; I_{\text{х х тр}}/I_{\text{х х зв}} = \dots; P_{\Pi \text{ тр}}/P_{\Pi \text{ зв}} = \dots;$$

$$A, B, C \rightarrow C1, C2, C3 \rightarrow U_{\Pi} = \dots;$$

$$A, B, C \rightarrow C1, C3, C2 \rightarrow U_{\Pi} = \dots.$$

$B_{\text{хх}}$ бос жүрісіндегі АҚ жылжуы = ...
осымша тапсырма. $\zeta_{\text{ном}} = \dots$



4.5. Қысқаша қорытынды _____

Оқушы _____ Оқытушы _____

5. Есептің есептік-графиктік бөліміне талаптар

5.1. Статор орамының қосуылының әртүрлі сызбасында АҚ іске қосылуы нәтижесі бойынша іске қосылу тоғының еселігі мен бос жүріс тоғын есептеу. Статор орамының

«үшбұрыш» және «жұлдызды» жалғамасы жағдайында іске қосылуда күш еселігін анықтау.

5.2. D_{xx} бос жүрісінде АҚ жылжуын анықтау.

5.3. **Қосымша тапсырма.** 20.2-кесте мәліметтеріне негізделіп, 20.2-суретте $n=D!_H$) АҚ механикалық сипаттамасын жасау. $D_{ном}$ номиналды күшінде жылжуды анықтау. Нәтижені сынақ протоколына енгізу.

5.4. Жұмыс бойынша қысқаша қорытынды жасау.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Асинхронды машина құрамына қандай негізгі түйіндер кіреді?
2. Қозғалтқыш статоры қандай рөл ойнайды?
3. Асинхронды қозғалтқыштың қысқа тұйықталған роторының конструктивті сызбасын көрсетіңіз.
4. Айнымалы ток қозғалтқышының статоры мен роторы қандай мақсатпен таңбаланған пластинадан жасалады?
5. Асинхронды қозғалтқыш роторының айналу бағытын қалай өзгертуге болады?
6. Асинхронды қозғалтқыш айналмалы жиілігін қалай өзгертуге болады?
7. Неліктен ротор айналмалы өріске «жете алмайды»?
8. Қысқа тұйықталған ротормен асинхронды қозғалтқыш қайда қолданылады?

ҚЫСҚАША ТЕОРИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕР

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАЛЫ ӨЛШЕУ РАЛДАРЫ

(№ 1 зертханалық-тәжірибелік жұмысқа)

Өлшеу — арнайы техникалық құралдардың көмегімен тәжірибелік жолмен физикалық шаманың шынайы мәнін анықтау. Электр шамасын (тоқ, кернеу, күш, қарсыласу, сыйымдылық және т.б.) өлшеу үшін қолданылатын аспап *электрөлшеуіш аспаптар* деп аталады.

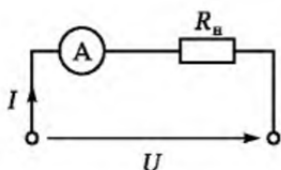
Алынған нәтижелердің дұрыстығы өлшеу аспаптарының қаншалықты сауатты қолданылғандығымен анықталады.

«Электротехника» курсын оқу барысында жасалатын зертханалық жұмыстар тоқ, кернеу, қарсыласу мен күшті өлшеумен өткізіледі. Зертханада ұсынылған электрлік өлшеудің негізгі құралдарына келесілер кіреді:

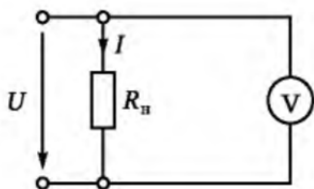
тұрақты және айнымалы тоқ құралдары – миллиамперметр, вольтметр, ваттметр; сандық мультиметр; электронды құралдар - осциллограф, генератор, милливольтметр.

Амперметр (шартты белгісі— $-(A)-$). Ол тоқ күшін өлшейтін аспап және сондықтан жүктемемен бірге (Т.1, а-сурет) электр тізбегіне (ЭТ) қосылады.

Тізбектің (тоқ күші) жұмыс режиміне аспаптың ықпал етуін болдырмау үшін оның ішкі қарсыласуы өте аз болу керек. Сондықтан амперметрдің жүктемеге параллельді тізбекке қосылуы оның бойынан тоқтың өтуіне әкеледі және оны қатардан шығарады.



а



б

Т.1- сурет. Амперметр (а) мен вольтметрді (б) осылу сызбасы

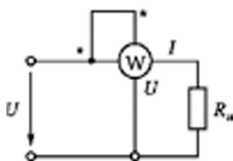
Вольтметр (шартты белгісі — V). Ол кернеуді өлшейтін құрал (әлеуеттердің әртүрлілігі) және сондықтан жүктемемен бірге (Т.1,б-сурет) электр тізбегіне (ЭТ) қосылады. Тізбектің жұмыс режиміне аспаптың ықпал етуінің алдын алу үшін оның ішкі қарсыласуы

шексіз үлкен, ал аспаппен тұтынылатын ток – өте аз болу керек. Сондықтан кернеуді вольтметрге қосылған ЭТ сәйкес нүктелерінің сүңгішінің жанасуы арқылы өлшеуге болады.

Ваттметр (шартты белгісі — W). ЭТ -мен немесе оның жеке элементтерімен тұтынатын P белсенді күшін өлшейтін аспап. Тұрақты токта $P = IU$, сондықтан ваттметрдің амперметр сияқты тізбекке қосылатын ток орауышы болу керек, R_n ни жүктемемен бірге вольтметр сияқты жүктемеге параллель қосылатын кернеу орамасы (Т.2,а-сурет).

Сызбада жұлдызшамен (*) белгіленген ваттметр қысқыштары бірге қосылу керек.

Омметр (шартты белгісі — Ω). ЭТ элементтері мен тоқсыз жағдайдағы (Т.2,б-сурет) (ЭТ қуат көздерінің өшіп тұруы) толықтай ЭТ-ның электрлік қарсыласуын өлшейтін аспап. Аспап әрекетенің негізіне аспап ішінде орналасқан ЭДС E эталонды қайнар көзбен жасалған R_x зерттелетін резисторында I ток күшін өлшеу жатқызылған.



Т.2 -сурет. Ваттметр (а) мен омметрді (б) осылу сызбасы

$I = E/(R + R_x)$ болғандықтан, аспап шкаласы нұсқардың көп ауытқуы R_x зерттелетін резистордың қарсыласудың аз мәніне сәйкес келетіндей омарда өлшенеді. Қарсыласуды өлшемес бұрын аспапта нөлді орналастыруды жүзеге асырады. Ол үшін аспап қысқышының сүңгіші көмегімен тұтқамен қысқартуда «Нөлді бекітуді» «0» белгісінде тұрған нұсқармен сәйкестендіреді. Сандық омметрде «Нөлді бекіту» тұтқасы жоқ. Омметрді қуат көзімен тізбекке қосуға болмайды, себебі аспаптың өлшеу механизмі микроамперметрді білдіреді және сыртқы тоқтың көбеюі салдарынан істен шығуы мүмкін.

Электрөлшеу құралдарының негізгі көрсеткіштері. Мұндай көрсеткіштер келесідей:

$I_{ном}$ *номиналды шамасы* — аспаппен өлшенетін ең үлкен шама. Мысалы, ваттметрдің номиналды шамасы $P_{ном} = I_{ном} I_{ном}$. Көпшекті аспаптар үшін номиналды шама аспапта диапазон аударғыш қалпымен анықталады;

C *аспаптың тұрақтысы (бөлу құны)* — көрсететін құралдың ауытқуын шкаланың бөлуіне әкелетін өлшенетін шаманың көрсеткіші. Мысалы, ваттметрдің тұрақтысы

$$C = P_{ном}/n,$$

мұндағы n — шкаланың бөлу саны ;

ΔA *өлшеу қателігі*. Абсолютті, салыстырмалы және келтірілген қателіктер болады. Абсолютті қателік — бақыланатын шаманың өлшенетін $A_{и}$ мен нақты $A_{д}$ мәндері арасындағы айырма:

$$\Delta A = A_{и} - A_{д}.$$

Салыстырмалы қателік — пайыздарда көрсетілген бақыланатын шаманың нақты мәніне абсолютті қателігінің қатынасы:

$$\gamma = (\Delta A / A_{д}) 100.$$

Келтірілген қателік — аспаптың номиналды шамасына абсолютті қателіктің қатынасы:

$$\gamma_{пр} = (\Delta A / A_{ном}) 100.$$

Пайызда келтірілген қателік аспаптың *нақтылық класын* анықтайды. Мысалы, $u_{пр} = \pm 1$ % нақтылықтың бірінші класына

сәйкес келеді. Нақтылық деңгейі бойынша электромеханикалық өлшеу құралдары тоғыз класқа бөлінеді: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Құралдың нақтылық класы оның шкаласында көрсетіледі.

Өлшеу нақтылығы салыстырмалы қателікпен бағаланады.

Себебі $\Delta A = \gamma_{\text{пр}} A_{\text{ном}} = \gamma_{\text{Ад}} A_{\text{Д}}$, то $\gamma = \gamma_{\text{пр}} A_{\text{ном}} / A_{\text{Д}}$

Бұл жақтан салыстырмалы қателік аз болған сайын, $A_{\text{Д}}$ өлшенетін шаманың нақты мәні $A_{\text{Д}}$ номиналды мәніне жақын болатындығын көруге болады. Сондықтан өлшеу нақтылығын арттыру үшін шкаланың екінші жартысымен қолданған жөн.

Мысал. Нақтылықтың бірінші класты көпшекті миллиамперметр көмегімен 400 мА тоғы екі шекте өлшенді: $A_{\text{ном}} = 500$ мА және $A_{\text{ном}} = 2\,000$ мА. Екі жағдайда да салыстырмалы қателікті анықтау.

Бірінші шекте $\gamma = \pm 1 \cdot 500 / 400 = \pm 1,25\%$; екіншіде $\gamma = \pm 1 \cdot 2\,000 / 400 = \pm 5,0\%$.

Сөйтіп, екінші жағдайда өлшеу нақтылығы біріншіге қарағанда 4 есе аз.

Электрөлшеу құралдарының классификациясы.

Электрөлшеу құралдарының едәуір бөлігі электромеханикалық топқа жатқызылады. Оларға ортақ болып өлшенетін тізбектен аспапқа келтірілетін электромагниттік энергия қозғалатын бөліктің жылжуының механикалық энергиясына ауысатындығы саналады.

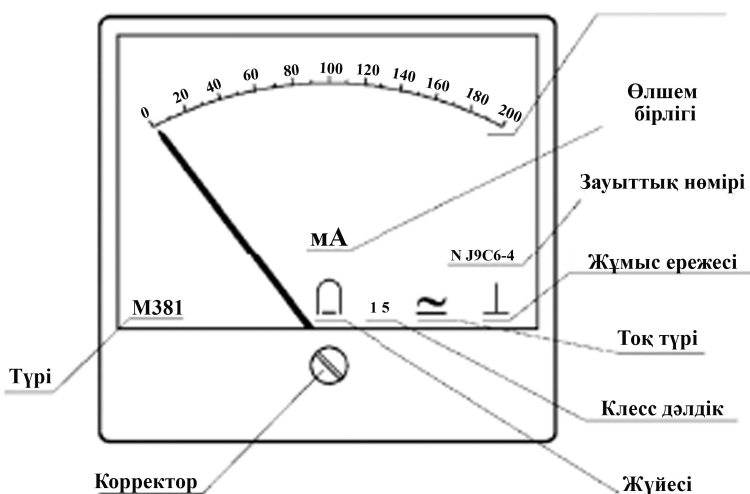
Энергияның түрленуі, $R_{\text{ғни}}$ айналу сәтінің жасалуы әдісі бойынша, аспаптардың өлшеу механизмдері жүйелер қатарына бөлінеді, олардың негізгілері Т.1- кестеде көрсетілген.

Т.1 - кесте

Жүйе	Белгілеу
Магнитоэлектрлік	 Тұрақты магнит Подвижная катушка с током
Электромагнитті	 Токпен орауыш Жылжымалы болат білік

Жүйе	Белгілеу
Электродинамикалық	 Жылжымайтын орауыш Жылжымалы орауыш
Индукциялық	 Электромагнит Айналмалы алюминий дискі
Электростатикалық	 Жылжымайтын пластина Жылжымалы пластина

Тоқ түрлері бойынша аспаптар келесідей бөлінеді: тұрақты ток (-); айнымалы ток (~); тұрақты және айнымалы ток (=); үшфазалық ток (3 ~).



Т.3- сурет. Электрөлшеу аспабының алдыңғы панелі

Жеке жағдайларда электрөлшеу аспабының құрамына түрлендіргіштер кіреді: жартылай өткізгіш түзеткіш, электронды күшейткіш және т.б. Бұл ретте аспаптардың қасиеті айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Түрлендіргіш типіне байланысты аспапты түзеткіш, электронды және т.б. деп атайды.

Аспап шкаласында белгілеу қатары көрсетіледі, олардың негізгілері Т.3 -суретте көрсетілген.

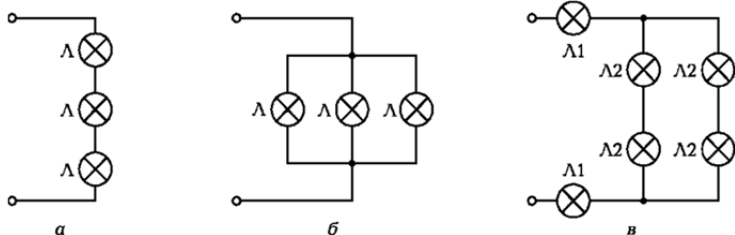
ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

(№2 және 3 -зертханалық-тәжірибелік жұмыстарына)

Кез келген электр тізбегі өзіне электр энергиясының көздері (генератор, аккумулятор, батарея) мен электр энергиясын тұтынушыларды (жылытқыштар, жарықтандыру құралдары, реле, қозғалтқыштар және т.б.) қосады.

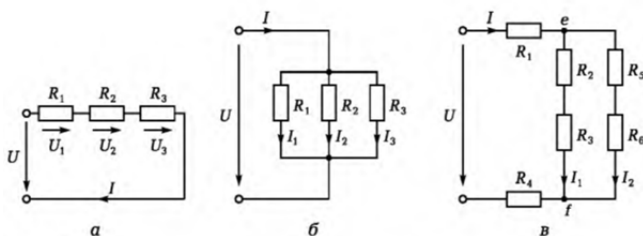
Қайнаркөздер вольтпен (В) өлшенетін E электр қозғаушы күшпен оммен (Ом) өлшенетін $R_{вн}$ ішкі қарсыласумен сипатталады. Тұрақты токтың электрлік тізбектеріндегі тұтынушылар R (Ом) белсенді қарсыласумен сипатталады. Олар қуат көзіне тізбекті (мысалы, шырша гирляндасының лампы – Т.4,а-сурет), параллель (кәсіпорындық және тұрмыстық ғимараттарды жарықтандыру, көше лампалары, Т.4,б-сурет) және араласқан (екі немесе одан да көп шарша гирляндалары лампалары – Т.4,в-сурет) қосыла алады.

Элементтердің **тізбекті қосылысында** бірінші тұтынушының тізбегінің соңы екіншісінің басымен жалғанады, екіншісінің соңы – үшіншісінің басымен және т.с.т. Тұтынушылардың бірінші тізбегінің басы мен соңғысының арасына қуат көзінің қысқышына (Т.5,а сур.) қосылады.



Т.4-сурет. Лампалардың байланысу сызбасы:

а — тізбекті; б — параллель; в — аралас



Т.5-сурет. Жүктемені қосумен ЭТ алмастыру сызбасы :
a — тізбекті; *б* — параллель; *в* — аралас

Барлық тізбектің жалпы қарсыласуы жеке тұтынушылардың сомасына тең:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1)$$

Мұндай тізбектегі тоқ барлық тұтынушылар үшін ортақ және *Ом заңына* сәйкес анықталады:

$$I = U/R. \quad (2)$$

Әрбір тұтынушыға күш түседі. Тұтынушыда күштің азаюы тұтынушының қарсыласуы мен одан өтетін токпен анықталады:

$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3 \quad (3)$$

Кирхгофтың 2-ережесіне сәйкес:

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (4)$$

Теңдеудің (1) оң және сол жағын I^2 көбейтіп

$$I^2 R = I^2 R + I^2 R + I^2 R \quad (5)$$

немесе

$$P_{э\tau} = P_1 + P_2 + P_3 \quad (6)$$

Сөйтіп, ЭТ-мен тұтынылатын күш тізбектің әрбір элементімен тұтынылатын күш сомасына тең. Қайнар көзбен берілетін күш барлық тізбекпен тұтынылатын күшке тең:

$$P_H = UI = I^2 R = P_{aq}. \quad (7)$$

Теңдеу (7) күш балансының көрінісі болып табылады.

Тұтынушылардың параллель қосылысында олардың басы бір нүктеге (1-түйін), ал аRғы – басқа нүктеге (2-түйін) біріктіріледі. Екі түйін де қайнаркөзінің клеммасына (Т.5,б-сурет) қосылады.

Кирхгофтың I-ережесіне сәйкес (ол өз заңдарын 26 жасында енгізгендігін ескерген жөн) ЭТ-ның кез-келген түйіні үшін токтардың алгебралық сомасы нөлге тең:

$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0 \text{ или } I = I_1 + I_2 + I_3. \quad (8)$$

Сәйкесінше, түйінге кіретін токтардың сомасы шығушыларға тең келеді. Барлық тұтынушылар үшін кернеу бірдей болғандықтан, Ом заңына сәйкес

$$I_1 = U/R_1; I_2 = U/R_2; I_3 = U/R_3; I = U/R \quad (9)$$

немесе

$$U/R = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3, \quad (10)$$

қайдан

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \text{ или } G = G_1 + G_2 + G_3, \quad (11)$$

мұндағы $G = 1/R$ - қарлысауға қарама-қарсы шама, - сименстерде (См) өлшенетін тұтынушы өнімділігі. Сөйтіп, тұтынушылардың параллель қосылуында жалпы өткізгіштік жеке тұтынушылардың өткізгіштігі сомасына тең.

Теңдеудің (11) оң және сол жағын U^2 -ге көбейтіп,

$$U^2/R = U^2/R_1 + U^2/R_2 + U^2/R_3 \quad (11)$$

немесе

$$P = P_1 + P_2 + P_3. \quad (12)$$

Сөйтіп, элементтердің тізбекті қосылуындағыдай, ЭТ-мен тұтынылатын күш тізбектің әрбір элементімен тұтынылатын күшке және қайнаркөзбен берілетін күшке тең.

Тұтынушылардың аралас қосылуының сызбасы Т.5,в-суретте көрсетілген. Мұндай ЭТ-ның есебі жоғарыда көрсетілген қатынастар негізінде жасалуы мүмкін. Сөйтіп, ЭТ-ның жалпы қарсыласуы келесі көрініске сәйкес есептеледі:

$$R = R_1 + R_{ef} + R_4, \quad (14)$$

қайда

$$R_{ef} = \frac{1}{1/(R_2 + R_3) + 1/(R_5 + R_6)}. \quad (15)$$

Күштердің балансы үшін көрініске сәйкес қайнаркөзбен берілетін күш барлық ЭТ-мен тұтынылатын күш пен тізбектің әрбір элементімен тұтынылатын сомаға тең

$$P=P_1+P_2+P_3+P_4+P_5+P_6 \quad (16)$$

ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

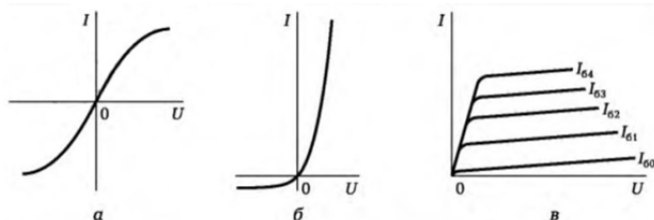
(№4 зертханалық-тәжірибелік жұмысына)

Автоматтық басқару мен бақылау жүйесінде электротехникалық қондырғы мен құралдардың кең пайдалануы линиРлық емес элементті тапты. Ол кернеу мен тоқ арасындағы байланыс —*вольт-амперлік сипаттама* (ВАС) — линиРлық емес болып табылатын элементтер.

ВАС түрі бойынша линиРлық емес элементтер (ЛЕЭ) келесідей бөлінеді: симметриРлық (электрлік қызу шамы); симметриРлық емес (шалаөткізгіш диод); бақыланатын(транзистор).

Қызу шамының ВАС линиРлық еместігі (Т.6,а-сурет) р тізбегі материалының салыстырмалы электрлік қарсыласуының өз кезегінде тізбектегі I тоғына тәуелді, $R_{\text{ғни}} = R(I)$ болатын T жылу температурасына қатынасымен анықталады.

Тізбек қарсыласуы $R = \rho l/S$ болғандықтан (мұндағы l — тізбек ұзындығы; S — көлденең қима ауданы), ол тоқ функциРсы болады. *Өткізгіштер* үшін салыстырмалы электрлік қарсыласу температураның өсуімен артылады. Себебі жұмыс жағдайында қызу тізбегінің температурасы 20-дан 2 500 °С-қа дейін ауысқандықтан, түсірілген күштің артылуында қызу шамының қарсыласуы өсіп, тоқтың кернеуден тәуелділігі линиРлықтан ауытқиды.



Т.6-сурет. ЛиниРлық емес элементтердің вольт-амперлік сипаттамалары: а — қызу шамы; б — жартылай өткізгіш диод; в — транзистор

Линиялық емес жартылай өткізгіш элементтер жұмысының негізіне (диод, стабилитрон, транзистор) n - екі жартылай өткізгіш пен p - өткізгіштікпен жасалған n — p - өткелінің қарсыласуының өзгеруі енгізілген. n — p - өткелі шегінде сыртқы электр өрісінің жоқтығында электрондар мен тесіктердің еркін жүруіне кедерге келтіретін ішкі өріс бар. Өту қарсыласуы үлкен. Егер сыртқы өріс бағыты ішкі бағытпен сәйкес келсе, қарсыласу күшейіп, n — p - өткелі бойынша ток азаяды. Ал егер сыртқы өріс ішкіге қарсы келсе, n — p -өткелі қарсыласуы азайып, ток керісінше күшееді.

Сөйтіп, n — p -өткелі токты бір бағытта өткізіп, түсірілген күштің қарсы бағытын өткізбейтін вентильдік қасиетке ие. n — p -өткелінің бұл қасиеті шала өткізгіш диод жұмысының негізіне салынған. Оның ВАС-ы Т.6,б суретте көрсетілген.

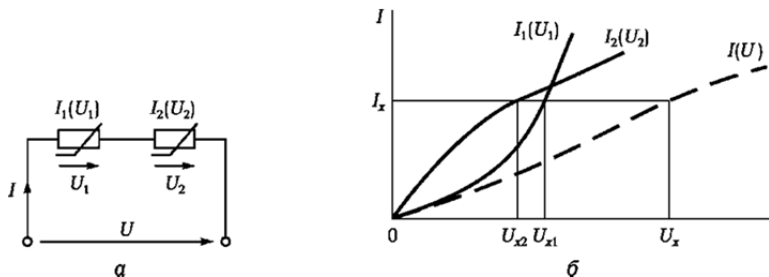
Стабилитрон (диод тірегі) үшін ВАС-тың кері тармағы токтың өзгеруінде кернеу өзгермейтін жерге ие. Оның бұл қасиеті кернеу стабилизаторы жұмысының негізіне салынған.

Транзистор екі n — p -өткелге негізделіп салынады және басқару ВАС-қа (Т.6,в сур.) ие. Егер бір n — p -өткелге (негіз-эмиттер) I_{60} ден I_{64} -ге дейін біршама базалық токтардың өтуін қамтамасыз ететін аз кернеу қойса, онда екінші n — p -өткел (коллектор-эмиттер) арқылы едәуір коллекторлық токты басқаруға болады.

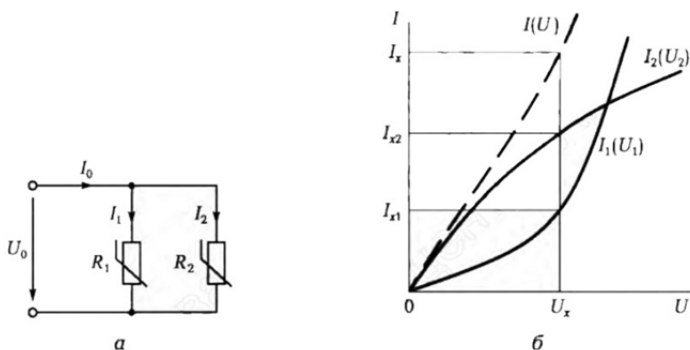
Линиялық емес ЭТ-үшін электротехниканың негізгі заңдары қолданылады. Алайда мұндай тізбектерді есептеуде графиктік-аналитикалық әдісті пайдаланған жөн. Оның мәнісі әйгілі ВАС элементтері бойынша жеке телімдердің ВАС-ы немесе барлық тізбектің элементтері жасалатындығында және кейіннен нәтижелі ВАС бойынша тізбектегі ток немесе элементтегі кернеу анықталатындығында жатыр.

НЭ-мен тізбекті қосылыспен ЭТ үшін (Т.7,а-сурет) нәтижелі ВАС (Т.7,б-сурет) ток жалпы мәнінде жеке элементтердің ВАС нүктелерінің абсиссасын сомалау арқылы Кирхгофтың 2-ережесіне негізделіп жасалады. Бұл ретте $U = U_x + U_2$. U_x ЭТ-да кернеудің кез-келген мәнінде $I(U)$ алынған ВАС үшін I_x тоғы анықталып, сәйкесінше $U_x I$ және $U_x I_2$ линиялық емес элементтерде кернеудің азаюы болады.

Линиялық емес элементтердің параллель қосылуында (Т.8,а-сурет) нәтижелі ВАС кернеудің жалпы мәнінде (Т.8,б-сурет) жеке линиялық емес элементтерде ВАС нүктесінің ординатын сомалау арқылы Кирхгофтың 1-ережесіне негізделіп жасалады.



Т.7-сурет. К шті тізбекті осумен бірге линиРлы емес ЭТ сызбасы(а) мен элементтері, тізбектерді вольт-амперлік сипаттамалары (б)



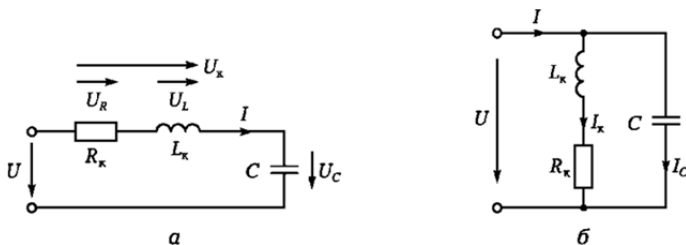
Т.8-сурет. К шті параллель осумен бірге линиРлы емес ЭТ сызбасы(а) мен элементтер мен тізбектерді вольт-амперлік сипаттамалары (б)

ЭТ-ның U_x кез келген мәнінде алынған нәтижелі $I(U)$ ВАС үшін тізбекпен тұтынылатын I_x жалпы ток пен I_{x1} , I_{x2} линиРлық емес элементтермен тізбектердегі токтар анықталады.

АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

(№5 және 6 зертханалық-тәжірибелік жұмыстарына)

Кез келген электротехникалық құрылғыны бір-бірімен біріктірілген және айқын образда идеалданған элементтер түрінде елестетуге болады:



Т.9-сурет. Индукциялық орауыш пен конденсаторды ЭТ сызбасы а — тізбекті осылу; б — параллель осылу

резисторлар, индукциялық орауыштар мен конденсаторлар.

Тізбекті қосылған индукциялық орауыш пен конденсатормен біріктірілген (Т.9,а) тізбек $R = R_K$ белсенді қарсыласу (орауыш қарсыласу) мен B_K индукциялық орауышпен анықталатын X реактивті қарсыласу мен C конденсатор сыйымдылығына ие:

$$X_L = \omega L_K = 2\pi f L_K; X_C = 1/(\omega C) = 1/2\pi f C, \quad (17)$$

мұндағы ω мен f — азықтанатын кернеудің шеңберлік және линиялық жиілігі.

Тізбектегі ток екі элементке ортақ болғандықтан, Кирхгофтың 2- ережесіне сәйкес түсірілген күш векторы тізбек элементінде күштің азаюының векторлық сомасына тең:

$$U = U_K + U_C = U_R + U_L + U_C. \quad (18)$$

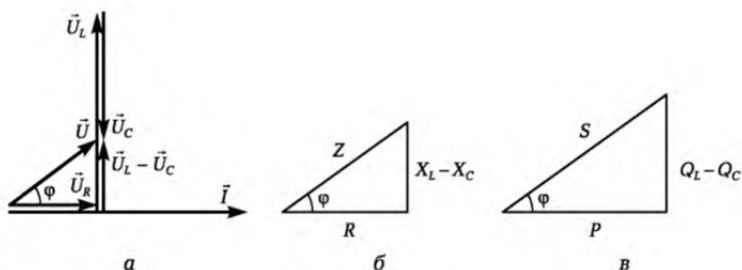
U_R . Белсенді қарсыласудағы кернеу векторы I тоғының векторымен фаза бойынша сәйкес болғандықтан, U_L индукциялықта I тоғының векторынан 90° -ға алға жүріп (ток орауыш орамына «байланып», кернеуден қалып қойды), ал U_C сыйымдылықта - I тоғының векторынан 90° -ға артта қалса, онда $X_L > X_C$ кернеудің векторлық диаграммасы Т.10,а- суретте көрсетілгендей түрге ие болады.

Кернеу «үшбұрышынан» келесілерді көруге болады:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}. \quad (19)$$

кайда

$$U = IZ; U_R = IR; U_L = IX_L; U_C = IX_C.$$



Т.10-сурет. Кернеуді векторлы диаграммасы (а), арсыласу шб рышы (б) мен индукциРлы орауыш пен конденсаторды тізбекті осылуында ы к ш шб рышы (в)

Келтірілген сөздерді (20) формулаға салып (19), қарсыласу үшбұрышы үшін көрініс аламыз (Т.10, б-сурет):

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}. \quad (21)$$

Сөйтіп, оммен өлшенетін Z айнымалы тоқтың ЭТ толық қарсыласуы белсенді R мен реактивті X қарсыласуларының қатынасымен анықталады және ЭТ-да тоқ сипатын көрсетеді. Егер $X_L > X_C$ болса, онда I тоғы U кернеуінен ϕ бұрышына қалады және ЭТ индукциРлық сипатта болады.

$$\Phi = \arctg (X_L - X_C)/R = \arccos R/Z. \quad (22)$$

Егер $X_L < X_C$ болса, онда I тоғы U кернеуінен ϕ бұрышына озады және ЭТ сыйымдылық сипатта болады.

Теңдеудің екі жағын (21) I^2 көбейтіп, айнымалы тоқтағы ЭТ-да күш үшбұрышы үшін көрініс аламыз (Т.10, в -сурет).

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}, \quad (23)$$

мұндағы $S = I^2 Z$ — толық күш, В-А;

$P = I^2 R$ — белсенді күш, Вт;

$Q = I^2 X$ — реактивті индукциРлық күш, вар;

$Q = I^2 X$ — реактивті сыйымдылық күш, вар.

Тәжірибелік қызығушылықты X_L орауыштың индукциРлық қарсыласуы мен X_C конденсаторының сыйымдылық

қарсыласуы туғызады. Бұл жағдайда Z толық қарсыласуы белсенді болып, ϕ бұрышы $= 0$ және тізбектегі I тоғы $= U/R$ U кернеуімен фаза бойынша сәйкес келеді, ЭТ тек белсенді күш жұмсайды. $P = S$. Бұл сәтте тоқ максималды болады және едәуір шама, U_L мен U_C элементтерінде кернеуге жетеді, сонымен қатар $X_L = X_C >>>> R$ едәуір болып, ЭТ қуаты кернеуінен бірнеше ретке асып кетуі мүмкін.

Кернеу резонансы атына ие болған электр тізбегіндегі бұл көрініс қолайсыз жағдай туғызуы мүмкін, мысалы индукциялық орауышта изоляцияның тесілуі немесе конденсатордың ойылуына әкелуі. Ол радиотехникада кең қолданылады, мысалы электр фильтрлерін жасауда.

Сөйтіп, кернеу резонансының шарты – тізбектің қарсыласуын құрайтын индукциялық және сыйымдылық теңдік ($X_L = X_C$), ал нәтижесі – тізбектегі едәуір тоқ, тізбектің таза белсенді күш қолдануы, реактивті элементтерде кернеудің тең және едәуір шамасы.

Кернеу резонансына L тұрақты индукциялық пен азықтанатын кернеудің f жиілігінде C сыйымдылығының өзгеруі салдарынан оңай қол жеткізіледі.

Параллель бірікен индукциялық орауыш мен конденсатор қосылған ЭТ-да (Т.9, б сур. қараңыз) резонанс болуы мүмкін. Алайда бұл жағдайда кернеу резонансы емес, тоқ резонансы болады. Расында да, Кирхгофтың 1- ережесіне сәйкес ЭТ-мен тұтынатын I тоғының векторы тармақтардағы тоқтар векторына тең:

$$I = I_K + I_C; \quad (24)$$

$$I = V/R + (j\omega L - j\omega C) V. \quad (25)$$

Тоқтардың векторлық диаграммасы Т.11, а-суретте көрсетілген.

$$I = U/Z = U y, \quad (26)$$

есепке алып,

мұндағы $y = 1/Z$ — сименспен (См) өлшенетін ЭТ-ның толық өткізгіштігі, элементтердің тізбекті қосылуы аналогиясы бойынша өткізгіштік (Т.11, б-сурет) пен күш (Т.11, в-сурет) үшбұрышын жасауға болады.

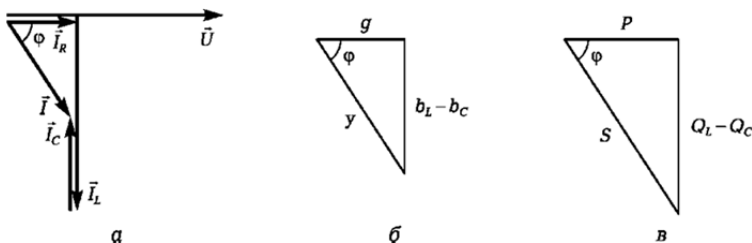
Бұл жерде $g = R/Z$ — белсенді өткізгіштік; $b_L =$

X/Z^2 — индукциялық өткізгіштік; $b =$

$1/X$ — сыйымдылық өткізгіштік;

$Z_K = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ — индукциялық орауыштың толық қарсыласуы. Өткізгіш үшбұрышынан келесілерді көруге болады:

$$y = V\omega^2 + (b_L - b_C)^2 ; \quad (27)$$



Т.11-сурет. То тарды векторлы диаграммасы(а), индукциялы орауыш пен конденсаторды параллель осылуыларындағы тізгіш шбрыш (б) пен кшшбрышы (в)

Күш үшбұрышынан —

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} ; \quad (28)$$

күш коэффициенті

$$\cos \varphi = P/S. \quad (29)$$

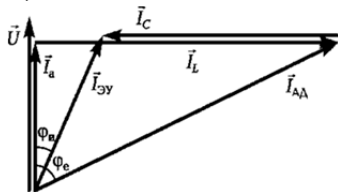
$b_L = b_C$ теңдігі тәжірибелік қызығушылық туғызады. Бұл жағдайда толық өткізгіштік таза белсенді ($y = g$) болып табылады. R әлсіз белсенді қарсыласуда ол айтарлықтай аз болады, сәйкесінше ЭТ-мен тұтынатын тоқ та көп болмайды, ал $b_L = b_C \gg g$ индукциялық және сыйымдылықпен тармақтағы тоқ едәуір болуы мүмкін. Мұндай көрініс *тоқ резонансы* деген атауға ие болды. Резонансағы тізбек айнаымалы кернеу көзінен таза белсенді $P = S$ күшті қолданады және бұл ретте $\text{TOS}\varphi = 1$.

Тоқ резонансының шарты — орауыштың индукциялық өткізгіштігі мен конденсатордың сыйымдылық өткізгіштігі ($b_L = b_C$) теңдігі, нәтижесінде — жүйеден алынатын ең аз тоқ тізбекпен таза белсенді күштің қолдануы, индукциялық және сыйымдылықпен тармақтарда тоқтың едәуір мәні.

Тоқ резонансы радиотехникада S толық күшінің қандай бөлігін тиімді жұмысты жасауды шарттайтын P белсенді күшін құрайтынын көрсететін $\text{TOS}\varphi$ күшінің коэффициентін арттыру үшін өнеркәсіптік электрқұрылғылар мен резонанстық контурды құру үшін кең қолданылады.

Өнеркәсіптік электрқұрылғылардың $\text{TOS}\varphi$ арттыру маңызды халықтық- шаруашылық міндет болып табылады. Өнеркәсіптерде электр энергиясының негізгі тұтынушылары тоқтың индукциялық құрастырушысында жұмыс істейтін асинхронды қозғалтқыштар

болғандықтан, көптеген электр құрылғылардың табиғи коэффициенті 0,7..0,8-ден аспайды.



Т.12-сурет. То ты реактивті рамдас б лігін азайтуды есебінен к ш коэффициентін арттыруды к рсететін векторлы диаграмма:

/АД — асинхрондық қозғалтқышпен тұтынылатын ток; I_a — токтың белсенді құрамдас бөлігі; I_L — асинхрондық қозғалтқышпен тұтынылатын токтың индуктивті құрамдас бөлігі; I_C — конденсатор батареясымен тұтынылатын токтың сыйымдылық құрамдас бөлігі; I_{Σ} — конденсатор батареясы қосылғаннан кейін электротехникалық құрылғымен тұтынылатын ток; ϕ_n — күштің табиғи коэффициентін сипаттайын бұрыш; ϕ_c — күштің жасанды коэффициентін сипаттайын бұрыш

Ол подстанцияларда бекітілген күш тек 70.80%-ға қолданылатындығына алып келеді. Сонымен қатар, белсенді күшті жіберуде ток күш коэффициентіне ($I = P / (U \cos \phi)$) кері пропорционал және аз мәнде $\cos \phi$ электржіберу линиясының сымының үлкен қиысы талап етіледі.

Асинхронды қозғалтқыш тобына параллель мекемелерде $\cos \phi$ арттыру үшін конденсатордар батареясын немесе арнайы электр машинасын – компенсатор – сыйымдылық тоқты тұтыну режимінде жұмыс істейтін синхрондық электр қозғалтқышты қосады. Сөйтіп, токтың реактивті құрамдас бөлігін азайтады. Бұл жағдай үшін векторлық диаграмма Т.12- суретте көрсетілген.

Векторлық диаграммаларды жасауда кез келген синусоидальдық функцияның оның сағат тіліне қарсы айналуында ордината осіне вектордың проекциясымен сипатталады.

Индукциялық орауыш пен конденсатордың тізбекті қосылуында олар арқылы бір ток жүргендіктен, векторлық диаграмманың құрылуын I ток векторынан (Т.10, а-суретті қараңыз) бастайды. Токтың mI таңдаулы масштабында ол, мысалы, горизонтальды ось бойынша алынуы мүмкін. Соған қатысты сәйкес бұрыштармен ($0, +90^\circ, -90^\circ$) mU кернеуінің таңдалған

масштабында барлық элементте кернеу векторын қалдырады. U_R . Вектор I тоғының векторымен бағыт бойынша сәйкес келеді және соған параллель қалдырылады. U_L векторы тоқ векторынан 90° -қа озады және U_R . векторының соңынан перпендикуляр қалдырылады.

U_C векторы тоқ векторынан 90° -қа қалады, R ғни U_L векторына қарама- қарсы бағытталған және оның соңынан қалдырылады. U_R векторының басы мен U_C векторының соңын біріктіріп, ЭТ-ға берілген кернеу шамасымен тең және I тоғының векторына қарай ϕ бұрышында орналасқан U қуат кернеуінің векторын алады.

Индукциялық орауыш пен конденсатордың параллель қосылуында векторлық диаграмма жасау ұқсас түрде жасалады, бірақ m кернеу масштабында U кернеу векторын бірінші салады ($T.11, a$ -сурет), себебі кернеу тізбектің көрсетілген элементтері үшін ортақ болып табылады. m токтар масштабында U векторына қатысты сәйкес бұрыштармен ($0, +90^\circ, - 90^\circ$) токтар векторын салады. I_R векторы бағыт бойынша U кернеу векторымен сәйкес келеді, I_L векторы U векторынан 90° -қа артта қалады және I_R векторының соңынан қалдырылады, I_C векторы U векторын 90° - қа озады, I_L векторына қарама-қарсы орналасқан және соның соңынан қалдырылады. I_R векторының басын I_C векторының соңымен біріктіріп, барлық ЭТ-мен тұтынылатын тоқ шамасына тең және U қуаты кернеуі векторына ϕ бұрышымен орналасқан I векторын алады.

ҮШФАЗАЛЫҚ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

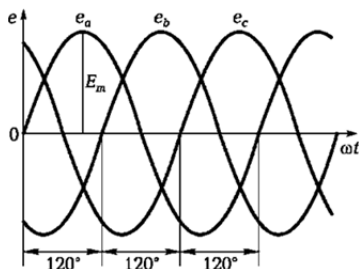
(№ 7, 8, 9, 10 зертханалық-тәжірибелік жұмыстарға)

Егер біртекті магнит өрісінде бірдей жылдамдықпен бір-біріне қатысты кеңістікте 120° -қа жылжыған үш бірдей жиектемені айналдырса, онда оларда, электромагниттік индукция заңына сәйкес, амплитуда мен жиілік бойынша бірдей, бірақ бір-біріне қатысты 120° -қа жылжытылған үш синусоидальды ЭЖК-тен тұратын ЭЖК-нің үшфазалық жүйесі енгізіледі ($T.13$ -сурет).

Мұндай жүйе симметриялы үшфазалық қабылдағыш (асинхронды және синхронды қозғалтқыштар) мен «жұлдыз» немесе «үшбұрышпен» біріктірілген бірфазалық симметриялық емес қабылдағыштарды (жарықтандыру құралдары, тұрмыстық электроаппаратура) қуаттау үшін арналған.

Қабылдағыштарды «жұлдызбен» біріктіргенде x, y фазалардың

соңы бірге, п нейтралды нүктесін жасай отырып қосады, ал а, в, с фазаларының басын үшфазалық қуат көзінен келетін линиРлық сымдарға қосады (Т.14-сурет).



Т.13-сурет. ЭЖК-ні шфазалы ж йесі

Қабылдауыштарды «жұлдызбен» біріктіруде үшфазалық тізбекте келесілерді бөледі:

E_a, E_b, E_c — қайнаркөздің фазалық ЭЖК;

U_A, U_B, U_C — қайнаркөздің фазалық кернеулері; $U_{AB} < U_{bc}$, U_{CA} — қайнаркөздің линиРлық кернеулері; U_a, U_b, U_c — күштің фазалық кернеулері;

U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} — күштің линиРлық кернеулері;

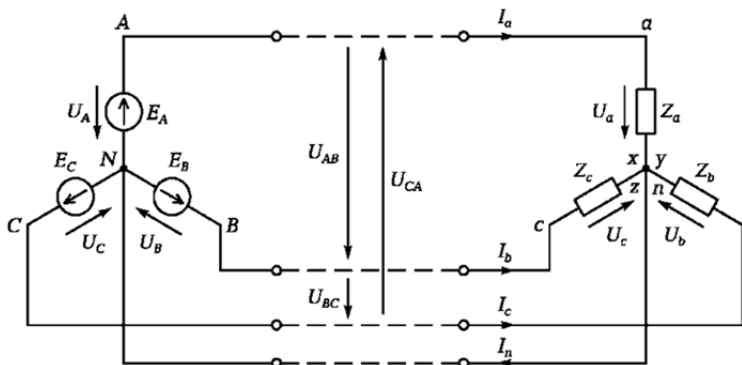
I_a, I_b, I_c — күштің фазалық және линиРлық тоқтары;

I_A, I_B, I_C — қайнаркөздің фазалық және линиРлық тоқтары;

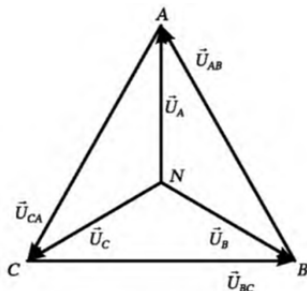
I_n — бейтарап сымдағы ток;

U_{nN} — бейтараптың жылжу кернеуі.

Қуаттың үшфазалық қайнаркөзі әрдайым күштің шамасы мен сипатына қарамастан симметриРлық жүйені құрайды,



Т.14-сурет. «Жүлдізбен» осыл ан айнаркзбен абылдауышпен шфазалы ЭТ сызбасы



Т.15-сурет. уатты шфазалы айнарк зі (генератор) кернеуіні векторлы диаграммасы.

себебі оның ішкі қарсыласуы өте аз. Сызбасы Т.14-суретте көрсетілген қайнаркөз кернеуінің векторлық диаграммасы Т.15-суретте бейнеленген. Диаграммадан линиРлық және фазалық кернеулер тәуелділікпен біріктірілгені көрінеді.

$$U_A = \gamma / 3 u_{\phi}. \quad (30)$$

Барлық фазада қарсыласу бірдей болған кезде, фазалық токтарда бірдей болады, фазадағы *белсенді симметриРлық күш* үшін сәйкес фазалық кернеумен фаза бойынша сәйкес келеді және линиРлық тоққа тең:

$$I_{\Phi} = I_{\lambda}. \quad (31)$$

n бейтарап нүктесінде Кирхгофтың 1-ережесіне сәйкес

$$\vec{I}_n = \vec{I}_a + \vec{I}_b + \vec{I}_c = 0, \quad (32)$$

Рғни бейтарап сымда тоқ жоқ

Егер бейтарап сым (үшсымды жүйе) болмаса, онда фазаларда *симметриРлық емес* күште фазалық кернеулер әртүрлі болып, $ANna$, $BNnb$, $CNnc$ (Т.14 сур.) контурларына сәйкес Кирхгофтың 2-ережесіне сай келеді

$$\begin{aligned} \vec{U}_a &= \vec{U}_A - \vec{U}_{nN}; \\ \vec{U}_b &= \vec{U}_B - \vec{U}_{nN}; \\ \vec{U}_c &= \vec{U}_C - \vec{U}_{nN}. \end{aligned} \quad (33)$$

СимметриРлық емес күште фазалық кернеудің теңдігін қайта жасау үшін байланыстың төртсымды линиРсы қолданылады. Төртінші сым N бейтарап нүктесі мен күшті біріктіреді. Бұл ретте n и N нүктелерінің әлеуеті бірдей болып, нәтижесінде

$$unN=0; U_a=U_A; U_b=U_B; U_c=U_C. \quad (34)$$

Сол уақытта бейтарап сымда ток пайда болады

$$D = D + I_b + I_c. \quad (35)$$

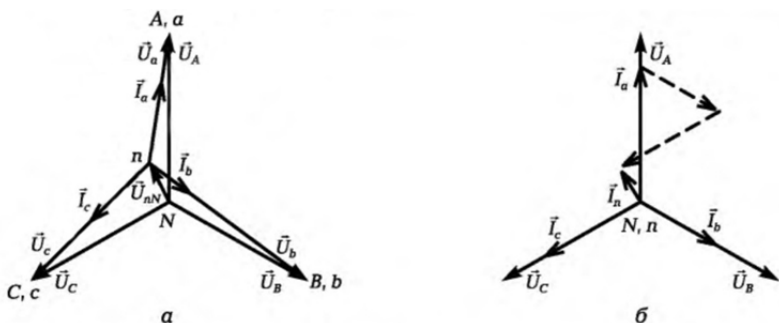
Фазадағы тоқтар өлшенген болса, фазадағы күш Ом заңына сәйкес есептеледі:

$$R_a = U_a/I_a, R_b = U_b/I_b, R_c = U_c/I_c. \quad (36)$$

Байланыстың үшсымдық линиРсы үшін (Т.16,а-сурет) фазадағы симметриРлық емес белсенді күш жағдайында тоқтар мен кернеулердің векторлық диаграммасы мынадай реттілік бойынша жасалады:

1. mU таңдалған масштабында N нүктесінен U_A, U_B, U_C генератордың фазалық кернеуінің «жұлдызын» жасайды.

2. Циркульдің көмегімен A, B, C нүктелерінен таңбамен mU масштабында U_a, U_b, U_c қабылдауыштың фазалық кернеуінің шамасын қалдырады және қабылдауыштың бейтарап нүктесіне сәйкес таңбалардың қиылысу нүктесін табады. n и N нүктелерін біріктіріп, U_{nN} бейтарапты жылжыту кернеуінің векторын алады.



Т.16-сурет. Байланыс линиРсы шін симметриРлы емеск шпен шфазалы ЭТ-ны то тары мен кернеулеріні векторлы диаграммасы: а — шсымды; б — т ртсымды.

3. m_j таңдалған масштабтың n нүктесінен j_a, j_b, j_c фазалық токтың векторлық диаграммасын жасайды. Олардың геометриялық сомасы нөлге тең болуы керек. Белсенді күште фазалық токтың векторы бағыт бойынша фазалық кернеу векторымен сәйкес келеді.

Төртсымды линияда $U_n N = 0$ мен n нүктесі N нүктесіне сай келеді (Т.16,б-сурет). Сондықтан m_j масштабтыңдағы токтың векторлық диаграммасы N нүктесінен жасалады. Бұл жағдайдағы токтың геометриялық сомасы токтың шамасын J_n бейтарап сымда анықтайды. Симметриялық күште бұл сома нөлге тең, ал симметриялық емес күште бейтарап сымдағы ток нөлге теңестірілмей, векторлық диаграммамен есептеле алады.

Фазалардағы толық қарсыласулар тең ($Z_a = Z_b = Z_c$), бірақ олардың сипаттамалары әртүрлі ($\varphi_a \neq \varphi_b \neq \varphi_c$) болғанда *біркелкі күш*, ал фазалардағы күш сипаты бірдей ($\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$), бірақ толық қарсыласулар әр түрлі ($Z_a \neq Z_b \neq Z_c$) болса, *біртектес күш* болады.

«Жұлдызбен» біріктірілген бірфазалық қабылдауыштардың біркелкі күшінде (Т.17,а-сурет) үш немесе төртсымды байланыс линиясы үшін векторлық диаграммалар Т.17, б және Т.17, в - суреттерінде көрсетілген түрде ие болады.

Қарастырылатын мысалда $a-x$ фазасына R белсенді күші қосылған, ал $b-y$ фазасына - X_L индукциялық күш, $c-z$ фазасына - X_C сыйымдылық күші. Идеал жағдайда $a-x$ тоғының векторы $\hat{a} = 0$ кернеу векторына сәйкес келеді, $b-y$ фазасында 90° -қа артта қалса, $c-z$ фазасында - 90° -қа озады.

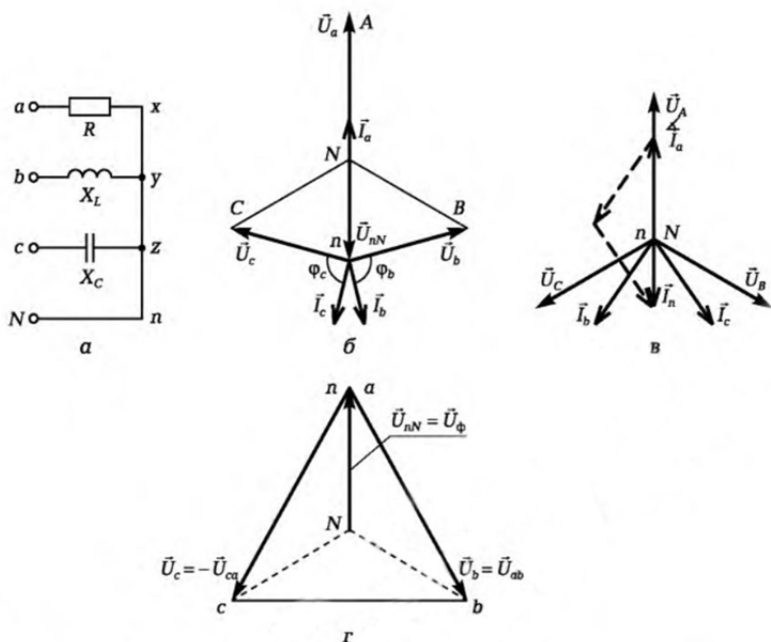
Үшсымдық байланыс линиясында (бейтарап сым болмағанда), фазадағы қарсыласудың теңдігіне қарамастан, бейтарап нүкте жылжиды, ол $U_n N$ бейтарабының жылжу кереуінің пайда болуына алып келеді (Т.17,б-сурет). Ол фазадағы күштің әр түрлі сипаты салдарынан болады. Күште фазалық кернеудің қайнаркөзінің фазалық кернеуіне қатысты өзгеруі нәтиже болады.

Бұл ретте фазалардағы токтың векторлық сомасы Кирхгофтың 1-ережесіне сәйкес нөлге теңестіріледі: $I_a + I_b + I_c = 0$.

Төртсымды байланыс линиясында n және N нүктелерінің әлеуеттері бірдей, $U_n N = 0$ (Т.17, в сур.) мен күштегі фазалық кернеу қайнаркөздің фазалық кернеуіне тең болады. Бұл ретте бейтарап сымда ток пайда болады.

Бір фазаның бейтарап сымның болмауында қысқа тұйықталуы тәжірибелік қызығушылық туғызады.

Фазаның қысқа тұйықталуында (мысалы $a-x$) ондағы кернеу нөлге теңестіріліп, n бейтарап нүктесі қысқатұйықталған фазаның басына жылжиды (Т.17, г-сурет).

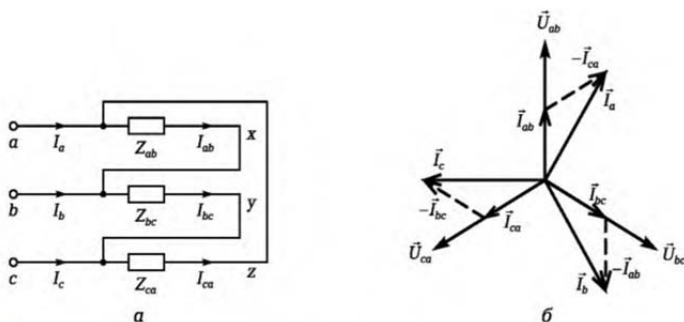


Т.17-сурет. «Жлдызбен» осыл ан біркелкі к шпен шфазалы ЭТ сызбасы (а) мен шлиниRлы (б) ж не т ртглиниRлы (в)байланыс линиRсы жа дайында векторлы диаграммалар, сонымен атар а—хосыс атыы талуы (г)

Осыған сәйкес бейтараптың жылжу кернеуі фазалық кернеуге ($U_{rN} = U_{\phi}$) теңестіріледі. Сол уақытта қалған екі фазадағы кернеу линиRлық кернеу мәніне ($U_{\phi} = U$) дейін өседі, ол осы фазадағы күштің істен шығуына алып келуі мүмкін. Бейтарап сым болмағандықтан (тоқ нөлге теңестірілгендікпен бірдей) Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес қысқа тұйықталған фазадағы тоқ қалған фазадағы тоқтың ($I_a = -I_b - I_c$) геометриялық сомасына тең болады.

Қабылдауыштарды «үшбұрышпен» қосуда бір фазаның соңы екіншісінің басымен біріктіріледі. Пайда болған a, b, c үшбұрышының төбесіне үшфазалық қайнаркөзден келетін линиRлық сым жалғанады (Т.18-сурет).

Қабылдауыштарды «үшбұрышпен» қосуда үшфазалық тізбекте келесілерді бөледі:



Т.18- сурет. «шо рышпен» осыл ан белсенді к шпен шфазалы ЭТ сызбасы (а) мен то тар мен кернеулерді векторлы диаграммасы (б)

U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} — қайнаркөздің линиРлық кернеуі;

U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} — күштің линиРлық және фазалық кернеулері;

I_{ab}, I_{bc}, I_{ca} —күштің фазалық тоқтары;

I_a, I_b, I_c — линиРлық сымдағы линиРлық тоқтар.

Фазалық кернеулер, «жұлдызбен» косудағыдай, бір-біріне қатысты 120° - қа жылжыған және симметриРлық «жұлдызды» құрайды. «Үшбұрышпен» қосы үшін Т.18-суретті қараңыз.

$$U_{\Phi} = U_A \quad (37)$$

Сол уақытта линиРлық тоқтар Кирхгофтың 1-ережесіне сәйкес a, b, c нүктелері үшін

$$\begin{aligned} \vec{I}_a &= \vec{I}_{ab} - \vec{I}_{ca}; \\ \vec{I}_b &= \vec{I}_{bc} - \vec{I}_{ab}; \\ \vec{I}_c &= \vec{I}_{ca} - \vec{I}_{bc}. \end{aligned} \quad (37)$$

Т.18, б-суретте *симметриРлық белсенді* күш үшін векторлық диаграмма көрсетілген. Диаграмма бойынша, келесіні анықтау қиын емес

$$I_A = \sqrt{3} I_{\Phi}. \quad (39)$$

Фазадағы *симметриРлық емес белсенді* күште (мысалы, фазаға бірдей шамдардың әр түрлі саны қосылған) фазалық және линиРлық тоқтардың симметриРсы бұзылады. Фазалық тоқтар Ом заңы бойынша анықталады:

$$I_{ab} = U_{ab}/R_{ab}, I_{bc} = U_{bc}/R_{bc}, I_{ca} = U_{ca}/R_{ca}. \quad (40)$$

Бұл жағдайда линиРлық токтардың есебін көріністі (38) қолдану арқылы векторлық диаграмма көмегімен жасаған ыңғайлы.

Т.19.а-суретте «үшбұрышпен» қосылған бірфазалық қабылдауыштардың *біркелкі* күшімен үшфазалық ЭТ-ның сызбасы көрсетілген. Бұл сызбада $Z_{ab} = R$, $Z_{bc} = X_L$, $Z_{ca} = X_C$, $R = X_L = X_C$, $\phi_{ой} = 0$, $\phi_{йс} = -90^\circ$, $\phi_{са} = +90^\circ$.

Векторлық диаграмма (Т.19,б сур.) токтар мен кернеулер арасындағы фазаның жылжуын есепке алып, Т.18, б-суретінде көрсетілген диаграммаға ұқсас жасалады. Жасауды келесі тізбектеме бойынша орындайды:

1. mU кернеуінің таңдалған масштабында U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} қабылдауыштың фазалық (линиРлық) кернеуінің «жұлдызын» жасайды. Ол U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} қайнаркөздің линиРлық кернеуінің «жұлдызы» болады.

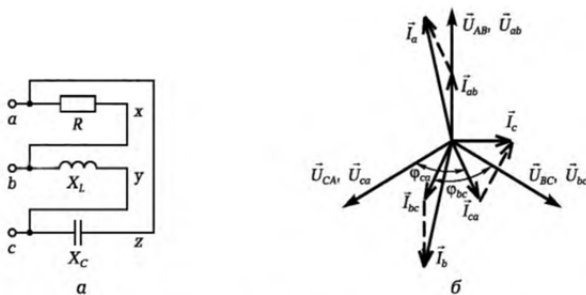
2. $I_{ab} = U_{ab} / R$, $I_{bc} = U_{bc} / X_L$, $I_{ca} = U_{ca} / X_C$ фазалық тоғының мәнін есептейді және mI токтардың масштабында кернеу диаграммасында фазалық токтардың векторын $\Phi^{\wedge} = 0$, $\Phi_{\text{б}} (= -90^\circ)$, $\Phi^{\wedge} = +90^\circ$ сәйкес бұрышта кернеу векторына қатысты құрастырады.

3. Көрініске сәйкес (38) I_a , I_b , I_c линиРлық токтарын графикалық анықтайды.

Үшфазалық жүйені зерттеуде маңызды сәт ретінде күшті есептеу болып табылады. Ол бірнеше тәсілдермен жасалуы мүмкін.

Айнымалы токта әрбір фазамен тұтынылатын белсенді күш мынадай көрініспен анықталғандықтан

$$P_{\phi} = S_{\phi} \cos \phi; \quad \Phi_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \cos \phi \quad (41)$$



Т.19- сурет. «шб рышпен» осыл ан біркелкі к шпен шфазалы ЭТ- ны сызбасы (а) мен то тарды векторлы диаграммасы

барлық үшфазалық ЭТ-мен тұтынылатын белсенді күш әрбір фазамен тұтынылатын күш сомасы ретінде анықталуы мүмкін:

$$P_{\Sigma} = P_a + P_b + P_c. \quad (42)$$

Сөйтіп, әрбір фазада күші есептеу үшін тоқ орауышы бойынша фаза тоғы өтіп, ал кернеу орауышы фазаның кернеуінде (9.2 сур.) болатындай етіп қосу керек. Егер фазадағы күш симметриялық болса, онда ваттметрді бір фазаға ваттметрді қосу жеткілікті және оның көрсеткішін үш еселеу керек: $P_{\Sigma} = 3P_{\phi}$.

Үшфазалық тізбектегі күшті өлшеу үшін тоқ орауышынан линиялық тоқ өтіп, ал кернеу орауышы линиялық кернеуде (10.2-сурет) болатындай етіп тізбекке екі ваттметрді қосу керек. Ваттметрлердің көрсету сомасы барлық тізбекпен тұтынылатын күшті береді.

МАГНИТТІК ТІЗБЕКТЕР

(№ 11, 12 зертханалық-тәжірибелік жұмыстарға)

Магниттік тізбек туралы жалпы мәліметтер.

Электромагниттік құрылғылардың әртүрлі түрінің жұмыс негізі – электр машиналары, реле, магниттік қосқыштар, тетіктер мен т.б. – электр энергиясының механикалыққа ауысуында жатыр.

Электр тізбегімен бірге мұндай құрылғылар Φ магниттік ағын, R_{Σ} магниттік қарсыласу мен $F = Iw$ магниттік қозғаушы күшімен, мұндағы w — орауыш орамының саны, сипатталатын магниттік тізбектен тұрады.

Магниттік ағын тығыздығы, электр тоғының тығыздығы сияқты ағын өткізілетін S материалдың қиысу ауданымен анықталады. Магниттік материалдар үшін бұл тығыздық $B = \Phi/S$ магниттік индукция деп аталады.

Электрлік тізбекте (ЭТ) тоқ сым бойынша қайнаркөзден тұтынушыға қарай жүретіндей, магниттік тізбекте (МТ) магниттік ағын қайнаркөзден тұтынушыға магнитсімі бойынша жіберіледі. Егер электр тоғы үшін өткізгіш қарсыласуы р салыстырмалы электрлік қарсыласумен сипатталса, магниттік ағын үшін магнит сымының қарсыласуы μ магниттік енгізгіштікпен сипатталады. μ шамасына байланысты бөлінеді:

ферромагнитті материалдар ($\mu \gg 1$);

магнитті емес материалдар ($\mu = 1$).

Ферромагнитті материалдарға темір және оның ерітінділері, никель, кобальт кірсе, магнитті еместерге – мыс, алюминий ауа кіреді. Егор ауаның мысқа қатынасы шашамен болса, тоқ ауамен өткізіле алмайды, ал темір мен ауаның құрайды, яғни магнитті ағын ауа бойында тұйықталуы мүмкін. Ол Φ жұмыс ағынына да, Φ_n шашырау ағын да (Т.20, а-сурет) жатқызылады. Соңғысы электромагнитті құрылғылардың ТӘК мен олардың есептерінің дәлдігін төмендетеді.

МТ үшін электротехниканың негізгі заңдары тура келеді: Ом заңы мен Кирхгоф ережелері.

Магниттік сымның Y_M магниттік қарсыласуы ψ магниттік енуіне қарағанда ЭТ-дағыдай, оның l ұзындығы мен S қиысу ауданымен анықталады:

$$Y_M = l / (\mu S). \quad (43)$$

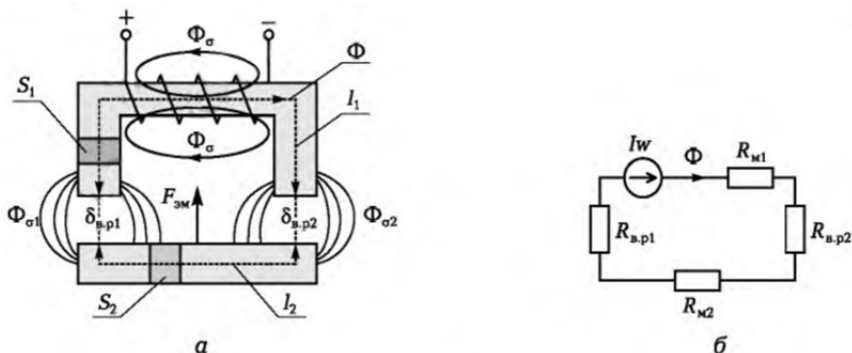
Ауа саңылауы үшін магниттік қарсыласу

$$Y_{в.р.} = \mu_0 l / S, \quad (44)$$

Мұндағы $\mu_0 l / S$ – ауа саңылауының көлденен қимасының ауданы мен сәйкес ұзындығы; μ – ауаның абсолютті магниттік өткізгіштігі, ол $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м тең, Магниттік қарсыласуды өлшеу бірлігі – $1/\text{Гн}$, или Гн ;

МТ үшін Ом заңын келесідей келтіруге болады. Φ магниттік ағыны I_w магниттелетін күшке тура пропорционал және Y_M магниттік қарсыласуға кері пропорционал.

$$\Phi = I_w / Y_M. \quad (45)$$



Т.20-сурет. Тұрақты тоқты магниттік тізбек
: а— конструктивті сызба; б— ауыстыру

ЭТ-да U кернеуінің азаюындағыдай МТ-да магниттік кернеудің азаюы бар. Ол азаю HI көбейтіндісімен белгіленеді, мұндағы H — біртекті жерде магниттік өрістің кернеуі (өзгертілмейтін қиыс пен магнит сымының материалы); l — біртекті жердің ұзындығы.

МТ үшін толық ток заңы деп аталатын Кирхгофтың екінші ережесі жабық магнит контурында магниттелетін күштің сомасы біртекті жерде магниттік кернеудің азаюы сомасына тең дейді:

$$\sum Iw = \sum HI. \quad (46)$$

МТ үшін Кирхгофтың 1-ережесі түйіндегі магниттік ағынның алгебралық сомасы нөлге тең дейді:

$$\sum \Phi = 0. \quad (47)$$

Ферромагниттік материалдардың қасиеті $B = \mu H$ қисық магниттелумен сипатталады. Бұл тәуелділік линиРлық емес сипатта болады және әдетте кестелік формада әртүрлі материалдар үшін беріледі. $\Phi = BS = \mu HB$ болғандықтан, μ материалының магниттік өткізгіштігі артылған сайын, Φ магниттік ағын да артыла береді.

Сөйтіп, магниттік тізбек көбіне электрлік тізбекке ұқсас келеді. Сәйкесінше, ЭТ сызбасымен аналогиR бойынша МТ-тің эквиваленттік сызбасы (ауыстыру сызбасы) жасала алады. Т.20,а-суретінде көрсетілген МТ құрылғысы үшін эквиваленттік сызба Т.20,б суретте көрсетілген түрге ие.

ЭТ сиRқты магниттік тізбектер тұрақты және айнымалы токта жұмыс істей алады.

Тұрақты токтағы магниттік тізбектер. Мұндай тізбектердегі магниттік ағынның қайнаркөзі ретінде келесілер болуы мүмкін:

тұрақты магнит— H_c едәуір қалдықты (коэрцитивті) магниттелетін күшпен сипатталатын темірдің кобальт немесе бариймен арнайы ерітіндісі;

I тұрақты тоғымен азықталатын және Iw магниттелетін күшін құрайтын w орам санымен индукциРлық орауыш;

Φ тұрақты магниттік ағыны магнит сымы бойынша тұйықталады, оның ішінде ауа тесігі бойынша, мұнда механикалыққа ауысатын негізгі магниттік энергиR топталады. Соңғысы жұмсалынады, мысалы Т.20,а- суретте көрсетілген реленің қозғалатын бөлігіне ауысуда.

Магниттік тізбек есебі магнит сымының материалдың шынайы

қисық магниттелуін қолданумен графиктік-аналитикалық әдіс арқылы жасалады. Бұл ретте екі міндет шешіледі:

тура – I_l әйгілі конструктивті параметрлер бойынша және магнит сымы материалы мен Φ магниттік ағынның шамасы, магниттеу күшінің мәні, электр тоғы мен электромагнитті құрылғының қуат кернеуі бойынша анықтау;

кері – I_l мен S_l конструктивті параметрлердің есебі, магнит сымы материалы мен Φ магниттік ағынның берілген шамасын алу үшін магниттеу күшінің мәнін таңдау.

Кері міндетті шешу, әдетте, тура міндетті шешу алгоритмін қолдану арқылы тізбектік жақындау әдіспен өткізіледі.

Тура міндетті шешуде магниттік тізбек есебін жеңілдететін, бірақ оның нақтылығын төмендететін жорамалдар қатары қабылданады. $\Phi\sigma_1$ и $\Phi\sigma_2$ (Т.20, а сур) шашырау ағындарын елемей есеп нақтылығын 3... 5 %-ға төмендетеді.

Тура міндетті шешу алгоритмі:

1. Барлық магнит сымын жеке біртекті жерлерге бөліп, әрқайсысының l_l ұзындығын анықтайды;

2. Әрбір біртекті жер үшін магниттік индукция B анықталады

$$B_i = \Phi / S_i;$$

3. Берілген материалдың қисық магниттелу магнит сымы бойынша әрбір жер үшін H магниттік өріс үшін кернеу табылады;

4. Әрбір жер үшін H/l магниттік кернеудің түсуін есептейді. Ауа саңылаулары үшін

$$H_B \delta_B = B_B \delta_B / \mu_0 = 8 \cdot 10^5 B_B \delta_B \cdot A;$$

5. Φ магниттік ағынның берілген мәнін қамтамасыз ететін сомалық магниттеу күшін есептейді:

$$\sum I w = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3 + \dots + H_{B1} \delta_{B1} + H_{B2} \delta_{B2};$$

6. w орамының берілген саны үшін жұмыс тоғының мәнін есептейді

$$I = \sum I w / w;$$

7. Орауыш габариті мен SH қима ауданы бойынша орауыш қарсыласуын анықтайды

$$R_K = p I_{cp} w / S_M$$

мұндағы I_{cp} – бір орамның орташа ұзындығы, м;

8. Құрылғының барлық электрлік және магниттік сипаттамаларын қамтамасыз ететін жұмыс кернеуін анықтайды:

$$U = IR_K$$

9. Келесі көріністі қолданып, электромагнитпен дамитын күшті есептейді:

$$F_{ЭМ} = \Phi^2 / (2\mu_0 S_{B,P}) = B_{B,P}^2 S_{B,P} / (2\mu_0) = 0,5(Iw_{B,P} / \delta_{B,P})^2 \mu_0 S_{B,P}$$

Айнымалы тоқтағы магниттік тізбек. Бұл тізбектегі магниттік тізбек қайнаркөзі ретінде ауыспалы синсоидальды кернеумен қуаттанатын индукциялық орауыш қолданылады. Мұндай орауыш ретінде қозғалтқыштың орауы, реле, магниттік жібергіш, индукциялық тетік пен т.б. саналады. Орауышта ауыспалы кернеу $u(t)$ әрекетінен айнымалы ток $i(t)$ пен айнымалы магниттік ағын Φ пайда болады. Соңғысы, өз кезегінде, $u(t)$ қосылған кернеуін толықтай алмастыратын өзіндік $e(t)$ ЭҚК индукциясын құрайды. ЭТ жағдайының теңдеуі мынадай түрде:

$$u(t) = U_{\max} \sin \omega t = -e(t), \quad (48)$$

мұндағы $U_{\max}$ мен ω — қойылған кернеудің сәйкес амплитудасы мен шеңберлік жиілігі. Кернеу мен ЭҚК мәні

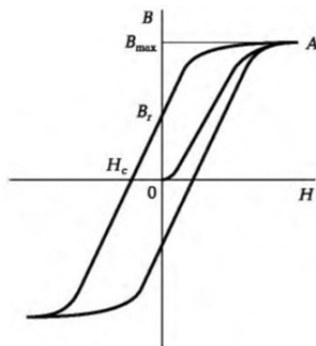
$$U = E = 4,44 f w \Phi_{\max}, \quad (49)$$

бұл жақтан

$$\Phi_{\max} = U / 4,44 f w. \quad (50)$$

Сөйтіп, $\Phi_{\max}$ айнымалы магниттік ағынның максималды мәні U қойылған кернеудің мәні, оның f жиілігі мен w орауыш орамының санымен ғана анықталады. Осыған байланысты магнит сымында ауа саңылауының болуы немесе оның өзгеруі айнымалы магниттік ағынның шамасына әсер етпейді.

Ауа саңылауының өсуі салдарынан магниттік қарсыласудың артуы L индукциялық мен X_L индукциялық қарсыласудың азаюына, сәйкесінше өзгермейтін кернеуде – I магниттеу тоғының және Iw магниттеу күшінің Iw/R_{rd} мәнінің өзгертілмеуіне дейін әкеледі.



Т.21-сурет. Электромагнитті құрылғының магнит сымының материалының гистерезис ілмегі

Ферромагнитті материалдың негізгі сипаттамасы – қисық магниттеу $B(H)$ – линиРлық емес және бір мәнді емес болып табылады. Айнымалы магниттік ағын әсерінен магнит сымы материалы ток жиілігімен циклдік магниттеледі. Бұл реттеу қайта магниттелу B_r қалдық магниттік индукциR мен H_c (Т.21-сурет) коэрцитивті күшпен сипатталатын қисық гистерезиспен жүзеге асырылады. Қисық $0A$ магниттеудің негізгі қисығын жасайды.

Ферромагнитті материалдың қайта магниттелуі күштің жоғалуымен қабаттас жүреді. Бұл - магнит сымының ысуы мен электромагнит құрылғысының ПӘК-інің төмендеуіне алып келетін гистерезис пен құйындық токтар. Гистерезиске шығындарды азайту үшін ілмегі тар материалды таңдайды, ал құйындық токтарға шығындарды азайту үшін магнит сымын қалыңдығы 0,35 және 0,5 мм болатын бір бірінен электрикалық изоЛРциоланған пластиналардан жасайды.

$B(H)$ магнит сымының қисық магниттелу материалына электронды осциллограф көмегімен қарауға болады, егер оның Y кіретін жеріне B магниттік индукциRсына пропорционалды сигнал берсе, X кіретін жерге – H магниттік өріс кернеуіне пропорционал сигнал береді. B пропорционал сигнал жұмыс орауышында орналасқан ждоп косымша орауышынан алынуы мүмкін. Ол $Cи$ конденсаторы қысқышынан (12.2-сурет) осциллографқа келеді. H пропорционал сигнал жраб жұмыс орамымен тізбектес қосылған резистордан алынуы мүмкін.

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ӨЛШЕУІШ ҚҰРАЛДАР

(№ 13 зертханалық-тәжірибелік жұмысқа)

Тұрақты және айнымалы тоқ тізбегіндегі кернеу, ток, күш, қарсыласу және т.б. өлшеуге арналған электромеханикалық өлшеуіш құралдар біршама жетіспеушіліктерге ие, олардың негізгілері: шамалы сезімталдық, кіру қарсыласуының аздығы, өлшенетін шама жиілігінің төмен диапазоны.

Көрсетілген жетіспеушіліктерден электрондық өлшеуіш құралдар (ЭӨҚ) айырылған. ЭӨҚ құрамына келесі электрондық құрылғылар кіреді: күшейткіштер, генераторлар, импульстық құрылғылар, түзеткіштер, стабилизаторлар және т.б. Бұл құрылғыларды қолдану, оның ішінде күшейтудің жоғары коэффициенті мен қарсыласудың үлкен кірісімен күшейткіштер, өлшеуіш құралдардың сезімталдығын едәуір көтеріп, тізбектен токты тұтынуды төмендетуге, сәйкесінше, зерттелетін тізбек жұмыс режиміне аспаптардың ықпал етуін жоюға мүмкіндік туғызады. Сезімталдық өзгертілмейтін жиілік диапазоны ЭӨҚ-да айтарлықтай кең болады - 20 Гц...20 МГц, электромеханикалық аспап пен мультиметрлерде 45.1 500 Гц.

Техникада кең қолдануға жалпы қолданыстағы электрондық аспаптар ие, бірінші кезекте ол электрондық осциллографтар, электрондық вольтметрлер, өлшеуіш генераторлар.

Электрондық осциллографтар – уақыт бойынша электр сигналдарының өзгеруінің электрондық-сәулелік құбыры (ЭСҚ) экранында жазба мен қарауларға, сонымен қатар кернеу, ток, фазаның жылжуы, жиілік, импульс параметрлері мен т.б. өлшеуге арналған аспаптар.

Электрондық-сәулелік осциллографтың жеңілдетілген құрылымдық сызбасы 13.1, а-суретте көрсетілген.

Осциллографтың негізгі түйіні ЭСҚ болып табылады, оның катодтан шығатын және вертикалды және горизонтальды ауытқитын пластинадан өтетін электрондық сәулесі экранда проекцияланады. Осциллографтың алдыңғы панеліне жарық сәулесінің (0, Q) жарықтығы мен фокустандыруы, X мен Y, I осьтері бойынша сәуленің ауытқауын жүзеге асыратын тұтқалар шығарылады.

X пен Y негізгі каналдары X пен Y кірістерінен келетін сигналдарға сәйкес горизонтальды және вертикальды ауытқитын

пластиналарды әлеуеттің өзгеруі жолымен ЭСК экранында сәуленің орналасуын бақылауға мүмкіндік туғызады. Әрбір канал кернеу мен үлкен кіріс қарсыласуымен кең жолақты күшейткішті бөлігішті көрсететін кіріс құрылғысына ие.

Сонымен қатар, осциллографтың негізгі құрылғысы ретінде келесілер саналады:

-Х күшейткішіне келетін және сәуленің горизонталды қашауын жасайтын линиРлық өзгеретін кернеу шығаратын қашау генераторы (ГЛИН);

-горизонталды және вертикалды ЭСК пластиналарына кернеуді синхронды беру арқылы экранда сигналды тұрақты (қозғалыссыз) көрсетуді қамтамасыз ететін синхронизациР құралы.

Ү кірісіне тізбектік процесстерді (қашау режимі) бақылауда зерттелетін кернеу келтіріледі, ал П2 тоқ аударғышы «Қашау» режиміне қойылады. Бұл жағдайда электрондық сәуле ГЛИН сигналы ықпалынан горизонталды бағытта және вертикалды пластинаға түсетін сигнал ықпалынан вертикалды бағытта ауысып, ЭСК экранында зерттелетін сигнал (13.2,б- сурет) көрінісін жасайды. Экранда сигналдың тұрақты көрінісін қамтамасыз ету үшін П1 тоқ өткізгішінің «Тұрақтылық» пен «Деңгей» тұтқалары көмегімен «Ішкі синхронизациР» жағдайында синхронизациРның қажетті деңгейін бекіту керек.

Вертикаль бойынша сигнал көрінісінің көлемі Ү каналдың кіріс құрылғысы құрамында болатын «Ү күшейтуі» реостаты мен тоқ аударғыш көмегімен дискретті және байсалды бақыланады. Қашау ұзақтығы ГЛИН құрамына кіретін «қашау ұзақтығы» реостаты мен тоқ аударғыш көмегімен ГЛИН жиілігінің ауысуы арқылы дискретті және байсалды бақыланады. А_{max} амплитудасы мен зерттелетін сигналдың Т периоды өлшеу нәтижелерінің негізінде формулалар бойынша анықтала алады

$$\begin{aligned} A_{\max} &= C_A n_1; \\ T &= C_t n_2 \end{aligned}$$

мұндағы С_А — амплитуда бойынша бөлу бағасы, А/дел; n₁, n₂ — бөлу саны; С_т — уақыт бойынша бөлу бағасы, мс/дел.

П2 тоқ аударғышты «Күшейту» жағдайына қойсақ, онда қашау генераторы өшіп, Х кірісіне сыртқы генератордан (13.2,а-сурет) сигнал келуі мүмкін.

Мұндай сызба Лиссажу фигурасы бойынша гармондық ауытқу

жиілігін өлшеу үшін жасалады. Өлшенетін генератор жиілігін ауыстырып, ЭСҚ экранындағы көріністі шеңбер, эллипс немесе тура линияR түрінде көруге болады. Бұл жағдайда зерттелетін сигналдың жиілігі зерттелетін генератор сигналы жиілігіне тең болады.

Жоғары жиілік кернеуін, сонымен қатар едәуір шығыс қарсыласуымен тізбектерді тұрақты және айнымалы кернеуді өлшеу үшін **электрондық вольтметрлер** қолданылады. Ақпаратты беру әдісі бойынша олар нұсқарлық аспап бойынша санақ жүргізілетін нұсқаулық және көрсеткіш сандық таблода көрсетілетін сандық болып бөлінеді.

Вольтметрлер тұрақты және айнымалы ток пен тұрақты және айнымалы тоқты, сонымен қатар қарсыласуды өлшеуге арналған біріктірілген (эмбебап) болады. Нұсқаулық вольтметрдің негізгі түйіндері ретінде кіру құрылғысы (кернеуді бөлуші), күшейткіш (тұрақты ток – ТТК немесе кең жолақты), детектор (фильтрмен түзеткіш) және нұсқаулық индикатор (магнитэлектр құрылғысы) саналады.

Кіру құрылғысы аспаптың алдыңғы панеліне шығарылған ток аударғышқа ие, оның көмегімен өлшеудің сәйкес шегі бекітіледі.

Эмбебап вольтметрлер өлшеу шегінің ток аударғышымен бірге тұрақты немесе айнымалы кернеуді өлшеуде сәйкес жағдайда бекітілетін жұмыстың ток аударғышымен жабдықталған. Эмбебап электрондық вольтметрдің құрылымдық сызбасы 13.1,б-суретте көрсетілген.

Айнымалы кернеуді өлшеуде жұмыс тегінің ток аударғышы «U~» түріне салынады. Кернеу детектор арқылы тұрақты ток күшейткішіне, кейіннен индикаторға түседі. Сандық вольтметрде күшейткіштен сигнал аналогтық-сандық түрлендіргішке (АСТ), кейіннен сандық санау құрылғысына (ССҚ) түседі.

Тұрақты кернеуді өлшеуде ток аударғыш «U_» түріне келтіріледі және күшейткіш кіруіне сигнал кернеуді бөлгіш арқылы келеді. Барлық электрондық вольтметрлерде шкала $U=0,707 U_{\max}$ синусоидальды кернеу мәнінде градусталған.

Электрондық құрылғылар қатарын зерттеу үшін **өлшеу генераторлары** кең қолданылады. Мысалы, күшейткіштің күшею коэффициентін өлшеу, оның амплитудалық-жиілік сипаттамасын алу үшін синусоидальды тербелістердің төменжиілік генераторлары қолданылады. Мұндай генератордың құрылымдық жүйесі 13.1,в-суретте көрсетілген.

Өлшеу генераторы (сигналдар генераторы) өзіне қосады: -реттелетін жиілікпен (дискретті және бірсарынды) жетекші генератор; -кернеу мен күш бойынша күшейткіш; -күштің қарсыласуымен генератордың шығу қарсыласуын сәйкестендіруді қамтамасыз ететін шығыс құрылғысы.

Шығыс құрылғысы нұсқаулық индикатор көмегімен бақыланатын шығыс сигналы деңгейін реттеу үшін кернеу бөлгішетіріне (аспаптың алдыңғы панеліне шығарылған) ие.

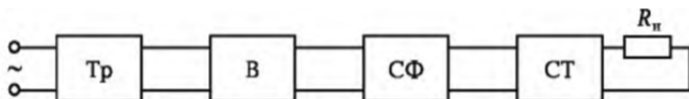
Кез келген электрондық аспаптың кірісі мен шығысы сәйкес қысқышқа ие, оның әрқайсысы әр жұпта аспап корпусымен байланыстырылған және L белгісімен белгіленеді. Егер аспаптың кірісі мен шығысы коаксиальды кабельмен бітсе, онда корпустық шек басқа шекке (әлеуетті) шекке қарағанда ұзынырақ болады. Бірнеше өлшеу электронды аспаптың қосылуын қарастыратын сызбаны жинауда L белгісімен шектер бір-бірімен байланыстырылуын бақылау керек.

ТҮЗЕТКІШ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

(№14 зертханалық-тәжірибелік жұмысқа)

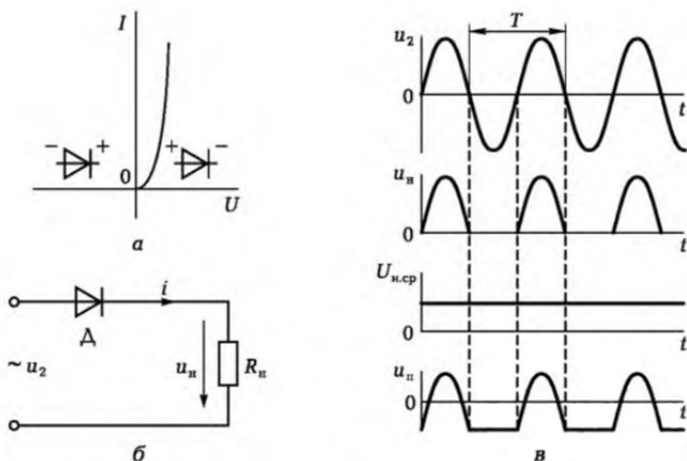
Түзеткіштер туралы жалпы мәліметтер. Түзеткіш құрылғылар айнымалы тоқты бір бағытты тоққа алмастыру үшін арналған. Жалпы жағдайда түзеткіш құрылғылар, жиі жай ғана түзеткіш деп аталып, өзіне трансформатор, вентиль, тегістеу фильтрі мен стабилизаторды (Т.22-сурет) қосады.

Тр трансформаторы бір шамадағы айнымалы кернеуді қайта жасау үшін арналған, мысалы 220 В, түзеткіштің шығысында қажетті тұрақты кернеуді қамтамасыз ететін басқа шамадағы айнымалы кернеу, мысалы 20 В. В вентилі айнымалы кернеуді жүріп тұрған тоққа алмастырады, СФ тегістеуші фильтр тегістелген кернеу пульсациясын азайтады, СТ стабилизаторы I_n күшінің тоғын немесе кернеуді өзгеріссіз етіп сақтайды. Аталған түзеткіш түйіндерінің кейбіреулері болмауы мүмкін.



Т.22-сурет. Түзеткіштің құрылымдық сызбасы:

Тр — трансформатор; В — вентиль; СФ — тегістеуші фильтр; СТ — стабилизатор



Т.23-сурет. Біржартыкезеңдік түзеткіш:

a — диодтың вольт-амперлік сипаттамасы; $б$ — қосу сызбасы; $в$ — кернеудің уақытша диаграммасы; u_2 — түзеткіш кірісіндегі кернеу; u_n — күштегі кернеу; $U_{н.ср}$ — күштегі орташа түзетілген кернеу; i_n — пульсация кернеуі

Түзеткіштердің екі негізгі типі болады – біржартыкезеңдік және екіжартыкезеңдік. Қуаттанатын жүйенің фазасы санына қатысты түзеткіштер бірфазалық және үшфазалық болып бөлінеді. Түзеткіштер бақыланатын және бақыланбайтын болуы мүмкін. Бақыланатын түзеткіште түзетілген кернеудің шамасы бақылана алады. Көптеген электронды құрылғылардың қуаты үшін оңай бақыланбайтын түзеткіштер қолданылады.

Түзеткіштің негізгі элементтері ретінде вентильдер – өткізгіш қойылған кернеудің полРлығына тәуелді болатын линиРлық емес элементтер саналады. Негізінен, вентильдер ретінде шала өткізгіш диодтар қолданылады. Диодтың вольт-амперлік сипаттамасы (ВАХ) Т.23,а-суретте көрсетілген.

Түзеткіштердің негізгі электрлік параметрлері:

$U_{н.ср}$ — күштегі орташа түзетілген кернеу;

$I_{н.ср}$ — күштің орташа түзетілген тоғы;

$p = U_{н.ср} \max / U_{н.ср}$ — түзетілген кернеудің пульсация

коэффициенті (мұнда $U_{осн\ max}$ — түзетілген кернеудің негізгі гармоникасының амплитудасы);

f_n — түзетілген кернеудің (пульсация кернеуі) негізгі гармоникасының жиілігі.

Біржартыкезеңдік түзеткіш. Біржартыкезеңдік түзеткіштің қосылу сызбасы Т.23 б-суретте көрсетілген.

u_2 трансформатордың екінші орамымен айнымалы кернеу D біріккен диод пен L_H күш салынған резистордан тізбекке келтіріледі. Кернеудің оңтайлы жартыкезеңінде диод ашық болады және күш арқылы ток жүреді, терісте – диод жабық және күште ток жоқ.

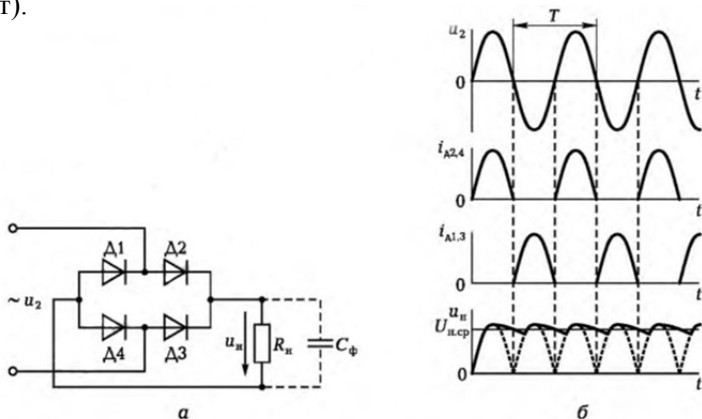
u_H түзетілген кернеуді $i_{H.cр}$ тұрақты және u_H айнымалы құрамдас бөліктердің сомасы түрінде (Т.23,в-сурет) келтіруге болады. Біржартыкезеңдік түзеткіштің негізгі параметрлері:

$$U_{осн} = 0,5U_2; U_{H.cр} = U_{2max}/\pi = 0,32U_{2max} = 0,45 U_2;$$

$$p = \pi/2 = 1,57; f_H = f, \quad (51)$$

мұндағы U_2 — түзеткіш кірісіндегі кернеу мәні; f — айнымалы кернеу жиілігі.

Екіжартыкезеңді көпірлі түзеткіш. Мұндай түзеткіш көпірлік сызба бойынша қосылған төрт диодтан тұрады (Т.24, а-сурет).



Т.24-сурет. Екіжарты кезеңді түзеткіш:

a — қосылу сызбасы; b — кернеу мен тоқтың уақытша диаграммасы; u_2 — түзеткіш кірісіндегі кернеу; $i_{A2,4}$ — $D2$ мен $D4$ диодтары арқылы ток; $i_{A1,3}$ — $D1$ мен $D3$ диодтары арқылы ток; u_H — күштегі кернеу; $i_{H.cр}$ — күштегі орташа түзетілген кернеу

Қуаттанатын жүйенің u_2 кернеудің қисық өзгерістері, диод тоқтары, күштегі кернеулер Т.24.6 суретте көрсетілген.

Кернеудің оңтайлы жартыкезеңінде Д2 мен Д4 диодтары ашық және тоқты күшке жібереді. Д1 мен Д3 диодтары бұл сәтте жабық болады. Кернеудің теріс жартыкезеңінде Д2 мен Д4 диодтары жабылады, бірақ Д1 мен Д3 диодтары ашылады, нәтижесінде ток күш бойымен сол бағытта жүре береді.

Екіжартыкезеңді түзеткіштің негізгі параметрлері:

$$\begin{aligned} U_{\text{осн}} &= 4U_2/3\pi; U_{\text{н.ср}} = 2U_{2\text{max}}/\pi = 0,64U_{2\text{max}} = 0,9U_2; \\ p &= 0,66; f_{\text{п}} = 2f. \end{aligned} \quad (52)$$

Біржартыкезеңді түзеткішпен салыстырғанда екіжартыкезеңді күштегі орташа түзетілген кернеудің үлкен мәнін, пульсацияның аз амплитудасы мен оның үлкен жиілігін қамтамасыз етеді, ол тегістеуші фильтрлердің басылуы міндетін жеңілдетеді. Әдетте, біржартыкезеңді түзеткіштер күшпен аз қуатты қуаттандыру үшін қолданылады.

Тегістеуші фильтрлер. Түзетілген кернеуді құрайтын айнаымалы кернеуді басу үшін вентиль мен күш арасына тегістеуші фильтрлерді орнатады. Тегістеуші фильтрдің негізгі параметрі ретінде $B\phi$ тегістеу коэффициенті саналады. Ол кіріс пен шығыста пульсация коэффициентінің қатынасымен анықталады:

$$S_{\phi} = P_{\text{вх}}/P_{\text{вых}}. \quad (53)$$

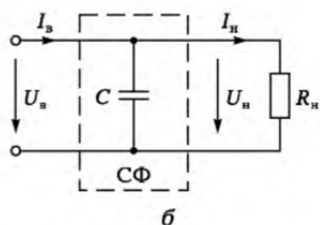
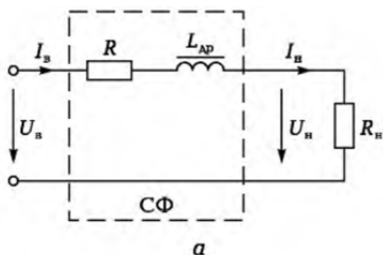
Электрондық құрылғының бір қатарын қуаттау үшін қуат блогының шығысында пульсация коэффициенті 10^{-6} аспау керек, ол тегістеудің үлкен коэффициентімен фильтрді орнатуды талап етеді.

Ең жеңіл тегістеуші фильтр ретінде индукциялық және сыйымдылық саналады.

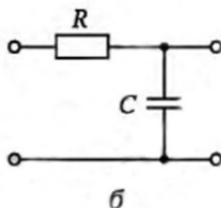
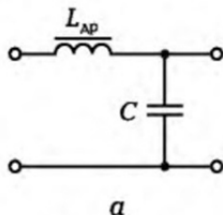
Индукциялық фильтр (Т.25,а) R_H күшімен тізбектес қосылатын дроссельден тұрады. $X_L = 2\pi f L$ едәуір индукциялық қарсыласу тұрақтыны өзгертей, кернеудің айнаымалы құрамдас бөлігін азайтады, себебі R дросселінің белсенді қарсыласуы көп емес.

$B\phi = 2\pi f T L D_p / R_H$ айтарлықтай нақтылықпен қабылдауға болады. Индукциялық фильтрлер әдетте мықты атомдық тізбектерде қолданылады.

Сыйымдылық фильтрі (Т.25-сурет) күшке параллель қосылған конденсатордан тұрады. Бұл жағдайда едәуір сыйымдылықтан кернеудің айнаымалы құрамдас бөлігі үшін қарсыласу аз ($X_C = 1/(2\pi f C) \ll \omega L_H$) және ол өзінен тек айнаымалы құрамдас бөлікті өткізу арқылы күштің қарсыласуын тұйықтайды.



Т.25-сурет. Тегістеуші фильтрдің қосылу сызбасы: *а*— индукциРлық; *б*—сыйымдылық; $i_в$, $I_в$ — түзетілген кернеу мен ток; $i_н$, $I_н$ — кернеу мен тегістеуші фильтрден кейінгі күш тоғы



Т.26-сурет. Г-образды индукциРлық-сыйымдылық (а) және белсенді- сыйымдылық (б) фильтрлер

Кернеудің тұрақты құрамдас бөлігі күшке тіректелген болады.

Сыйымдылық фильтрлерінің негізгі қолданылуы қуаты аз жоғарыомдық тізбектерде көрінеді.

Жоғарысапалық тегістелуді қамтамасыз ету үшін индукциРлық және сыйымдылық фильтрлер бірігіп, Г-образды LC-фильтр (Т.26, а-сурет) алады. Бұл жағдайда фильтрді тегістеу коэффициенті оның түйінін тегістеу коэффициентіне теңестіріледі. Қуаты аз қайнаркөздерде Г-образды LC- фильтр (Т.26, б) қолданылады.

ШАЛА ӨТКІЗГІШ КҮШЕЙТКІШТЕР

(№ 15 зертханалық-тәжірибелік жұмысына)

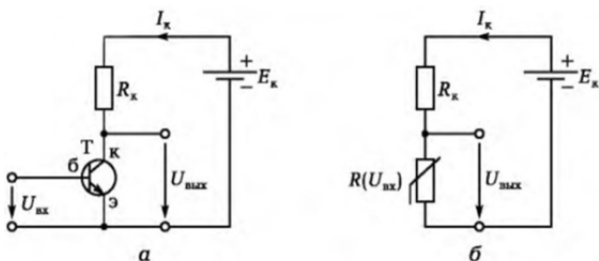
Мысалы, қысым, температура, жарықтандыру немесе тездетуден келетін электр сигналдарын күшейту үшін шала

өткізгіш күшейткіштер кең қолданылды. Соңғы кезде олар біршама артықшылықтардың арқасында электрондық күшейткіштердің орнын басты: электрондық шаммен салыстырғанда транзистордың беріктігі, габариті мен салмағының аздығы, қуаттың аз тұтынылуы, ПӘК жоғарылығы.

Кез келген күшейткіш каскады: ВАС басқарылатын тұқымдасқа ие *линиРлық емес элемент* (транзистор, электрондық лампа); *линиРлық емеспен тізбектес қосылатын жүктемелік элемент* (резистор, трансформатор, индукциРлық орауыш) пен *қуат көзі* – тұрақты кернеу көзі. Электр сигналдарының күшеюі реле, өлшеу құралы, қозғалтқыш пен басқа да құрылғылардың жұмысын басқаратын шығыс сигналының энергиРсына алмастырылатын қуат көзінің энергиРсы арқылы жүзеге асырылады.

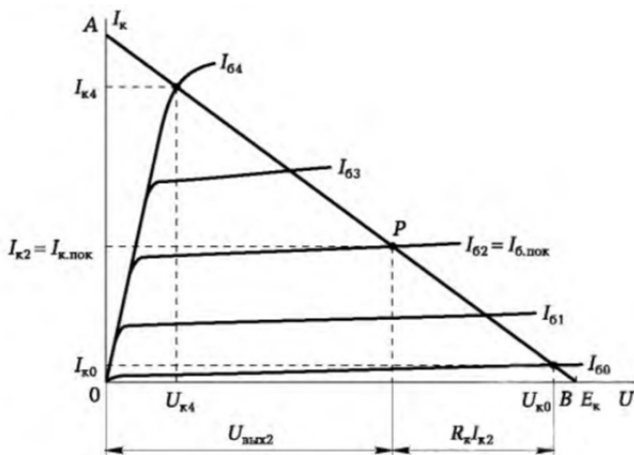
Жалпы эмиттермен бірге (Т.27, а-сурет) күшейткіш каскадтың сызбасы кең таралған. Мұндай каскадтың ауыстыру сызбасы Т.27,б- суретте көрсетілген ЭТ түрінде бейнеленген. Оның анализін графикалық түрде өткізуге болады. Т.28-суретте $I_K = (\Psi / I_6 = \text{ranst}$ ВАС транзисторының тұқымдасы көрсетілген, $R_{\text{ғни}}$ ток коллекторының базаның әртүрлі тұрақты токтарындағы коллектордағы кернеуге тәуелдігі, сонымен қатар, коллектор тізбегіндегі және E_K ЭҚК қуат көзінде R_R қарсыласуымен анықталатын AB күш *линиРсы* бейнеленген. Күш *линиРсы* екі нүкте бойынша жасалады: A нүктесі – қысқа тұйықталу режимі ($I = E_R / R_f$) мен B нүктесі – бос жүріс режимі ($U = E_K$). Т.27,б-суретінде көрсетілген ЭТ үшін Кирхгофтың 2-ережесіне сәйкес және $i_{\text{вых}} = E_K - I R_R$.

Кіріс сигналының (база тоғы) $I_6 = 0$ -дан I_{64} -ға өзгеруі P жұмыс нүктесінің (күш *линиРсы*мен ВАС қиылысу нүктесі) A нүктесіне ауысуына алып келеді, сәйкесінше коллекторлық токтың I_{K0} –дан I_{K4} –ға және шығыс кернеуінің $i_{K0} \gg E_K$ -дан $i_{K4} \gg 0$ -ға өзгеруіне әкеледі.



Т.27-сурет. Жалпы эмиттермен күшейткіш каскадтың сызбасы (а) мен оның

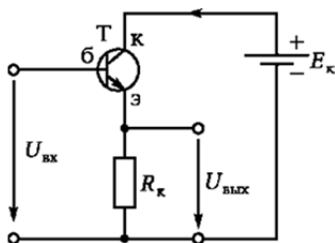
алмастыру сызбасы (б)



Т.28-сурет. Транзистордың вольт-амперлік сипаттамасы

Сөйтіп, күшейткіш каскад сызбасында (Т.27,а-сурет) Т транзисторы I_6 , кіріс тоғы күшейткіші рөлін атқарады, ал R_K резисторы I_K шығыс тоғын $I_{\text{вых}} = u_K$ шығыс кернеуіне алмастыруға қызмет жасайды. Бұл ретте шығыс сигналының (база тоғы) мәнінің артуына шығыс кернеуінің азаюы сәйкес келеді және керісінше, R_K шығыс сигналының фазалық жылжуының бұрышы жалпы эмиттермен сызба үшін кіріске қатысты 180° -қа тең.

Жалпы эмиттермен күшейткіш K_u кернеуі бойынша күшею коэффициенті 200-ге дейін барады, R_m кіріс қарсыласуы жүздеген омнан тұрады, $R^{\wedge}$ шығыс қарсыласуы — бірнеше килоом. Төмен кіріс қарсыласуы мен жоғары шығыс қарсыласуы жоғарыомдық сигнал көші мен төменомды күшпен жұмыста мұндай сызбаны пайдаланудың қиындықтарын туғызады.



Т.29-сурет. Жалпы коллектормен күшейткіш каскадының сызбасы

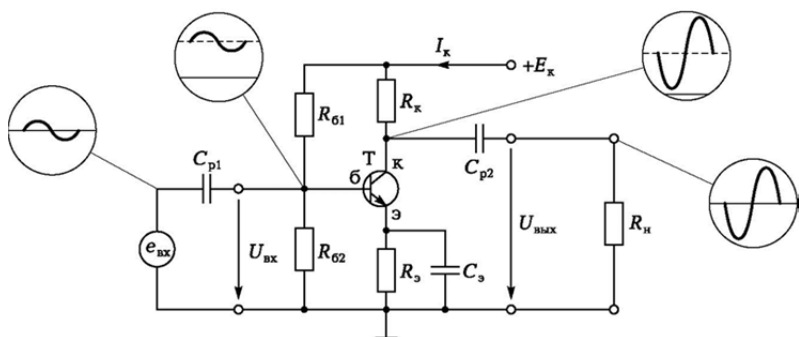
Төменомды күш үшін әдетте **жалпы коллектормен** күшейткіш каскад (Т.29-сурет) қолданады. Оның шығыс қарсыласуы ондаған омнан ғана тұрады, ал кіріс – бірнеше килоом. Каскадтың күшею коэффициенті бірлікке жақын, шығыс сигналының фазасы кіріс фазасына сай келеді. Сондықтан жалпы коллектормен күшейткіш каскад эмиттерлік қайталағыш атауына ие болды.

Т.30 суретте күшейткіш каскад сызбасы көрсетілген және бақылаушы нүктеде сигнал формасы бейнеленген. Күшейткіш жұмысының линиRлық режимін қамтамасыз ету үшін $P_{и_{6x}} = 0$) тыныштық нүктесі AB күштеу линиRсы ортасында орналасуы керек. P жұмыс нүктесін фиксациRлау тізбекте Д.пок тыныштық базасының тоғы болуын қамтамасыз ететін R_{6I} — Л62 базалық бөлуші күшейткішінің сызбасына енгізу арқылы мүмкін болады.

Сигналдың шығыс қарсыласу көзінің тыныштық базасының тоғына ықпал етуін болдырмау үшін күшейткіштің кіріс тізбегіне C_{p1} бөлгіш конденсатор орналастырылады. Сол сәтте күште бөлініс үшін күшейткіштің шығыс тізбегінде күшейтілген сигналдың айнымалы құрамдас бөлігінде C_{p2} бөлгіш конденсаторы орналастырылады.

Транзисторлық күшейткіштің негізгі жетіспеушілігінің бірі – оның сипаттамасының температураға едәуір тәуелдігі. Ол күшейткіште арнайы құрылғылардың қолданылуын талап етеді, және ол, бірінші кезекте, кері байланыстың әртүрлі түрін енгізу.

Кері байланыс (КБ) деп шығыс сигналы бөлігінің күшейткіш кірісіне әсер етуін атайды. Егер КБ күшейткішке келетін сигналды арттырып,кіріс



Т.30-сурет. Бақылаушы нүктеде сигнал формасының көрінісімен күшейткіш каскадының сызбасы

сигналымен қабатталса, онда кері байланыс дұрыс болады. Егер КБ кірістен шықса, онда кері байланыс теріс болады.

Күшейткіштерді тек теріс КБ қолданылады, себебі ол олардың қасиетін жақсартуға мүмкіндік туғызады, оны үшінде қоршаған ортаның температурасы өзгеруінде жұмыс тұрақтылығын арттырады. Тұрақты ток бойынша теріс КБ кең қолданысқа ие. Ол үшін эмиттер тізбегі $R_э$ резисторына қосылады, $C_э$ конденсаторы орнатылады, оның сыйымдылық қарсыласуы $X_C \ll R_э$. Бұл жағдайда конденсатор кіріс сигналының айнымалы құрамдас бөлігі үшін $R_э$ резисторын ұштастырады.

Керіфазада шығыс сигналының бөлігі күшейткіш кірісіне келгенде, кернеу бойынша теріс КБ қолданылады.

Дұрыс КБ, керісінше, күшейткіштің жұмыс тұрақтылығын төмендетіп, ауытқулардың пайда болуына (өздігінен оталу) әкеледі, $R_{гн}$ күшейткіш генераторға айналады.

Күшейткіштің негізгі параметрі оның күшею коэффициенті болып табылады.

Шығыста кернеу, ток пен қуатқа күшейткіш шығысындағы кернеу, ток пен қуаттың қатынасын көрсететін кернеу, ток пен қуат бойынша күшею коэффициенттерін бөледі:

$$K_U = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}; K_I = I_{\text{вых}}/I_{\text{вх}}; K_P = P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}} = K_I K_U. \quad (54)$$

Күшейту коэффициентін арттыру үшін каскадтар арасында трансформаторлық, гальвандық немесе белсенді-сыйымдылық ($R - C$) байланыстарыен *көпкаскадтық* күшейткіштер қолданылады. Гальвандық (реактивті элементтерсіз) байланыс тұрақты ток күшейткіштерінде қолданылады.

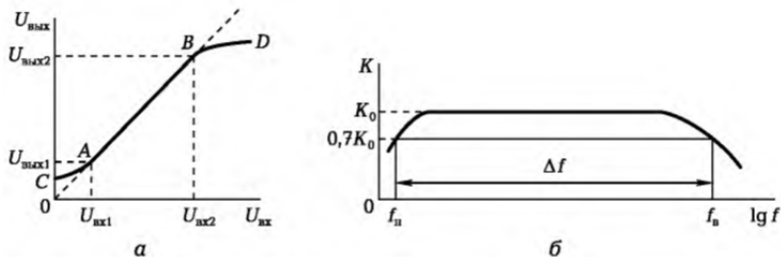
Төмен жиілік күшейткіштерінде $R - C$ байланысы кең қоланысқа ие. Көпкаскадты күшею коэффициенті жеке каскадтардың күшею коэффициентінің пайда болуына тең: $K = K_{K2} K_{K3} \dots$

Күшейткіштің негізгі сипаттамалары – амплитудалық және жиілік.

1. *Амплитудалық сипаттама* $и_{\text{вых}} = \{ (и_{\text{вх}}) \}$ (Т.31, а сур.) тұрақты жиілікті кірістегі кернеуден күшейткіш шығысындағы кернеудің тәуелдігінен тұрады.

Сигнал формасының қисауы болмайтын AB жеріне сәйкес

$A_{UM} = U_{m2} - U_{m1}$ күшейтілетін сигналдардың жұмыс диапазонын белгілеуге мүмкіндік туғызады.



Т.31-сурет. Күшейткіш сипаттамасы

a — амплитудалық, *б* — жиілік

CA ($U_{BX} < U_{BX1}$) жерінде кірісті күшеетін сигналды нақты анықтауға мүмкіндік бермейтін күшейткіштің жеке шулары болады.

BD ($U_{BX} > U_{BX2}$) жері транзистордың қанықтануы аумағында күшейткіш жұмысына септігін тигізеді, ол шығыс сигналында линиРлық емес қисаюлардың пайда болуына алып келеді.

1. *Жиілік сипаттама* $K = y(f)|_{U_{BX}} = \text{ranst}(\text{T.31, б-сурет})$. *K* күшею коэффициентінің кірісте ($U_{BX} = U_{onst}$) тұрақты кернеуде *f* кіріс сигналының жиілігіне тәуелдігін көрсетеді.

Ол күшейткіштің жиілік қасиеттерін сипаттайды, $R_{гн}$ и $Af = 4 - 4$ өткізу жолағы деп аталатын жиіліктің айқын диапазонына сигналды күшейту қабілеті, мұндағы *f* пен 4-жиіліктің жоғарғы және төменгі шектері. Төменгі жиіліктегі күшею коэффициентінің азаюы C_{p1} , C_{p2} (Т.30-сурет) белгіш конденсаторлардың ықпалынан пайда болады, оның төменгі жиіліктегі қарсыласуы жоғары.

Жоғарғы жиілікте күшею коэффициентінің азаюы транзистор мен монтаждың шунтталатын паразиттік сыйымдылықтары нәтижесінде болады.

Жиілік мәнінің жиілік сипаттамасын жасаудың ыңғайлығы үшін жиілікті логарифмикалық масштабқа қалдырады.

ТҰРАҚТЫ КЕРНЕУ СТАБИЛИЗАТОРЛАРЫ

(№ 16 зертханалық-тәжірибелік жұмысқа)

Стабилизаторлар жөнінде жалпы сипаттама.

Тұтынушылардың бір қатарын қуаттау үшін едәуір тұрақты қуаттайтын кернеу қажет. Мысалы, радиомен хабар беретін және байланысты радиостанцияларды қуаттау үшін 2...3% тұрақсыздыққа жол беріледі, ал тұрақты ток күшейткіштері мен кейбір нақтылықтың жоғарғы классты өлшеу құралдары үшін - 0,001 % аспайтын тұрақсыздық.

Қуаттанатын жүйе кернеуінің, I_H күш тоғы, қоршаған ортаның температурасының өзгеруі және т.б. тұрақсыздандырғыш факторлар болып табылады. Тұрақты кернеудің берілген тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін арнайы құрылғылар – тұрақты кернеу стабилизаторлары қолданылады.

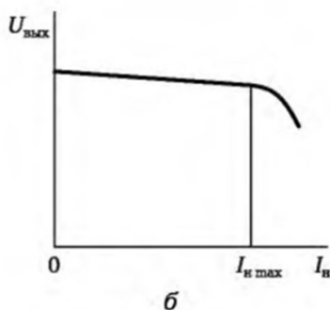
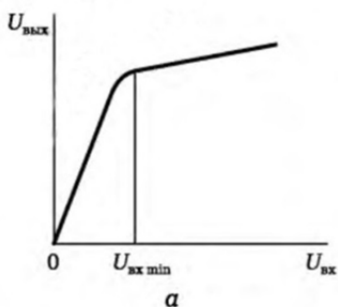
Тұрақты кернеу стабилизаторы күштегі электр тоғын реттеуді өзінің шығысы мен күшінде кернеудің тұрақтылығын қамтамасыз ететіндей етіп жүзеге асырады.

Әрекет ету принципі бойынша стабилизаторлар параметрлік және компенсациялық болып бөлінеді.

Параметрлік стабилизаторларда кернеу тұрақтылығы реттеу элементінің (РЭ) вольт-амперлік сипаттамасының (BAC) линиалық еместігі арқасында қамтамасыз етіледі. Мұндай РЭ ретінде шала өткізгіш стабилитрондар қолданылады.

Компенсациялық стабилизаторларда тұрақтылық кернеу бойынша теріс кері байланысты қолданумен қамтамасыз етіледі. Мұндай стабилизаторлар шығыс кернеуінің автоматты реттеу жүйесіне ие болады.

Шынайы стабилизаторларда U_{BX} кіріс кернеуі немесе I_H күш тоғының өзгеруінде U_{BAX} стабилизатордың шығыс кернеуі аз да болса өзгереді. U_{BX} өзгерісінде U_{BAX} өзгеру сипаты Т.32,а суретте көрсетілген, ал I_H өзгерісі— Т.32,б-суретте.



Т.32-сурет. Стабилизатордың шығыс кернеуінің кіріс кернеуден(а), күш тоғынан(б) тәуелділігі

Кернеудің тұрақтылық сипатын сипаттайтын негізгі параметр - K_{CT} тұрақтылық коэффициенті.

Кіріс кернеуі бойынша тұрақтылық коэффициенті $I_H = \text{const}$ -да кіріс және шығыс кернеуінің өзгеруі қатынасымен анықталады:

$$K_{CT1} = (\Delta U_{ВХ} / U_{ВХ.НОМ}) / (\Delta U_{ВЫХ} / U_{ВЫХ.НОМ}) = \delta U_{ВХ} / \delta U_{ВЫХ} \quad (55)$$

мұндағы $\delta U_{ВХ}$, $\delta U_{ВЫХ}$ — кіріс және шығыс кернеуінің қатынасты өзгеруі.

Ток бойынша тұрақтылық коэффициенті $u_{BX} = \text{const}$ -да ток пен шығыс кернеуінің қатынасты өзгеруіне қатысты анықталады.

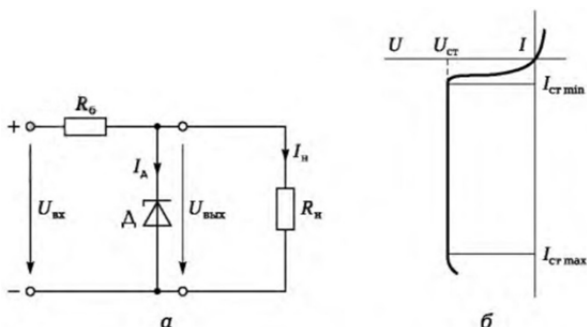
$$K_{CT2} = (\Delta I_H / I_{H.НОМ}) / (\Delta U_{ВЫХ} / U_{ВЫХ.НОМ}) = \delta I_H / \delta U_{ВЫХ} \quad (56)$$

Параметрлік стабилизатор. Шала өткізгіш стабилитроны (Т.33,а-сурет) бар жеңіл стабилизатор R_6 балластық резистор мен шала өткізгіш Дс стабилитронынан тұрады. Стабилизатордың $U_{ВЫХ}$ шығыс кернеуі Д стабилитронының U_{CT} тұрақтылық кернеуіне тең. Стабилитронның ВАС жұмыс жері ретінде (Т.33,б-сурет) оның кері тармағында электрлік ойық орны саналады, бұл жерде кең шектерде токтың өзгеруінде кернеу сәл ғана өзгереді. Стабилитронның маңызды параметрлері:

U_{CT} — тұрақтылық кернеуі;

$I_{CT \min}$ — стабилитронның минималды рұқсат етілетін тоғы;

$I_{CT \max}$ — стабилитронның максималды рұқсат етілетін тоғы .



Т.33-сурет. Параметрлік стабилизатор:

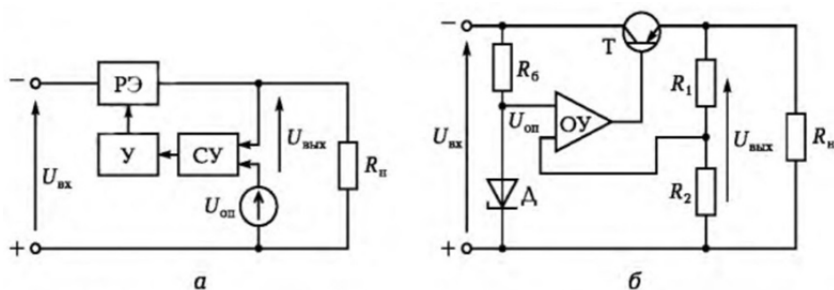
a — принципіалды сызба; b — стабилитронның вольт-амперлік сипаттамасы

Параметрлік стабилизаторларда K_{CT} тұрақтылық коэффициенті бірнеше ондықтан аспайды. Оның құндылығы – сызбаның жеңілдігі, кемшілігі – тұрақтылық коэффициенті мен тоқтың өзгеру диапазонының аздығы.

Компенсациялық стабилизатор. Стабилизатор келесі негізгі элементтерден (Т.34,а-сурет) тұрады: реттеуші элемент (РЭ), күшейткіш (К), салыстырғыш құрылғы (СК), U_{OTI} тіреуіш (эталондық) кернеу көзі. Осы элементтердің кейбіреулерін жиі біріктіреді. Стабилизатор жұмысында оның $U_{ВЫХ}$ шығыс кернеуі U_{OP} тіреуіш кернеумен салыстырылады. Берілген деңгейден $U_{ВЫХ}$ ауытқуда салыстырғыш құрылғының шығысында баланстың электр сигналы пайда болады, ол күшеюден кейін реттеуші элемент кірісіне кіріп, сәйкес образбен оның қарсыласуын өзгертеді.

Реттеуші элемент ретінде Т транзисторы (Т.34, б-сурет) қолданылады, ал салыстырғыш құрылғы және күшейткіш ретінде – операциялық күшейткіш (ОК), оның бір кірісіне тіреуіш кернеу көзінен сигнал түседі – R— Д) параметрлік стабилизатор, ал екіншісіне – $R_j - R_2$ бөлгіштен алынатын шығыс кернеуінің бөлігі.

Параметрлікпен салыстырғанда компенсациялық стабилизаторлар жақсырақ сапалық сипаттамаларға ие. Олардың бірнеше мыңға жететін жоғары тұрақтылық коэффициенті бар, және күшейткіштің күшею коэффициенті неғұрлым көп болса, тұрақтылық коэффициенті де соғұрлым көп болады. Сонымен қатар, компенсациялық стабилизаторлар параметрлікке қарағанда шығыс кернеуінің деңгейін реттей алады.



Т.34-сурет. Компенсациялық стабилизатор: a — құрылымдық сызба; b — принципіалды

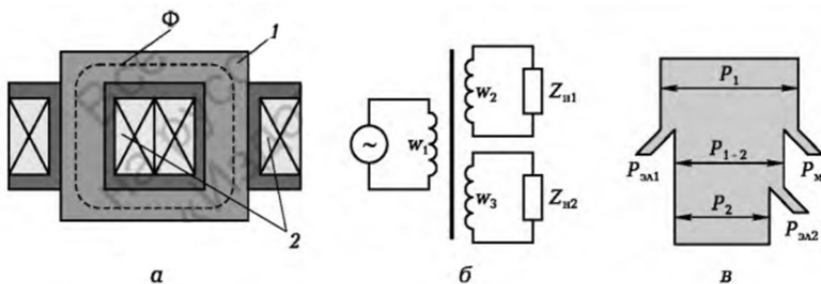
БІРФАЗАЛЫҚ ТРАНСФОРМАТОР

(№17 зертханалық-тәжірибелік жұмысына)

Трансформатор статикалық әрекеттегі (қозғалатын бөліктері жоқ) электр машиналарына жатқызылады. Ол бір кернеудің айнымалы тоғын (мысалы, 220 В) басқа кернеудегі (мысалы, 36 В) сол жиіліктегі айнымалы тоғына қайта жасау үшін арналған электромагнитті құрылғыдан тұрады.

Трансформатор (Т.35,а-сурет) 1 жабық магнит сымынан тұрады – бір-бірінен электрлік изоляцияланған жұқа штампталған электротехникалық болаттан жасалған пластина, екі немесе одан да көп магнит сымында орналасқан 2 ораумен орауыш. Бір орау қуат көзіне қосылып, алғашқы деп аталады. Қалған ораулар, екіншілік деп аталып, әр түрлі күштерге (Т.35,б-сурет) қосылады.

Трансформатор жұмысының негізіне өзара индукциялану принципі жатқызылады. Егер алғашқы орауға $u = U_m \sin \omega t$ синусоидальды кернеу келтірілсе, онда оның бойында i магниттеу күшін жасайтын i электр тоғы жүреді, ал соңғысы - $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ айнымалы магнитті ағын. Магнитті ағын магнит сымы бойында тұйықталады және оның бойында орналасқан барлық орауларды түйрейді. Нәтижесінде әрбір орауда ЭҚК индукцияланады. Екіншілік ораудың ЭҚК осы орауға қосылған күш үшін кернеу көзі болады. Сөйтіп, алғашқы орау кернеуі екіншілікке жіберіледі.



Т.35-сурет. Трансформатор:

а — конструктивті сызба; б — екіорау трансформаторының шартты көрінісі; в — трансформатордың энергетикалық диаграммасы; 1 — магнит сымы; 2 — ораумен орауыштар; Φ — магнитті ағын; P_1 — қайнарықардан алғашқы орауға келтірілген қуат; $P_{эл1}$ — алғашқы орау сымдарын жылытуға кететін қуат; P_m — магнит сымын құйын тоғы жылытуға кететін қуат пен гистерезис шығыны; P_{1-2} — алғашқы ораудан екіншілікке өткізілетін қуат; $P_{эл2}$ — екіншілік орау сымдарын

жылытуға кететін қуат; P_2 — екіншілік ораудағы пайдалы қуат.

Барлық e ЭҚК, ф ағыны $\sin R$ қты, синусоидальды заң бойынша өзгереді. ЭҚК шамасы w орау құйының саны мен магнитті ағын өзгеруінің жылдамдығымен анықталады:

$$e = -w(d\Phi/dt) = -w\omega\Phi_{\max} \sin(\omega t + \pi/2) = E_{\max} \sin(\omega t - \pi/2). \quad (57)$$

ЭҚК векторы магнитті ағын векторынан 90° -қа қалады, ал $E_{\max} = w\omega\Phi_{\max}$ ЭҚК-нің амплитудалық мәні Φ_{TE1X} магнитті ағынның амплитудалық мәнімен, $\omega = 2\pi f$ қуаттанатын кернеудің шеңберлік жиілігі мен w орау құйының санымен анықталады.

ЭҚК-нің мәні

$$E = E_{\max} A/2 = 2 \pi / W O_{\max} A/2 = 4,44 \omega \Phi_{\max}. \quad (58)$$

Алғашқы орауға қосылған U кернеуі индукцияланатын e_1 ЭҚК орауында толықтай теңдеседі, бұл жерден аталмыш кернеудің мәні

$$U = 4,44 / W I \Phi_{\max}. \quad (59)$$

U екіншілік орауындағы кернеу ондағы индукцияланатын e_2 ЭҚК нәтижесі болады, сондықтан көрініспен (59) аналогия бойынша осы кернеудің мәні ретінде келесі көріністі келтіруге болады:

$$U_2 = 4,44 \omega \Phi_{\max}. \quad (60)$$

Көріністер анализі (59,60) келесі қорытындыға келуге мүмкіндік береді.

Біріншіден, Φ_{TM} магнитті ағынның максималды мәні U_1 кернеуінің мәнімен анықталады және трансформатордың жұмыс режиміне тәуелді болмайды, $R_{\text{ғни}}$ өзгертілмейтін кернеуде магнитті ағын барлық жұмыс режимінде өзгертілмейді — бос жүрістен номиналды жүктемеге дейін.

Екіншіден, кернеулердің мәнінің қатынасы орау айналымының қатынасымен анықталады, $R_{\text{ғни}}$ тұрақты болады. Бұл қатынасы *трансформация коэффициенті* деген атақ алды.

$$K_{21} = U_2 / U_1 = w_2 / w_1. \quad (61)$$

Егер трансформатор кернеуі алғашқысы екіншілігінен жоғары болса, $R_{\text{ғни}}$ $K_{21} < 1$, онда ондай трансформатор *төмендеткіш* деп аталады. Егер екіншілік алғашқыдан жоғары болса ($K_{21} > 1$), онда ол

трансформатор жоғарылатқыш болады.

Трансформатор пайдалы әсердің жоғары коэффициенті бар құрылғыға жатқызылады, оның мәні аз қуатты трансформаторларды 0,85-тен, қуатты трансформаторларды 0,99-ға дейін жатыр. ПӘК азаю себебін анықтау үшін, энергетикалық диаграммаға (Т.35,в-сурет) жүгінеміз, трансформатордағы негізгі шығын электр ($P_{эл1} + P_{эл2}$) шығыны болады.

Бұл жақтан трансформатор ПӘК

$$\Pi = P_2/P_1 = (P - (P_{эл1} + P_{эл2} + P_m))/P = 1 - (P_{эл1} + P_{эл2} + P_m)/P. \quad (62)$$

Трансформатордың негізгі сипаттамасы: бос жүріс сипаттамасы; қысқа тұйықталу сипаттамасы; сыртқы сипаттамасы.

Алғашқы орауда *бос жүріс* тәжірибесінде номиналды кернеу келтіріледі, ал трансформатордың екіншілік орауында алшақ болады.

Бос жүріс тәжірибесі $K_{21} = U_2/U_1$ трансформациR коэффициентін, $\Phi_{таx} = U_1/4,44f w_1$ магнитті ағын мен S қиық ауданымен білікте $B_{таx} = \Phi_{таx}/S$ магнитті индукциRны анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, трансформатор білігінде ждоп қосымша ораудың белгілі айналым санын орналастырса, онда қалған айналым санын анықтау қиындық туғызбайды:

$$w_1 = w_{доп} U_1/U_{доп}; w_2 = w_{доп} U_2/U_{доп}. \quad (63)$$

Егер ваттметр көмегімен бос жүрістегі электр тізбегіндегі шығынды өлшесе, олар P_m магнитті шығынға сәйкес болады. Ол бос жүріс тоғы аз және ол орауды жылытпайды, ал магнитті ағын номиналды болатындығымен түсіндіріледі.

Қысқа тұйықталу тәжірибесі алғашқы орауда төмендетілген кернеу мен қысқа тұйықталған екіншілікте өткізіледі. Бұл ретте өткізілген кернеу ораудағы ток номиналды болатындай етіп өткізілу керек. Токтар номиналды болғандықтан, $P_{эл1} + P_{эл2}$ электр шығындары да номиналды болады, ал магнитті шығын аз, себебі алғашқы ораудағы төмендетілген кернеуде магнитті ағын аз. Сәйкесінше, алғашқы орауға қосылған ваттметр электр шығынының шамасын көрсетеді.

Сөйтіп, бос жүріс пен қысқа тұйықталу тәжірибесі трансформациR коэффициентін, орау айналымының санын, магнитті ағын мен магнитті индукциR мәнін, сонымен қатар трансформатордың пайдалы әсер коэффициентін анықтауға

мүмкіндік береді.

$U_2(I_2)$ *сыртқы сипаттамасы* U_2 екіншілік орауда кернеудің $U_1 = \text{const}$ алғашқы орауда өзгертілмейтін номиналды кернеуде I_2 жүктеме тоғына тәуелдігін көрсетеді. Сыртқы сипатта бойынша бос жүрісте кернеуге қатысты номиналды жүктемеде $AU\%$ кернеуінің өзгеруі анықталады:

$$AU\% = (U_{20} - U_2)100\%/U_{20}, \quad (64)$$

мұндағы U_{20} , U_2 —екіншілік ораудағы кернеу бос жүріс пен номиналды жүктемеге сәйкес.

ТҰРАҚТЫ ТОҚ ГЕНЕРАТОРЫ (№ 18 зертханалық-тәжірибелік жұмысқа)

Тұрақты ток генераторы жөнінде жалпы мәліметтер.

Генераторлар – механикалық энергияны электрлікке ауыстыратын электр машиналары.

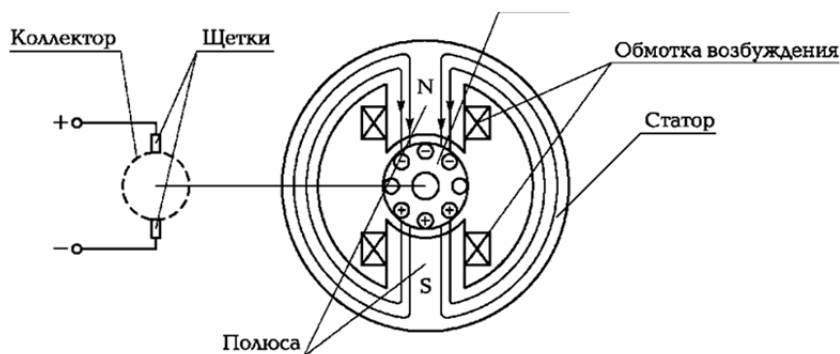
Генератор режимінде жұмыс істейтін тұрақты токтың электр машиналары тұрақты токтың электр энергиясының негізгі қайнар көзі болады. Кез келген электр машинасына міндетті болатын статор мен ротормен бірге, тұрақты ток машинасында ерекше құрылғы – коллектор болады.

Статор – тұрақты ток машинасының жылжымайтын бөлігі – ферромагнитті материалдан жасалатын ішкі цилиндр түрінде жасалады, оның ішкі бетінде орауышпен (Т.36-сурет) анық көрінетін полюстер орналасқан. Орау тұрақты токпен қуаттанады және полюстер арасында тұрақты магнитті өріс жасайды. Егер сол өріске жақтау салып, оны кез келген жетекпен айналдырса, оның ішінде электромагнитті индукция заңы бойынша айнымалы ЭҚК дөңгелегі, оның мәні Φ магнитті ағын, n жақтаудың айналу жиілігі мен жақтаудың конструктивті параметрлерімен (жақтау ұзындығы, айналым саны және т.б.) анықталатын c_e , коэффициентінің айналу жиілігіне тәуелді:

$$E = c_e \Phi n. \quad (65)$$

Ротор (немесе зәкір) – машинаның айналмалы бөлігі – орау түрінде жасалған жақтаулар орналасқан құрылғы болып табылады. Ротор цилиндрлік формаға ие және сыртқы бетінде жіктермен электротехникалық болаттан жасалған жұқа штампталған

пластинадан дайындалады, оған мыспен қапталған сыммен жасалған ораулар салынады.



Т.36-сурет. Трансформатор: ПЕРЕВОД

a — конструктивті сызба; *б* — екіорау трансформаторының шартты көрінісі

Ротормен бір осьте орналасқан *коллектор*, әдетте, бір-бірінен мыспен қаптау арқылы алшақталған пластиналармен цилиндр түрінде жасалады. Әрбір жақтау шегі коллектордың диаметр бойынша қарама қарсы пластиналармен біріктіріледі. Бұл жақтан коллекторлық пластина саны екі еселенген жақтау саны теңестіріледі. Коллектордың пластинасы бойынша ротордың айналуында пульсталатын кернеу алынатын қозғалыссыз көткелер сырғанады.

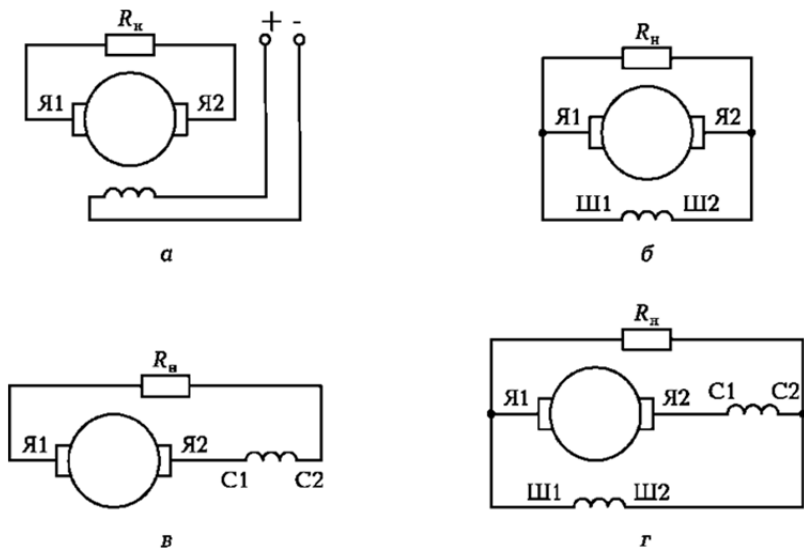
Роторда қаншалықты жақтау орналасса, соншалықты шығыс кернеуінің пульсация коэффициенті аз болады. Сегіз жақтауда ол тек қана 3%-ды құрайды.

Статор полюсында орналасқан және тұрақты магнитті ағын жасайтын ораулар оталу ораулары деп аталады. Оталу орауын қосу әдісі бойынша машиналардың келесі типін бөледі:

тәуелсіз козу, орау тәуелсіз тұрақты ток көзінен қуаттанғанда — Т.37,а- сурет; параллель оталумен (шунт машинасы) — Т.37,б-сурет.; тізбекті оталумен (сериес машинасы) — Т.37,в-сурет; аралас оталумен (компаунд машинасы) — Т.37,г-сурет.

Машинаның үш соңғы типі қуаттау үшін жеке қайнар көздің оталу орауын қажет етпейді, себебі кернеу осы орауларға зәкір орауынан келеді. Мұндай машиналар өздігінен оталу машинасы

деген атауға ие.



Т.37-сурет.Тұрақты ток машинасында статор орауының қосылу сызбасы:

а —тәуелсіз қозумен; б —параллель қозумен; в — тізбекті қозумен; г — аралас қозумен

Өздігінен қозу мәнісі машинаның магниттік жүйесі бір рет магниттелген бола тұра, қалған магниттік индукциясын сақтап қалуында жатыр. Зәкірдің айналуында қалған индукция зәкір орауымен электрлі байланысқан қозу орауында алғашқы тоқты жасайтын ЭҚК орауына туралайды. Бұл ток қозудың магниттік өрісін күшейтіп, зәкір орауында ЭҚК арттырады. ЭҚК артылуы қозу тоғының әрі қарайғы артылуына әкеледі, ол полюстердің магниттік өрісін күшейтеді және өз кезегінде зәкірдің ЭҚҰ артылуына әкеледі. Бұл процесс $I_0 R_0$ (тура 1, Т.38, а-сурет) қозу орауында кернеудің азаюы $u R = I_0 R_0$ зәкір орауындағы кернеуге теңестірілмегенше жалғасады. Бұл теңесуге бос жүріс (2 қисық) сипаттамасындағы Р нүктесі сәйкес келеді.

Тұрақты ток генераторы ретінде кең таралған - параллель қозумен машина. Ол тұрақты ток машиналарының ішіндегі ең

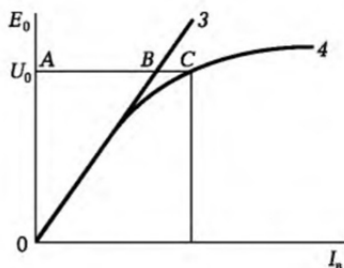
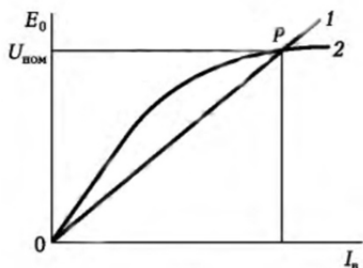
үнемдісі, себебі оның қозу орауы жұқа сыммен оралған көп айналымға ие және қозу тоғы зәкір тоғынан 5 %-дан аспайды.

Бос жүріс сипаттамасы. Электрлі генератордың магнитті қасиеті жөнінде $E_0 = \omega(4)$ бос жүріс сипаттамасына қарай айтады. Ол E_0 ЭҚК-нің I_{θ} қозу тоғына тәуелділігін көрсетеді.

Бос жүріс сипаттамасын жақынырақ және $\Phi(I_B)$ машинаның магниттік сипаттамасы ретінде қарауға болады. Қозу тоғының артылуы магниттік ағынның артылуына алып келеді, сәйкесінше, ЭҚК де артылады. Бастапқы бөлімде машинаның магниттік тізбегі қанықтандырылмай тұрғанда, $E_0 = \omega(I_{\theta})$ сипаттамасы тура линиRға (Т.38,б-сурет. 3 қисық) жақын болады. Қозу орауының магниттеу күші ауа тесігінде толықтай шығындалады, себебі ферромагнитті материалдағы магниттік индукция R көп емес. Қозу тоғының өсуі шегінде ферромагнитті жерлерде магниттік индукция R өседі, ол осы жерлердің қанығуына алып келеді. Бұл ретте $E_0 = \omega(I_{\theta})$ тәуелділіктің линиRлық сипаты бұзылады (Т.38, б-сурет. 4 қисық).

Бос жүріс сипаттамасы бойынша генератордың магниттік жүйесінің қанығу деңгейі жөнінде айтуға болады. K_S қанығу коэффициенті AC/AB ($K_S = AC/AB$) кесінділер қатынасымен анықталады, себебі AB кесіндісі барлық магниттеу күші ауа тесігінде шығындалатын қанық емес машинаны, ал BC — магнит сымның ферромагнитті бөлігінде магниттеу күшінің төмендеуін сипаттайды.

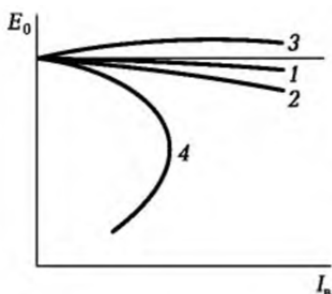
$K_S < 1,25$ -де машина аз қанықталады, $K_S = 1,25 \dots 1,75$ -де машина қанықталуы орташа, $K_S > 1,75$ -де машина қатты қанықталған.



Т.38-сурет. Тұрақты ток генераторының бос жүріс сипаттамасы:

a — қозу орауында (1 линиR) және зәкір орауында (2) кернеудің қисық өзгерістері; b — генератордың қанық емес (3) және қанық (4) магниттік

жүйесінде ЭҚК қисық өзгерістері



Т.39-сурет. Генератордың сыртқы сипаттамасы: тәуелсіз қозумен (7), параллель қозумен (2), ораудың үйлесімді (3) және қарсы (4) қосылуында аралас қозумен

Сыртқы сипаттама. Генератордың екінші маңызды сипаттамасы оның $U = f(I_H)$ сыртқы сипаттамасы - I_H жүктемесі тоғынан U шығыс кернеуінің тәуелдігі.

Сыртқы сипаттама машинаның қозу әдісіне (Т.39-сурет) әсерін тигізеді.

1 қисығы тәуелсіз қозумен генераторға сәйкес келеді. Жүктеме тоғының артуында кернеудің азаюы зәкірлік тізбектің қарсыласуында (қайнаркөздің ішкі қарсыласуы) кернеудің азаюының артуымен түсіндіріледі.

2 қисығы параллель қозумен генераторға сәйкес келеді. Оның күрт құлауы шығыс кернеуінің азаюында кернеу тоғының қосымша азаюымен түсіндіріледі.

Аралас қозу мен ораудың қосылуымен (екеуі де магниттік ағынды көбейтеді) машинада тізбектес қозуды (3 қисық) орау арқылы кернеудің түсуін қалпына келтіруге болады. Ораулардың қарсы қосылуында (олардың магниттеу күші қарсы бағытталған), шығыс кернеуі күрт төмендейді (4 қисық), себебі магниттік ағын қозудың параллель және тізбектік орауының магниттеу күшінің әртүрлілігімен жасалады.

Бос жүрістен жүктеменің номиналды тоғына өтуінде кернеудің пайыздық азаюы келесі формула бойынша анықталады

$$AU\% = ((I_{H0M} - E_0)/I_{H0M})100\%. \quad (66)$$

ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ

(№ 19 зертханалық-тәжірибелік жұмысына)

Қозғалтқыш режимінде жұмыс істейтін тұрақты тоқтың

электр машинасы тұрақты тоқтың өткізілетін электр энергиясын белдіктің айналуының механикалық энергиясына алмастырады.

Тұрақты ток машинасы қайтымды болғандықтан және генератор режимінде де, қозғалтқыш режимінде де жұмыс істей алатындықтан, электр қозғалтқышының конструктивті сызбасы генератор сызбасына ұқсас келеді және сондай негізгі түйіндерді қосады: статор, ротор мен коллектор. Қозу орауының қосылу сызбасы да ұқсас келеді.

Электр қозғалтқышының жұмыс негізіне электромагнит индукциясы мен электромагнит күші заңдары енгізілген. Ампер заңына сәйкес магниттік өріске енгізілген токпен өткізгішке Φ магниттік ағыны мен I электр тоғына пропорционал күш әсер етеді.

$$F = I\Phi l, \quad (67)$$

мұндағы l — өткізгіш ұзындығы (конструктивті параметр).

Тұрақты ток қозғалтқышты параллель қоздырғышпен бірге тұрақты кернеу көзіне қосса, онда зәкір орауы мен қозу орауында ток пайда болады. Қозу орауының магниттеу күші I_R тоғымен зәкір орауын тесіп өтетін Φ тұрақты магниттік ағынын жасайды. Ол зәкірге әсер ететін айналыс сәтінің пайда болуына алып келеді

$$M_{вр} = c_M \Phi I, \quad (68)$$

мұндағы c_M — конструктивті коэффициент, $R_{гн}$ оның конструктивті параметрімен анықталатын осы машина үшін тұрақты коэффициент.

Зәкір айналысқа ұшыраған кезде оның орауы Φ қозудың магниттік ағынын қиюды бастайды, электромагниттік индукция заңына сәйкес оның бойында Φ ағын және n айналыс жиілігі шамасына пропорционал ЭҚК енгізіледі

$$E_R = c_e \Phi n. \quad (69)$$

Келтірілген ЭҚК қосылған кернеуге қарсы бағытталады және зәкір тоғын азайтуға ұмтылады. Қозғалтқышының қосылуы сәтінде $n = 0$ және сәйкесінше, $E = 0$. Зәкір тоғы

$$I_R = U / R_R \quad (70)$$

мол, себебі оның R_R қарсыласуы аз.

Тұрақты тоқ қозғалтқышының қосылу тоғы зәкір тоғының номиналды мәнінен 20-50 есе асуы мүмкін, ол оның жұмыс беріктігіне кері әсерін тигізуі мүмкін – коллектордың ұшқындауы артады, зәкір орауы қызады және оның изолРциRсы бұзылады. Сондықтан қозғалтқыштың дұрыс қосылуы үшін зәкір орауымен тізбектес қосылатын арнайы қосылу реостаттары қолданылады.

Бұл жағдайда зәкір тоғы

$$4 = u / (RR + R_{п.р}), \quad (71)$$

мұндағы $R_{п.р}$ — қосылу реостатының қарсыласуы.

Зәкір айналысқа түскеннен кейін, оның орауында ЭҚК индукцияланады және тоқ үшін көрініс келесідей түрде болады

$$4 = (U - ER) / (RR + R_{п.р}). \quad (72)$$

ЭҚК әсерінен тоқ аза R ды, соның арқасында қозғалтқыштың екпіні шамасы бойынша $R_{п.р}$ қарсыласуын нөлге дейін азайтуға болады. Зәкір орауы тізбегінен қосылу реостатының қарсыласуын шығарудан кейін

$$4 = (U - ER) / RR = (U - c_e \Phi u) / RR. \quad (73)$$

Қозғалтқыштың негізгі параметрлері ретінде n айналыс жиілігі мен $M_{вр}$ даму сәті саналады. Айналыс жиілігі үшін көріністі (73)-тен алуға болады:

$$n = (U - 4RR) / (c_e \Phi) = u / (c_e \Phi) - (RR / (c_e \Phi)) 4 = n_0 - A_n, \quad (74)$$

мұндағы $n_0 = U / (c_e \Phi)$ — бос жүрістегі номиналды жылдамдық; $A_n = (RR / (c_e \Phi)) 4$ — қозғалтқышқа жүктемені арттыруда айналыс жиілігін азайту.

(74) көріністен тұрақты тоқ қозғалтқышының айналыс жиілігін келесі өзгерістер арқылы реттеу болатыны байқалады:

U келтірілетін кернеу; тізбекте зәкірдің қарсыласуы;

Φ магниттік ағынның, $R_{гн}$ и 4 қозу тоғының өзгеруі есебінен.

Параллель козумен қозғалтқыш кең қолданысқа ие. Мұндай қозғалтқыштың жиілігінің өзгеруінің оңтайлы нұсқасы U келтірілген кернеудің өзгеруі саналады. Бұл жағдайда айналыс жиілігін номиналдықтан (қуаттың номиналды кернеуі) аз жағына, тіпті нөлге дейін өзгертуге болады. Зәкірдің орауыш тізбегіне қосымша қарсыласуды енгізу арқылы айналыс жиілігін реттеу

сол сирқты тиімді, бірақ үнемдік жағынан аз, себебі қосымша қарсыласуда едәуір қуат кетеді. Айналыс жиілігін I_6 қозу тоғының өзгеруі арқылы реттеу номиналдыдан және біршама диапазонда үлкен жағына ғана жасауға болады, себебі $I_{едәуір}$ азаюында қозғалтқыш «таралып», оның механикалық беріктігі бұзылады.

Тұрақты ток қозғалтқышының маңызды қасиеті – өзінің айналыс жиілігін нөлден номиналды шамаға дейін өзгерту қасиеті – оны транспорттық құрылғылардың (трамвай, троллейбус, электропоезд, электрокара және т.б.) негізгі приводтың қозғалтқышы етті.

(68) есебімен (74) теңдеуден параллель қоздырғышпен тұрақты ток қозғалтқышының *механикалық сипаттамасын* анықтау үшін көрініс алынды – қозғалтқыш белдігінде M_H жүктемесі сәтінен n айналыс жиілігіне тәуелдігі:

$$n = n_0 - N_0 / (C_e C_M \Phi^2) M_H. \quad (75)$$

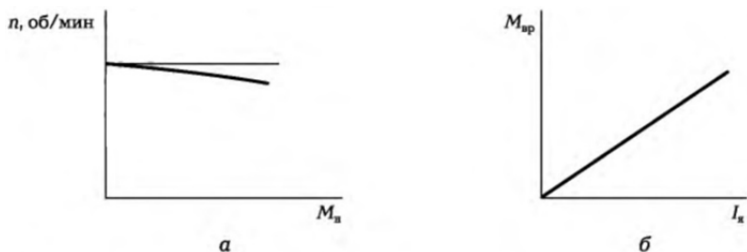
R_R аз болғандықтан, көріністің (75) екінші құрамдас бөлігі көп емес және параллель қоздырғышпен қозғалтқыш «қатты» механикалық сипаттамаға ие, $R_{ғни}$ белдікте жүктеменің артуында айналыс жиілігі кішкене ғана азарды (Т.40, а-сурет).

Қозғалтқыштың басқа маңызды сипаттамасы ретінде оның моменттік сипаттамасы саналады – көрініспен (68) анықталатын I_R зәкір тоғынан $M_{вр}$ дамитын электромагнитті моменттің тәуелдігі.

Φ тұрақты магнитті ағында (I_6 қозудың өзгермейтін тоғы) параллель қозумен қозғалтқыш үшін моменттік сипаттама тура линиРдан (Т.40, б) тұрады, $R_{ғни}$ белдіктегі жүктеме неғұрлым көп болса, зәкір тоғы мен дамитын электроқозғалтқыш моменті де соғұрлым көп болады.

Қозғалтқыштың $M_{вр}$, $H \cdot m$ белдіктегі моменті мен n айналыс жиілігін, об/мин, біле тұра P_2 , Вт, пайдалы қуат пен p қозғалтқышының пайдалы әсер коэффициентін анықтауға болады:

$$P_2 = 0,105 M_{вр} n; \quad (76)$$



Т.40-сурет. Тұрақты ток қозғалтқышының сипаттамасы:

a — механикалық; b — моменттік

$$P = P_2/P_1 = P_2/UI, \quad (77)$$

мұндағы $P_1 = UI$ — қозғалтқышпен тұтынылатын электр қуаты, Вт.

Тұрақты ток қозғалтқышының айналу бағытын қалай өзгертуге болады? (68) көріністе айналу сәтінің бағыты Φ магниттік ағын бағытымен немесе $1R$ зәкір орауындағы токтың бағытымен анықталады делінеді. Егер келтірілетін кернеудің $\cos \phi$ рлығын өзгертсе, магниттік ағын мен токтың бағыты да өзгереді, ал ол айналыс сәтінің бағытының өзгертілмеуіне алып келеді: $\cos(\Phi)(-1R) = \cos \Phi 1R$. Демек, не зәкір айналысының бағытының өзгертуі үшін Φ магниттік ағын бағытын, $R_{\text{ғни}}$ $1R$ қозу тоғының бағытын өзгерту керек, не $1R$ зәкір орауында ток бағытын өзгерту керек. Ол шунт (параллель қозу) немесе зәкір орауы, оның ішінде ораудың қосылатын шектерінің өзгеруі (Ш1 Ш2 —мен өзгерту, R_1 R_2 -мен өзгерту) көмегімен жүзеге асырылады.

АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШ (№ 20 зертханалық-тәжірибелік жұмыста)

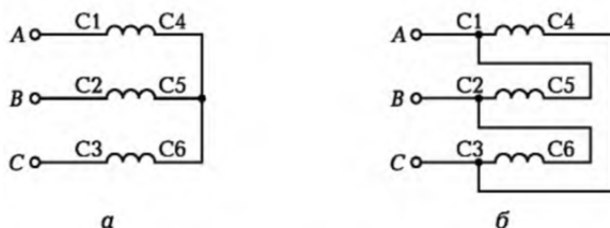
Асинхронды машиналар айнымалы ток машиналарына жатады, олар синусоидалды токпен қуаттанады және айнымалық ток энергиясын механикалық энергияға алмастырады, $R_{\text{ғни}}$ олар қозғалтқыш ретінде қолданылады. Асинхронды қозғалтқыштар өнеркәсіпте (металлкесуші білдек, сорғыш, желдеткіш, көтеру механизмдері) және тұрмыста (кір жуу машинасы, тоңазытқыштар, электр құралдары) жетек қозғалтқыштардың негізгі типі болып табылады.

Қуат көзінің типіне байланысты асинхронды қозғалтқыштар үшфазалық және бірфазалық болады. Үшфазалық машиналар көбінесе өндірісте қолданылса, бірфазалық – тұрмыста.

Асинхронды қозғалтқыш барлық электр машиналары ішінен ең оңай конструктивті орындауға ие және екі негізгі түйіннен тұрады – қозғалмайтын статор мен айналмалы ротор.

Статорды ішкі кеңістікке жікпен бос цилиндр түрінде жасайды. Жікке изоляцияланған сымнан жасалған орау төсейді. Статорды жұқа штампталған бір-бірінен электрлі изоляцияланған

ферромагнитті материалдан жасалған пластинадан әзірлейді. Ол гистерезиске пен құйын тоғына магнитік шығынды азайтуға мүмкіндік туғызады.



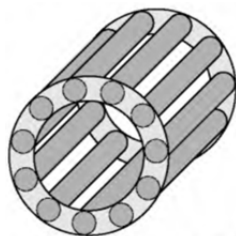
Т.41-сурет. Үшфазалық асинхронды қозғалтқыштың статорын «жұлдызбен» (а) және «үшбұрышпен» (б) қосып орау сызбалары

Статор жіктерінде жатқызылған өткізгіштер осьтері кеңістікте 120° -қа жылжыған (үшфазалық машиналар) үш орауда бірігеді немесе кеңістікте 90° -қа жылжыған (бірфазалық машиналар) екі орауда бірігеді. Үшфазалық ораулар үшін фаза бастауларын С1, С2, С3 деп белгілеп, ал аRғын - С4, С5, С6. Үшфазалық машина орауы «жұлдызбен» немесе «үшбұрышпен» қосылуы мүмкін. Фазаны «жұлдызбен» қосқанда С4, С5, С6 аRқтарын бірге біріктіреді, ал С1, С2, С3 фаза бастауларын А, В, С (Т.41, а-сурет) линиRлық сымдарға қосады. Фазаны «үшбұрышпен» қосуда С1 бастауын С5 аRғымен біріктіреді, С2-ні - С6-мен және С-3-ті – С4-пен. Пайда болған түйіндік нүктелерді линиRлық сымдарға қосады (Т.41, б-сурет).

Асинхронды қозғалтқыш роторын жеке ферромагнитті пластиналардан тұтас цилиндр түрінде жасайды. Оның орау салынатын сыртқы кеңістікте жіктері бар. Ротор орауы қысқа тұйықты немесе фазалық болуы мүмкін.

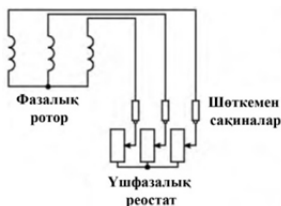
Қысқы тұйықты орауды (Т.42-сурет) дөңбекпен сақиналармен (тиін үйшігі) қысқатұйықтағышы бар алюминиймен ротор жігінің құйындысымен жасайды.

Фазалық орауды «жұлдызбен» қосылған үш фаза түрінде изолиRциоланған сыммен жатқызады. Фаза бастауын ротор осінде орналасқан (Т.43-сурет) үш байланыс сақинасына қосады. Ротор орауының ЭТ-ға қосылуы корпуста орналасқан және ротор айналысында сақинада сырғанайтын байланыс шөткелері көмегімен жүзеге



асырылады.

Т.42-сурет. Асинхронды қозғалтқыш роторының қысқатұйықтауыш орауы



Т.43-сурет. Асинхронды қозғалтқыш роторының фазалық орауышының қосылу сызбасы

Кез келген электр машинасы $\sin R$ қты, асинхронды қозғалтқыш жұмысының негізіне де электромагнитті индукция мен электромагнитті күш заңдары жатқызылған. Кеңістікте 120° -қа жылжыған статорды үш орауына фаза бойынша 120° -қа жылжыған үш кернеуді келтірсе, онда статорда айналмалы магниттік өріс жасалады. Оның синхрондық деп аталатын n_1 айналыс жиілігі келесі қатынас бойынша анықталады

$$n_1 = 60^\circ / p, \quad (78)$$

мұндағы f_1 — статор орауында келтірілген айнымалы кернеу жиілігі; p — статордағы полюс жұбының саны.

$f = 50$ Гц өнеркәсіптің жиілікте және полюстің бір жұбында ($p = 1$) айналыстың максималды синхрондық жиілігі $n_1 = 3000$ об/мин болады. Статордың айнымалы магниттік өрісі, қозғалмайтын ротор орауын қиып өтіп, оған ЭҚК келтіреді (электромагнитті индукция заңына сәйкес). Қозғалмайтын ротор фазасындағы ЭҚК мәні

$$E_2 = 4,44 k_2 f_2 w_2 \Phi_m, \quad (79)$$

мұндағы k_2 — орау коэффициенті; f_2 — ротордағы (f_1 тең) айналмалы ЭҚК жиілігі; w_2 — ротор фазасындағы айналым саны; Φ_m — фазаның магниттік амплитудасы.

Қысқатұйықталғыш (ҚТ) ротормен асинхронды қозғалтқышта (АҚ) ораулар дөңбек бойынша сақинамен тұйықталғандықтан, E_2 ЭҚК әсерінен I_2 ротор тоғы пайда болады. Енді электромагнитті күш заңы (Ампер заңы) бойынша айналмалы магниттік өріс айналмалы момент жасай отырып, тоғы бар сымға әсер ете бастайды

$$M_{вр} = C_M \Phi^2. \quad (80)$$

Осы момент әсерінен ротор өріс айналысы бағытында оған жетіп алуға тырысып, айналады. Алайда n_1 синхронды жиілікпен айналатын магниттік өріске ротор жете алмайды, себебі, кері жағдайда, магниттік өріс ротор орауын қиып өтуді тоқтатады, оның ЭҚК келтірмейді, $R_{ғни}$ ротор орауында тоқ болмайды, демек айналыс моменті де болмайды деген сөз. Сәйкесінше, ротор әрдайым синхрондық жиілігінен аз жиілікпен айналады. Осы жақтан асинхронды (синхрондық емес) қозғалтқыш атауы шығады. $n < n_1$ жиілікпен ротор айналысында ол n_1 - n жиілікпен өріске қатысты «сырғанайды». (78) көріністен ЭҚК жиілігі айналмалы роторда екендігі байқалады

$$f_{2s} = (n_1 - n)p/60 = (n_1 - n)f_1/n_1 = f_1 S, \quad (81)$$

мұндағы $S = (n_1 - n)/n_1$ — ротордың сырғуы.

Қозғалмайтын ротор үшін $S = 1$ және $f_2 = f_1$. $S = 0$ $f_{2s} = 0$, т.е. B роторда айнымалы ЭҚК индукцияланбайды.

(79) көрсеткіштен ЭҚК айналмалы роторда екендігі көрінеді

$$E_{2s} = 4,44 * 2 \quad = 4,44 * 2 \wedge \Phi^* = \wedge S. \quad (82)$$

АҚ үшін сырғу шамасы әдетте көп болмайды және 1-ден 5%-ға дейін шекте болады. Сәйкесінше, тіпті ең нашар жағдайда ($S = 0,05$) ротордың айналу жиілігі

$$n = 60 f_1 (1 - S)/p = 3\,000 - 0,95 = 2\,850 \text{ об/мин}, \quad (83)$$

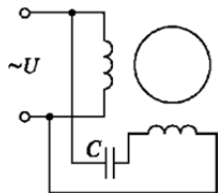
$R_{ғни}$ синхрондыққа едәуір жақын.

Ротор белдігіне жүктеме түскенде оның айналыс жиілігі төмендеп, сырғу артылады, ротордағы ЭҚК көбейіп, ротор тоғы өседі, жүктеменің артылуын компенсациялайтын электромагнитті момент артылады. Алайда ҚТ ротормен АҚ айтарлықтай «қатты» механикалық (аз өзегеретін) $n = f(M_Q)$ сипаттамаға ие, ол оның жетек қозғалтқыш ретінде қолданылуын шарттады.

(83) көрсеткішке сәйкес АҚ айналыс жиілігін реттеу f_1 қуаттанатын кернеу мен p полюстер жұптары саны, S сырғудың өзгеруі арқылы мүмкін болады. Полюстер жұп сандарын алмастыру айналымының жиілігін реттеу көп қолданылады. Бұл мүмкіндікке бірнеше полюстер жұбына ие көпжылдамдықты деп аталатын машиналар ие. Соңғы кезде арнайы электронды қайта жасаушылар арқылы f_1 жиіліктің өзгеруі арқылы айналыс жиілігін

реттеуді қолдану пайда болды.

Тұрмыста үшфазалық сиРқты принцип бойынша жұмыс істейтін бірфазалық АҚ пайдаланылады. Екеуінің айрмашылығы - бірфазалық АҚ статорында үш емес, 90° -қа жылжыған және бір-біріне қатысты фаза бойынша 90° -қа жылжытын токтармен қуаттанатын екі орауыштан тұратындығында ғана.



Т.44-сурет. Бірфазалық конденсаторлық қозғалтқыш сызбасы

Бірфазалық қозғалтқыш статорына бифазалық кернеу келтірілетіндіктен, ораудағы фазаны жылжыту үшін қосымша құрылғылар қолданылады. Олардың ішіндегі ең жеңілі сол орауыштардың бірімен тізбектес қосылатын конденсатор (Т.44-сурет.) болып саналады. Ол фаза бойынша ораудағы токты жылжытуға, сәйкесінше, магниттік ағынды 90° -ға жылжытуға мүмкіндік береді. Мұндай конструкциялы машиналар конденсаторлық қозғалтқыш атауына ие болды. Әдетте, олар тұрмыста қолданылады.

Ротор айналысының бағыты магниттік өріс айналысы бағытымен анықталады, $R_{\text{ғни}}$ фазалардың ауысуы ретімен (фазалардың ауысуының тура реті - A, B, C) айқындалады. Бұл жақтан ротор(реверс) айналысы бағытын өзгерту үшін фазалардың алмасуы ретін өзгерту керек, ол үшін кез-келген екі фаза бастамасының орнын ауыстыру керек екендігі мәлім. Фазалардың қайта алмасу реті (мысалы, A, C, B) ротордың кері бағытта айналуына әкеліп соғады.

Тұрақты ток машинасына қарағанда, қозғалмайтын роторда қосылу тоғы номиналдыдан 20-50 еседан асуы мүмкін, ал АҚ үшін бұл қатынас 4...7-ге тең, себебі статор орауының қосылу тоғын шектейтін айнымалы токта едәуір индукциялық қарсыласуы бар. Бұл, әдетте, қосылуда қиыншылық туғызбайды. Тек жобалау кезінде статор орауы сымына қиысты көбейтіп, токтың қысқымерзімді өсуін ескеру керек. Осының арқасында ҚТ ротормен АҚ әдетте айнымалы кернеу көзіне тура қосуды іске асырады. Фазалық ротормен АҚ-да қосылу токты байланыс сақинасы арқылы ротор орауына үшфазалық реостатты қосу

арқылы (Т.43-сурет) азайтады. Ол ротор тоғын азайтады, сәйкесінше, статор тоғын берілген шамаға дейін де азайтады.

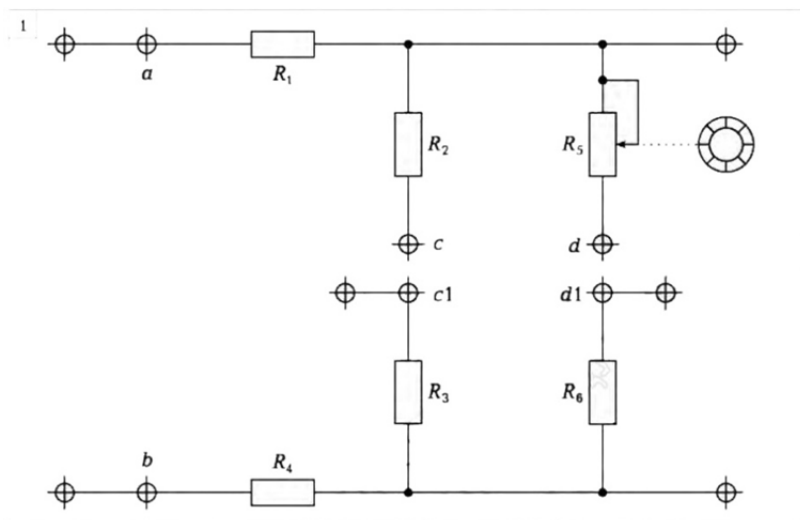
Біршама қуатты үшфазалық АҚ-ны бір уақытта қосу жүйеге әсер етеді, қосылу барысында номиналды кернеу азаяды. Ол басқа тұтынушылар жұмысына кесірін тигізеді.

Мұндай көріністің алдын алу үшін қозғалтқыш қосылуы статорлық орауларды «жұлдызды» біріктіруден «үшбұрышқа» алмастыру арқылы жүзеге асырылады. Номиналды режимде қозғалтқыш «үшбұрышпен» қосылуға есептеледі. Линиялық кернеуде 380 В, ол жоғары фазалық кернеу (380В), үлкен фазалық тоқ мен тұтынылатын, сәйкесінше дамидын қуатты қамтамасыз етеді.

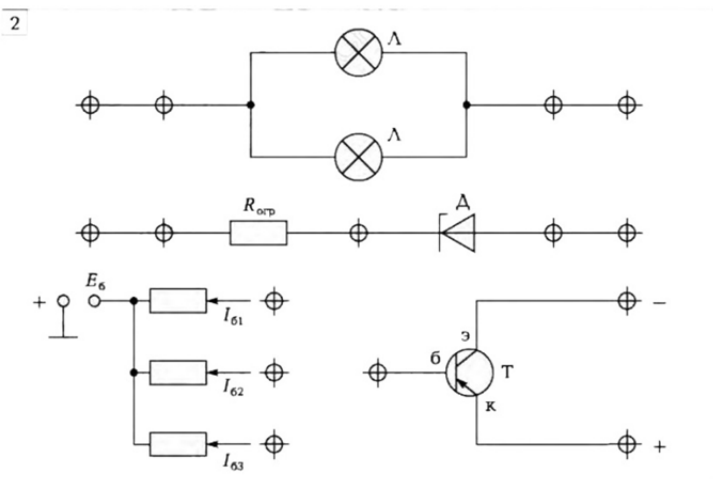
Егер сол линиялық кернеуде ораулар «жұлдызбен» қосылса, онда фазалық кернеу 220 В ғана болады. Сәйкесінше тұтынылатын тоқ та аз және «үшбұрышпен» қосылуға қарағанда тұтынылатын қуат та 3 есе аз болады.

Қосымша

№ 1 — 9 стендік панель тақтасының жалпы түрі

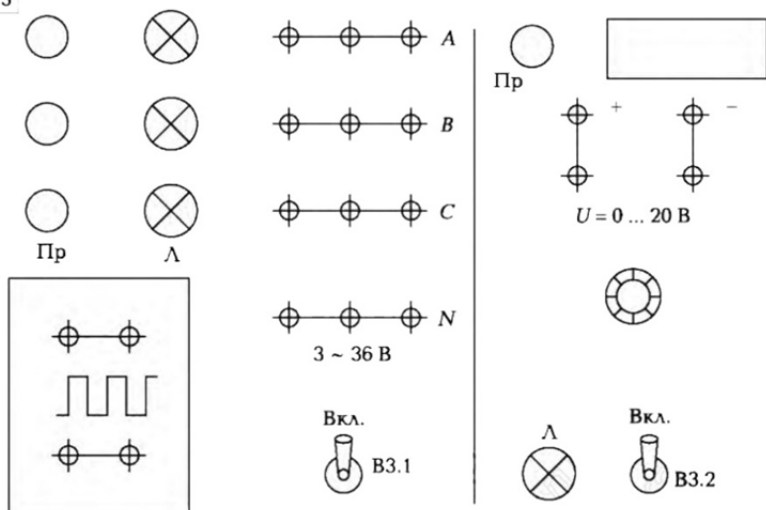


П.41-сурет. № 1 тақта — резисторлардың тізбекті, параллель және аралас қосылуларымен ЭТ құрастыру үшін, сонымен қатар, электроөлшеуіш құралдарымен танысу үшін қолданылады



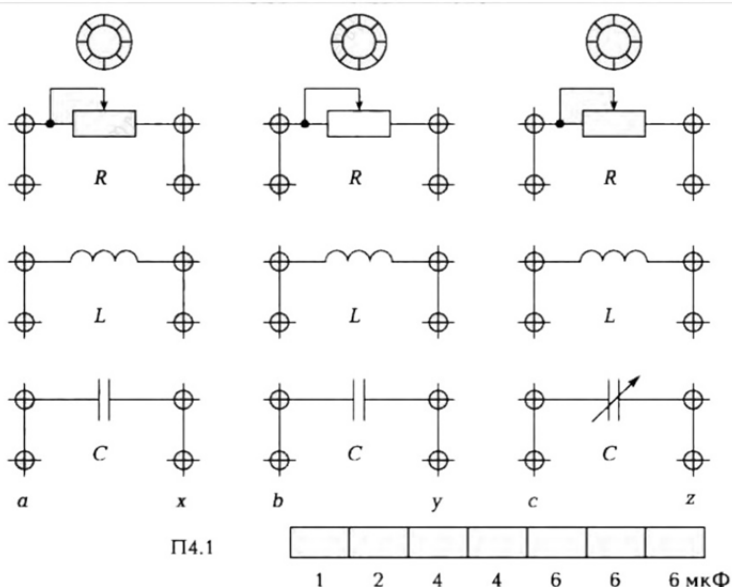
П.2-сурет. № 2 тақта — линейкалық емес элементтерді зерттеу үшін қолданылады

3



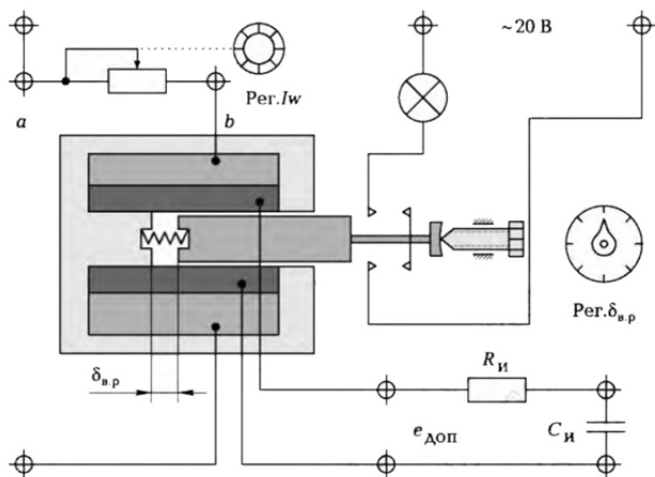
П.3-сурет. № 3 тақта — 36 В кернеумен үшфазалық токтың қуат көзі мен 0...20В реттелетін кернеумен тұрақты ток қуат көзі

4



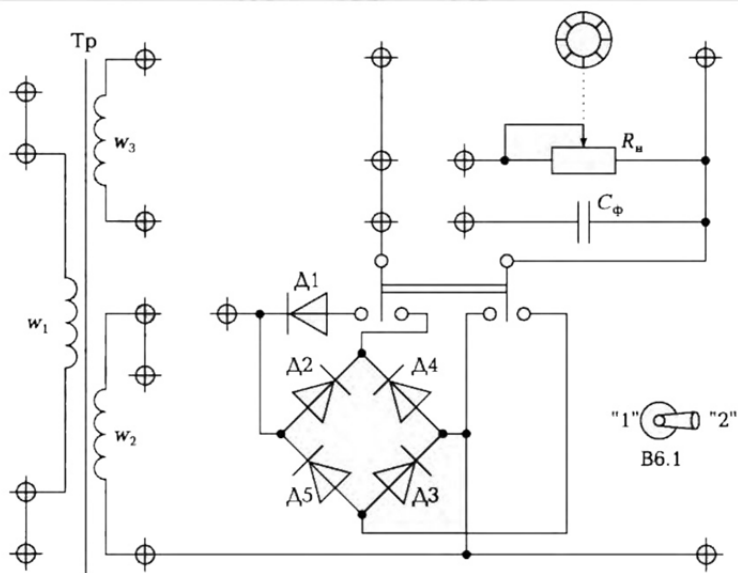
П.4-сурет. № 4 тақта — айнымалы токтың электр тізбегін сынау үшін қолданылады, оның ішінде үшфазалық.

5



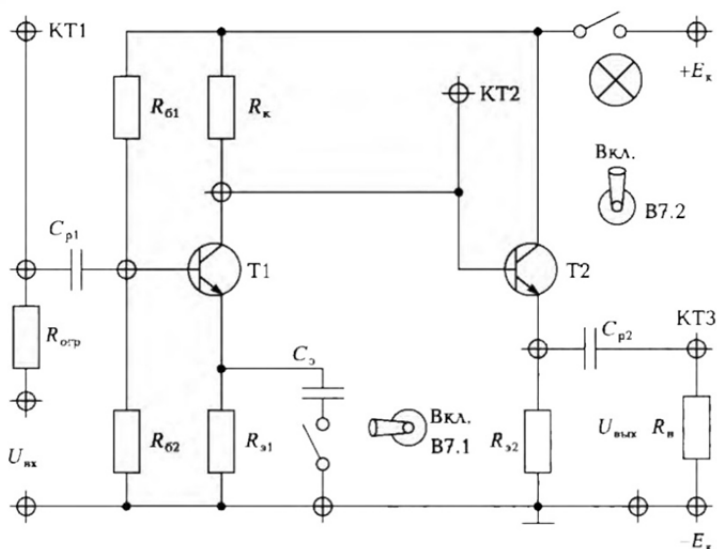
П.5-сурет. № 5 такта — тұрақты және айнымалы токта магниттік тізбекті сынау үшін пайдаланылады.

6



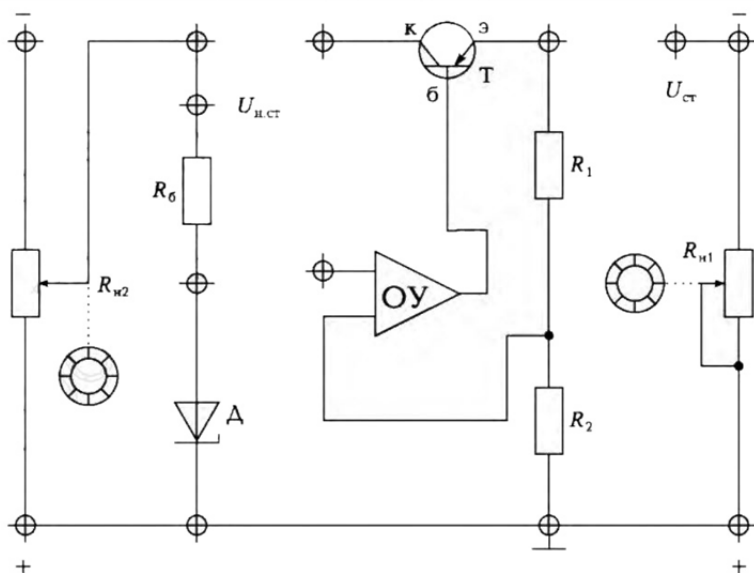
П.6-сурет. № 6 такта — трансформатор мен түзеткішты сынау үшін пайдаланылады.

7

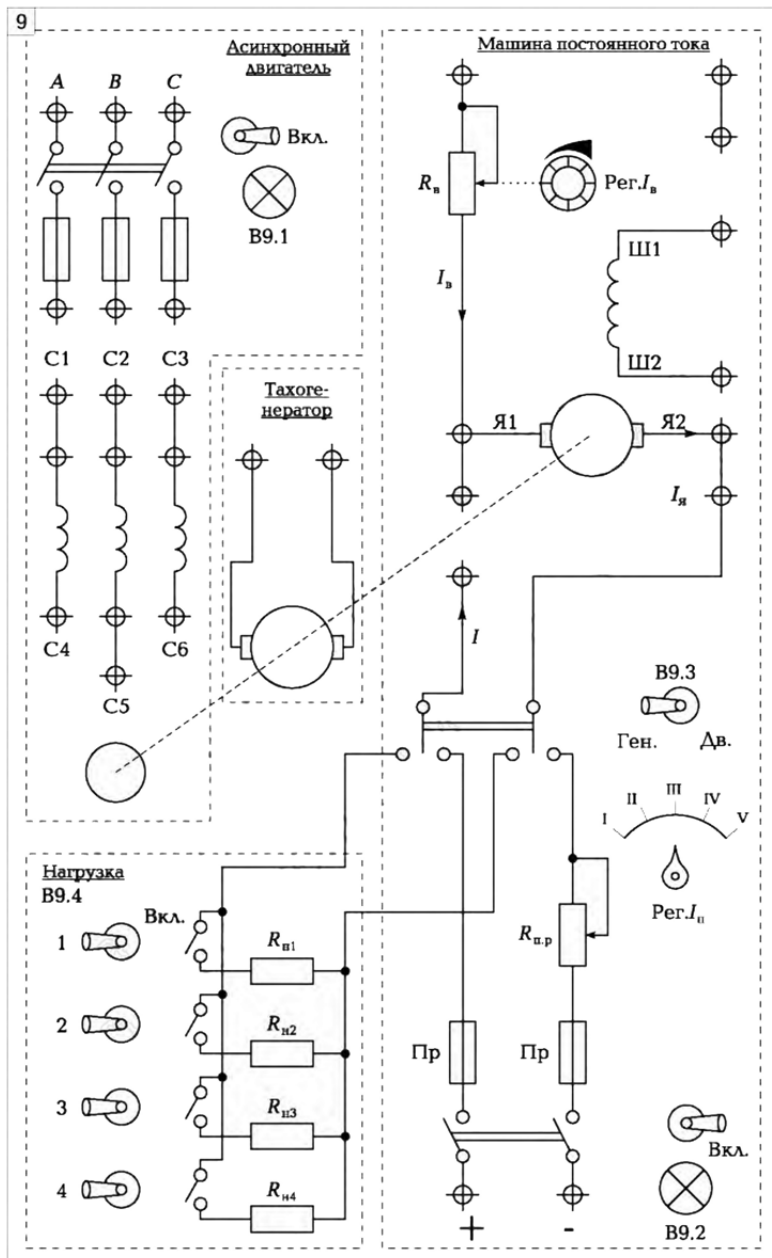


П.7-сурет. №7 тақта — шала өткізгіш күшейткішті сынау үшін пайдаланылады

8



П.8-сурет. №8 тақта — кернеу стабилизаторын сынау үшін пайдаланылады



П.9-сурет. № 9 такта — электр машинасын басқару үшін пайдаланылады

1. *Касаткин А. С.* Основы электротехники: Орташа кәсіби-техникалық училищелерге арналған оқу құралы. — М.: Жоғарғы мектеп., 1986.
2. *Китаев В. Е.* Электротехника с основами промышленной электроники: Кәсіби-техникалық училищелерге арналған кітап. — М.: Жоғарғы мектеп., 1985.
3. *Лихачев В.Л.* Электротехника: Анықтамалық. — Т. 1. — М.: СОЛОН-Р, 2001.
4. *Новиков П.Н., Кауфман В.Р.* Задачник по электротехнике с основами промышленной электроники. — М.: Жоғарғы мектеп, 1985.
5. *Прошин В. М.* Лабораторно-практические работы по электротехнике: Жұмыс дәптері. — М.: «АкадемиR» баспа орталығы; 2010.
6. *Прошин В. М.* Электротехника: Кәсіби білімді бастаушыларға арналған кітап.— М.: «АкадемиR» баспа орталығы, 2010.
7. *Прошин В. М., Ррочкина Г.В.* Задачник по электротехнике. — М.:«АкадемиR» баспа орталығы, 2010.
8. *Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю.* Техническое обслуживание, ремонт электрооборудованиR и сетей промышленных предприРтий. — М.: «АкадемиR» баспа орталығы, 2000.
9. Электротехника: Кәсіби-техникалық училищелерге арналған кітап / А.Р.Шихин, Н.М.Белюсова, Ю.Х.ПухлРков және басқалары.; А.Р.Шихин ред. — М.: Жоғарғы мектеп, 1991.
10. Электротехника и электроника: Орташа кәсіби-техникалық білімге арналған кітап / Б.И.Петленко, Ю.М.Иньков, А.В.Крашенинников және басқалары.; Б.И.Петленко ред.. — М.: «АкадемиR» баспа орталығы, 2003.
11. *Ррочкина Г.В., ВолодарскаR А.А.* Электротехника. — М.: «АкадемиR» баспа орталығы, 1998.

Алғысөз	4
Кіріспе	6

I бөлім

ЭЛЕКТРЛІК ЖӘНЕ МАГНИТТІК ТІЗБЕКТЕР

№ 1 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (II, III, IV)	13
Негізгі электромеханикалық өлшеу құралдары мен электрлік өлшеу әдістерімен танысу	13
№ 2 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (II)	17
Электр энергиясы қабылдағыштарын тізбекті біріктірумен тұрақты токтың линиялық электр тізбегі	17
№ 3 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (III, IV)	23
Электр энергиясы қабылдағыштарын аралас тізбекті біріктірумен тұрақты токтың линиялық электр тізбегі	23
№ 4 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (IV)	28
Тұрақты токтың линиялық емес электр тізбегі	28
№ 5 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (II, III, IV)	34
Синусоидалды кернеу мен токта индукциялық орауыш пен конденсатордың тізбекті бірігуі	34
№ 6 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (IV)	41
Синусоидалды кернеу мен токта индукциялық орауыш пен конденсатордың параллель бірігуі	41
№ 7 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (III)	48
«Жұлдызбен» қосылған бірфазалық қабылдағыштардың белсенді жүктемесінде үшфазалық электр тізбегі	48
№ 8 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (III қос., IV)	56
«Жұлдызбен» қосылған бірфазалық қабылдағыштардың реактивті жүктемесінде үшфазалық электр тізбегі	56
№ 9 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (III)	62
«Үшбұрышпен» қосылған бірфазалық қабылдағыштардың белсенді жүктемесінде үшфазалық электр тізбегі	62
№ 10 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (IV)	68
«Үшбұрышпен» қосылған бірфазалық қабылдағыштардың реактивті жүктемесінде үшфазалық электр тізбегі	68

№ 11 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (IV)	74
Тұрақты тоқтағы магниттік тізбек	74
№ 12 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (III)	81
Айнымалы тоқтағы магниттік тізбек	81

II бөлім

ЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ

№ 13 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (III доп., IV доп)	87
Электрондық өлшеу аппаратурасын зерттеу	87
№ 14 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (II, III, IV)	92
Түзеткіштер	92
№ 15 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (III, IV)	98
Екікасадты шала өткізгіш күшейткіш	98
№ 16 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (IV доп)	104
Стабилизаторы постоперационного напряжения	104

III бөлім

ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫ

№ 17 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (II, III, IV)	110
Бірфазалық трансформатор	110
№ 18 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (II, III, IV)	114
Тұрақты ток генераторы	114
№ 19 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (IV)	120
Тұрақты ток қозғалтқышы	120
№ 20 зертханалық-тәжірибелік жұмыс (II, III, IV)	126
Қысқатұйықталғыш ротормен асинхронды қозғалтқыш	126

IV бөлім

ЫС АША ТЕОРИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕР

Электромеханикалық өлшеу құралдары	
(№ 1 зертханалық-тәжірибелік жұмысына)	133
Тұрақты токтың линейлік электр тізбегі	
(№ 2 және 3 зертханалық-тәжірибелік жұмыстарына)	138
Тұрақты токтың нелинейлік емес электр тізбегі	
(№ 4 зертханалық-тәжірибелік жұмысына)	141
Айнымалы токтың линейлік электр тізбегі	
(№ 5 және 6 зертханалық-тәжірибелік жұмыстарына)	143
Үшфазалық электр тізбегі	
(№ 7,8,9,10 зертханалық-тәжірибелік жұмыстарына)	149
Магниттік тізбектер	
(№ 11,12 зертханалық-тәжірибелік жұмыстарына)	157
Электрондық өлшеу құралдары	
(№ 13 зертханалық-тәжірибелік жұмысына)	163

Түзеткіш құрылғылар	
(№ 14 зертханалық-тәжірибелік жұмысына).....	166
Шала өткізгіш күшейткіштер	
(№ 15 зертханалық-тәжірибелік жұмысына).....	170
Тұрақты кернеу стабилизаторы	
(№ 16 зертханалық-тәжірибелік жұмысына).....	175
Бірфазалық трансформатор	
(№ 17 зертханалық-тәжірибелік жұмысына).....	179
Тұрақты тоқ генераторы	
(№ 18 зертханалық-тәжірибелік жұмысына).....	182
Тұрақты тоқ қозғалтқышы	
(№ 19 зертханалық-тәжірибелік жұмысына).....	186
Асинхронды қозғалтқыш	
(№ 20 зертханалық-тәжірибелік жұмысына).....	190
Қосымша	
№ 1 — 9 стендік панель тақтасының жалпы түрі	196
Әдебиет тізімі	201

Прошин Владимир Михайлович

**Электротехника бойынша
зертханалық-тәжірибелік жұмыстар
Оқу құралы**

8-басылым, стереотипті

Редактор *Е. М. Зубкович, Мауленова Б.Ж.*
Техникалық редактор *О. Н. Крайнова*
Компьютерлік беттеу: *Г. Ю. Никитина*
Корректорлар *А. П. Сизова, И. А. Ермакова*

Бас. № 108106945. 30.04.2014 Теруге берілген. Формат 60х90/16.
Гарнитура «Балтика». № 1 офс. қағаз. Офсетті теру. Шартты теру қ. 13,0.
Тираж 2 000 экз. Тапсырыс №

ЖШҚ «АкадемиR» баспа орталығы. www.academia-moscow.ru,
129085, Мәскеу, Мира даңғылы, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

29.04.2014 шығарылған № РОСС RU. АЕ51. Н16591 санитарлық-эпидемиРлық қорытынды
ОАО «Саратовский полиграфкомбинат» баспасымен ұсынылған электрондық таратушымен
басылып шығарылды. www.sarpk.ru410004, Саратов қ., Чернышевский көш., 59.