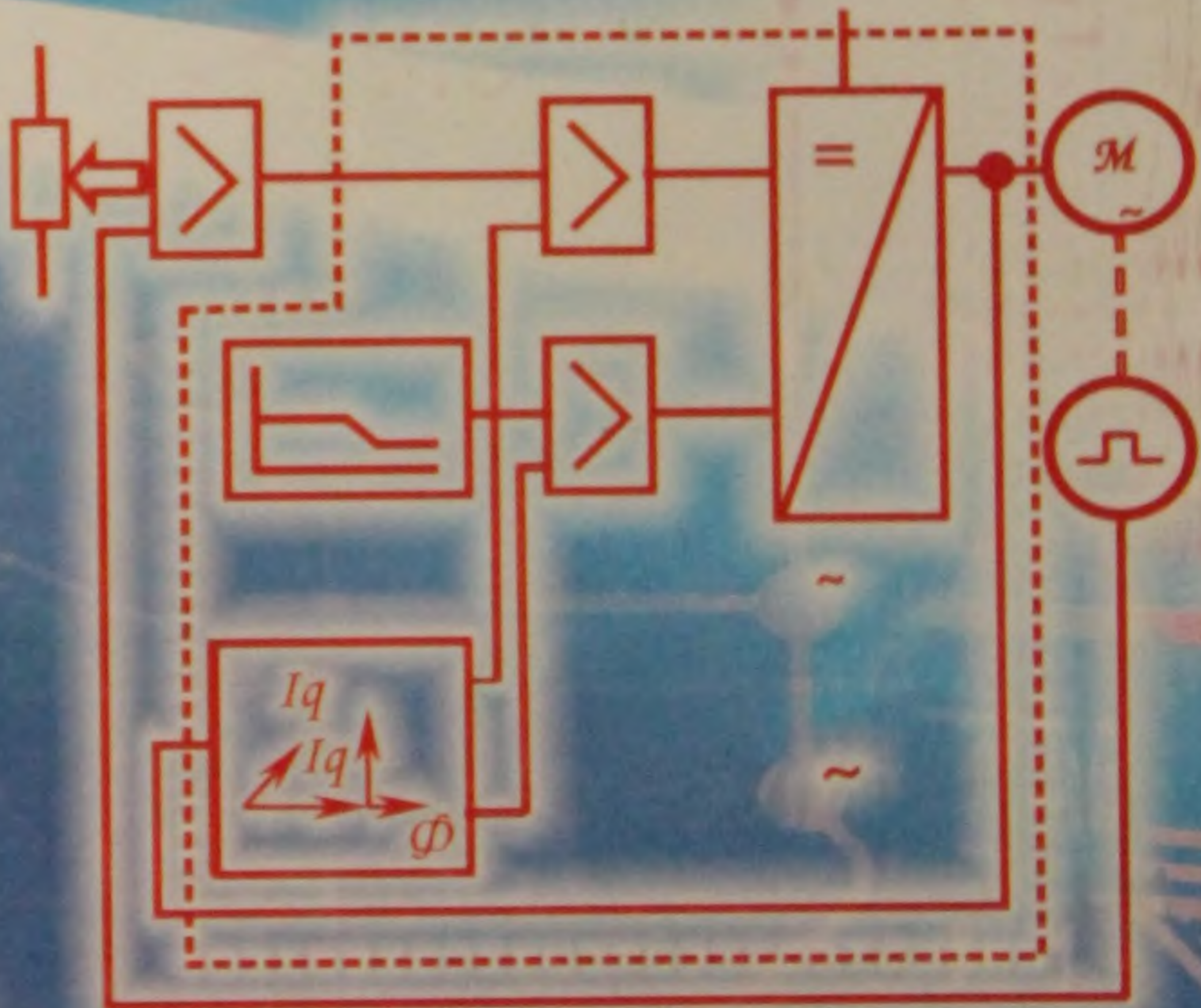


62-8

T77

Ы. ТУҒАНБАЕВ

АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІ

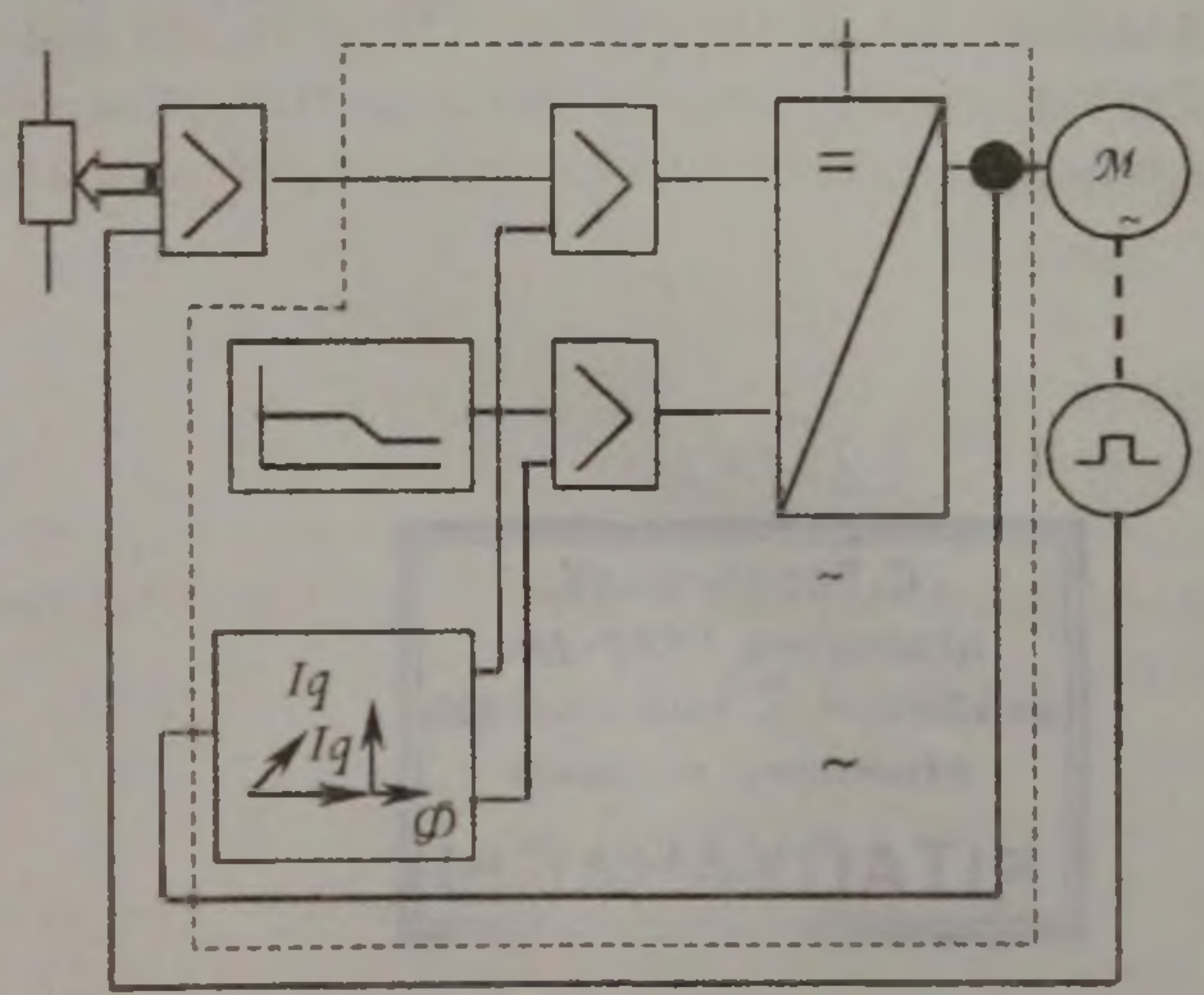


62-8
T77

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Ы. ТУҒАНБАЕВ

АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІ



С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР ШЕЖАРАСЫНДАҒЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ УНИВЕРСИТЕТІ

С. БЕЙСЕМБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҒЫЛЫМИ КІТАПХАНА
ОҚУ ЗАЛЫ

ЧИТАЛЬНИЙ ЗАЛ
НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА ИМ. С. БЕЙСЕМБАЕВА

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА

АЛМАТЫ-2004

62-83(075)

ББК 31.291

УДК..621.34.001.2

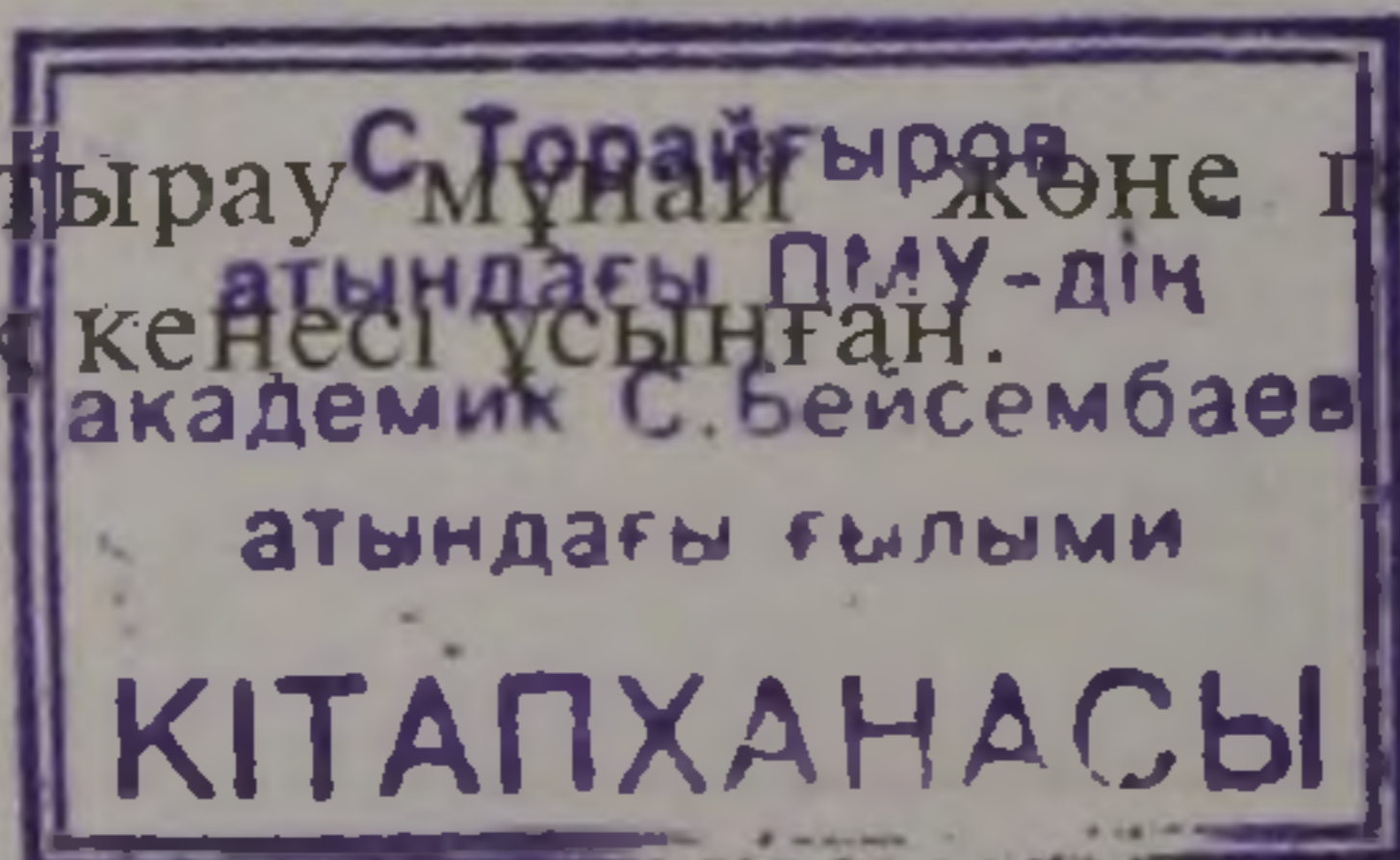
Автоматтандырылған электржетегі /оқулық/. Ы. Туғанбаев.
Алматы. Республикалық баспа кабинеті. 2004 ж. 280 бет.

ISBN 5-8380-1380-X

Оқулықта автоматтандырылған электржетегінің негізі, олардың динамикалық және статикалық сипаттамалары, автоматты түрде басқару жүйелері қамтылған. Оқулық автоматтандырылған электржетегі теориясының бағдарламасына сәйкес жазылып жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған.

522786

Баспаға Атырау мұнай және газ институтының ғылыми-әдістемелік кеңесі ұсынған.



Пікір берушілер: казак ұлттық аграрлық университетінің Ауыл шаруашылығын электр энергиясымен жабдықтау және электрлендіру кафедрасы, т.ғ.д, профессор С.А. Кешеуов

ББК 31.291

ISBN 5-8380-1380-X

© Ы. Туғанбаев

КІРІСПЕ

Өндірістік жұмыста машиналар мен механизмдердің көпшілігін электр қозғалтқыштар қозғалысқа түсіреді. Қозғалтқыштар машинаның жұмысшы мүшелерін (органдарын) қозғаушы, сол сияқты басқарушы және бақылаушы механикалық құрылғыларымен (редуктор, кривошипті-шатунды механизм т.б.) бірге жұмысшы машиналарының энергетикалық, кинематикалық және кибернетикалық негізі болатын электромеханикалық жүйені құрайды.

Бірнеше жұмысшы мүшелері немесе технологиялық түйіндес жұмысшы машиналары бір күрделірек технологиялық машинаның кешенінде (прокаттау стандалары, экскаватор, өңдеуші орталық т.б.) электрэнергиясын бөлшектеу электр жүйесі мен бірге ортақ басқару жүйелі электромеханикалық кешен (комплекс) құрайтын бірнеше электромеханикалық жүйе қолданылады.

Технологиялық амалдарда отрықты және жоғары дәлдікпен жылдам өңдеуді қамтамасыз етуге автоматты басқарылатын жоғары динамика электромеханикалық жүйе қажет болады. Технологиялық процестерді орындауға жұмсалатын материалдар мен энергияны азайтуға ұмтылу процестердің технологиялық және энергетикалық тиімділігін арттыру қажеттілігі:

Бұл да электромеханикалық жүйені жақсартуды қажет етеді.

Жұмысшы машиналардың, механизмдердің, технологиялық қондырғылардың техникалық деңгейі мен технологиялық мүмкіндігін электромеханикалық кешен мен жүйе арқылы анықтау тек ХХ ғ. ІІ-ж. аяғында мүмкін болды.

Қазіргі замандағы электротехникалық жүйені құрудың негізгі базасына қуатты электротехникалық механикалық автоматика-макроэлектроника, компьютерлік техника-жаңалықтарды пайдалану жатады. Бұл ғылымның жылдам дамитын салалары электромеханикалық жүйелер дамуының жоғары динамикалығын анықтайды.

Электромеханикалық кешендер мен жүйелерді құру автоматтандырылған электржетек пен өндірістік автоматика проблемаларымен тығыз байланысты. Өндірістің барлық салаларына арналған электромеханикалық жүйелерді құру, енгізу және пайдалану үшін мамандар дайындау, оларды өмірге енгізу 33.08 өндірістік құрылғылар мен технологиялық кешендердің электржетегі мен автоматикасы мамандығы бойынша жүргізіледі.

Бұл мамандықтың басқалардан айырмашылығы:

- жан-жақтылығы - кәсіби білім мен дағдыларды қызметтің әртүрлі саласына пайдалану мүмкіндігі;

- машина жасауды дамыту үшін алдымен автоматтандырылған жетек пен электромеханикалық жүйені мейлінше жетілдіру қажеттілігімен анықталатын маңыздылығы;

- болашағы — электромеханикалық жүйені жетілдіру ғылым мен техникадағы жаңа жетістіктерге байланыстылығында.

Автоматтандырылған электржетек соңғы онжылдықтарда қарқынды дамуда. Ол, алдымен өндірістік процестерді күшейтуге (интенсификациялауға) бағытталған машина жасау қарқынымен, оларды автоматтандыру, өндірістік өнімдердің сапалылығы тұрақтандыруға қажетті дәлдік сипаттамасын т.б. техникалық талаптарды көздеумен анықталады.

Екіншіден, электржетектің тек өндіріс орындарында ғана емес, адамдардың тұрмыс тіршілігіне қажеттілігі ауыл шаруашылығында, транспортта, медицинада және тұрмыстағы электр жабдықтар т.б. пайдаланумен, т.б. анықталады.

Үшіншіден, электр энергиясын өндіріске сандық емес сапалық түрде пайдалануда. Электр энергиясын сапалы электромеханикалық пайдалану электржетектің дамуына тікелей байланысты. Бұл арада әңгіме электр энергиясын түрлендіру кезіндегі энергияның жоғалуы туралы емес, реттеуші автоматтандырылған жетекті пайдаланып олардың электр сыйымдылығын азайту мақсатында технологиялық процестің тиімділігін арттыруда.

Екінші жағынан электржетектің дамуы қуатты және информациялау электроникасы шеңберіндегі қол жеткен табыстарға байланыста мүмкін болды. Сонымен қатар электроника техникасы алдына қойылған міндеттер қуатты жартылай (шала) өткізгіш техникасының ілгері жылжуына үлкен әсерін тигізді.

Қолдағы басқарылатын қуаты шалаөткізгіш дүниеге келуі электр-энергиясын әртүрлі формаға айналдыратын, оны пайдалануға тиімді электромеханикалық түрлендіру техникалық жетілген реттелгіш электржетектің тууына мүмкіндік берді. Микропроцессорлық және компьютерлік техникадағы қол жеткен табыстар электржетектеуді басқару жүйесінің қызмет атқаратын мүмкіндігі және элементтік негізін (базасын) кәдімгідей өзгертті.

Машина жасауда және т.б. облыстардағы техникалық процестерді үдеу қарқыны техникалық жабдықтардың рухани ескіргендердің пайдалану мерзімдерін қысқартып, автоматтандырылған электржетек жүйесін және элементтерді бұдан әрі дамыту міндеттерін жүктейді.

Ұсынылғалы отырған оқулық 33.08. мамандық бойынша дайындалатын инженерлерге кәсіптік білім беретін негізгі оқулық. Оқулық күндізгі және сырттай бөлімдерде оқитын студенттерге, экстернаттарға

арналған. Оның мазмұны 2000 ж. бекітілген жоғары кәсіптік білім беретін мемлекеттік стандартқа сәйкес келеді.

Бұл оқулық және 33.01.-электромеханика, 21.04.-өндірісті электрмен қамтамасыздандыру мамандықтарының студенттеріне де пайдалануға болады.

Негізгі түсініктер мен анықтамалар

Қазіргі өндіріс орындарында электржетектер және автоматтандырылған басқару жүйелерімен жабдықталған жоғары өнім беретін технологиялық машиналар мен механизмдер пайдаланылады. Шынында да механикалық қозғалысқа негізделген барлық өндірістік технология электрлендірілген, яғни, технологиялық амалдарды орындау үшін энергетикалық негіз ретінде электр энергиясын пайдаланады. Сонымен қатар электр энергиясы ауыл шаруашылығында да, адамдардың тұрмыс жағдайын анықтайтын сфералар: транспортта, медицинада, тұрмыста, т.б. пайдаланатынын айтуға болады.

Экономикасы дамыған елдердің мәліметтері бойынша энергияны электромеханикалық түрлендіруге, яғни электржетекке бүкіл өндірілетін электр энергиясының 65%-нан да көбірегі шығындалады.

Технологиялық машиналар мен агрегаттардың электр құралдар және автоматтандыру жабдықтармен қамтамасыз етілуі, механикалық бөліктерімен салыстырғанда құндылығымен де, күрделілігімен де қызмет етуші мамандардың білімділігімен де әлдеқайда қымбатқа түседі. Машиналар мен агрегаттардың электржетектің сапасы, оларды автоматтандыру дәрежесі тұтасымен алғанда жұмысшы машиналарының техникалық деңгейін анықтайды.

Жоғары айтылғандарға қарап қазіргі жұмысшы машиналарының көпшілігін біртұтас электромеханикалық жүйе ретінде қарастыруға болады. Мысал ретінде: сандық бағдарламалық басқарылатын металл кестесін станокты алуға болады.

Станок берілген бағдарлама бойынша жоғары дәлдікпен детальдарды өндеуге арналған. Егер де станокта берілген бағдарлама бойынша бірнеше операция орындалатын болса, ондай машиналарды өндеуші орталық деп атайды. Станок құрамына металл кесуді жүзеге асыратын басты қозғалыс блогы, детальдарды әртүрлі күйге түсіруші және кесуші инструменттің немесе технологиясы бойынша қажетті бағдарламаға сай өнделетін заттың дәл қозғалысын қамтамасыз ететін бір немесе бірнеше беріліс механизмдері кіреді.

Сөйтіп, қазіргі металл кесуші станок-өндеуші орталық деп негізіне дәлдігі өте жоғары автоматтандырылған электржетек алынатын, электромеханикалық құрылғылар жиынтығын атайды.

Бұл электржетектердің жұмысына бірыңғай технологиялық міндеттер біріктірілген және сандық бағдарламасымен басқаратын жүйе-есептеуші құрылғымен басқарылады.

Металл кесудің жылдамдығы, детальдарды әртүрлі күйге түсіру дәлдігі мен жылдамдығы өте жоғары болатындықтан орындалуға тиісті операцияларды қолмен басқару мүмкін емес, себебі өңдеу сапасы талапқа сай бола алмайды. Осыған байланысты металл кестесін станокты автоматтандырылған электромеханикалық жүйе ретінде қарау керек.

Станокты құрылғылардың дамуының қазіргі бағытына: конструкциясы блокты-модуль түрінде орындауға өту, механикалық берілістерді болғызбау, орын ауыстыру және кесу жылдамдықтарын арттыру жатады. Бұл бағытты жүзеге асыру электржетектердің жетекші қозғалтқыштарды шалаөткізгішті түрлендіргішпен қоректендіргенде, жоғары жылдамдықты және сызықтық болғанда ғана мүмкін. Жылдамдық артқан сайын қозғалысқа берілген параметрлерінің статикалық және динамикалық дәлдігінің жоғарылауына байланысты электржетектің автоматты реттеу жүйесіне қатаң талаптар қойылады.

Бұдан шығатын қорытынды металлөндіретін құрылғыларды жақсарту үшін алдымен осындай талап электржетектерге қойылуы керек. Осы айтылған қағиданы машина тұрғызу, электроника мен өндірістің басқа салаларында да пайдаланылатын жинақтаушы құрылғы, радиотехникалық комплекстер және басқа технологиялық машиналарға айтуға болады.

Автоматтандырылған электромеханикалық жүйеге екінші мысал ретінде бәрімізге белгілі құрылғы тік көтерілетін транспорт-жүргінші таситын лифтіні алуға болады.

Лифттың жұмысшы органы автоматы ашылып, жабылатын есігі бар кабина. Кабина электрқозғалтқыштан механикалық редуктор және арқанды беріліс арқылы қозғалысқа түседі. Қозғалтқышты басқару жүйесі берілген бұйрыққа (кабинадағы кнопканы басып) немесе шақыртуға (этаждағы шақыратын кнопканы басып) сай қозғалыстың бағытын анықтауды, орнынан біртеп барып берілген бірқалыпты жылдамдықпен қозғалуын, мезгілінде тежеп қажетті этажға тоқтауын, онан кейін автоматты түрде лифт шахтасымен кабина есігін ашып, жабуды қамтамасыз етеді.

Электрқозғалтқыш, кабинаның орнын және оның қозғалу жылдамдығын реттейтін құрылғы, редуктор, арқан жүретін шкив, тартушы арқан, кабина және оны қарсы теңестіруші жүк болып, лифт қондырғысының басты электромеханикалық жүйесін құрайды. Екінші электромеханикалық жүйеге электрқозғалтқыштан, есіктерді басқа-

ратын жүйе мен кинематикалық және механикалық буындардан тұратын есіктерді ашып, жабатын құрылғылар кіреді.

Осы электромеханикалық жүйе лифтты автоматты басқару жүйесі, егер бірнеше лифт болғанда, олардың топталған жұмысын үйлестіріп отыратын жүйесімен бірге лифттың автоматтандырылған электромеханикалық комплексін құрайды.

Үшінші мысал ретінде тұрмыстық аппараттың электромеханикалық жүйесін-автоматтандырылған кір жуатын машинаны қарастыруға болады. Машина барабанды әртүрлі жылдамдыққа айналдыратын электрқозғалтқыш, электронасос, электрлік клапандар және бағдарламамен басқарылатын аппараттан тұрады. Машина тағайындалған бағдарлама бойынша автоматты түрде кірді жуып және сығады, суды құйып, төгеді. Әртүрлі электрлік және механикалық элементтердің жұмыс бағдарланған басқарушы құрылғысымен біріктірілген. Оларды әрқайсысының жұмысын жеке түрде емес, біртұтас технологиялық операцияны орындайтын автоматтандырылған электромеханикалық жүйе ретінде қарастырады.

Мұндай мысалдарды көптеп келтіруге болады. Мұндай құрылысы күрделі, қымбат машиналарды конструкциялау, дайындау және пайдалану үшін әртүрлі техникалық білімді және квалификациясы жоғары адамдар керек.

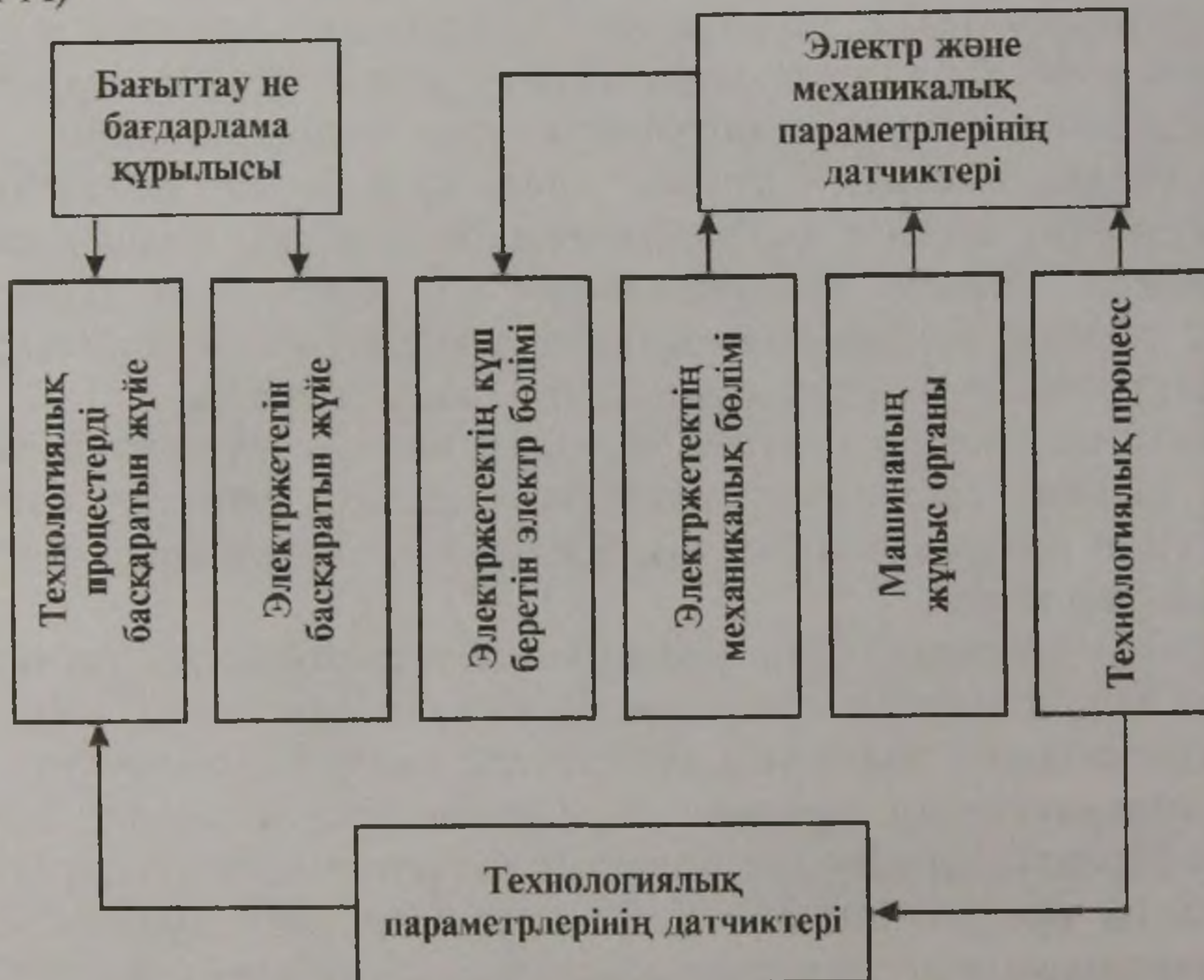
Көптеген ұғымдар, оған байланысты терминология техниканың дамуына қарай өзгеріп отырады. Ертеректе жұмысшы машиналар электрқозғалтқыш, жүргізуші, басқарушы және сыртқы әсерден қорғаушы аппараттардан тұратын. Жұмысшы машиналардың автоматтандыру дәрежесінің артуына, олардың атқаратын қызметтерінің өсуіне байланысты әртүрлі өндірістік қондырғылар үшін арнайы күрделі автоматтандырылған электрлік жүйелерді жоспарлау қажеттігі туды. Сөйтіп, "автоматтандырылған электржетек" деген ұғым пайда болды. Энергияны электромеханикалық түрлендіру, машиналардың жұмысшы органдарының қозғалысын электржетегімен басқару, электрлік және электромеханикалық процестерді өнімділігі, дәлдігі, технологиялық параметрі және үнемділігі белгілері бойынша үлестіру проблемасы үйрететін электржетек бойынша жаңа ғылыми бағыт пайда болды.

Бұл оқулықта жұмысшы машиналарын іске қосу үшін, оларды басқару үшін қажетті электромеханикалық жүйелер қарастырылады.

Электромеханикалық жүйе-электрқозғалтқыштарда, электрқозғалтқышынан машинаның жұмысшы органдарына қозғалысты жеткізетін механикалық кинематикалық буындар шалаөткізгішті түрлендіргіш құрылғы, технологиялық процестің шартына сай технология машиналардың жұмысшы органдарын іске қосатын және олардың қозғалысын басқаратын-контактылы құрылғы, микропроцессорлар, басқ-

арудың сыртқы әсерінен қорғаудың контактылы электрлік аппараттары жиынтығынан тұрады.

Автоматтандырылған электромеханикалық жүйе технологиялық процестің шартына сай жұмысшы органдарының қозғалысын тиімді (өнімділігі, өндірілген заттардың сапасы, материалды және энергияны барынша аз шығындау) басқаруды қамтамасыз ететін автоматты басқаратын құрылғымен жабдықталған электромеханикалық жүйе. Автоматтандырылған электромеханикалық жүйенің ашық схемасы. (Сурет А)



Сурет А. Автоматтандырылған электромеханикалық жүйенің структурасы.

Электржетек дегеніміз машинаның жұмысшы мүшелік қозғалысқа түсіру және ондағы технологиялық процесті басқару үшін тағайындалған электромеханикалық жүйе. Автоматтандырылған электржетектің тағы бір анықтамасын келтірейік.

Автоматтандырылған электржетек деп электр қозғағышты күшті шалаөткізгішті түрлендіргіштен, механикалық берілгі құрылғысынан, басқарушы электрлік және микроэлектронды құрылғылардан тұратын техникалық жүйені айтады. Оны атқаратын қызметі берілген технологиялық процесті жүргізу, ол процестерді басқару функциясын механикалық энергияға айналдыру. Бұл анықтамадағы кейбір жағдайларды атап айтуға болады.

Біріншіден, автоматтандырылған электржетектің негізгі атқаратын қызметінің бірі - технологиялық процесті басқару машинаның

жұмысшы органының қозғалыс параметрлерін реттеу арқылы жүргізіледі.

Екіншіден, қазіргі электржетектер электронды құрылғылармен толық қамтамасыз етілген: электр энергиясын шалаөткізгішті түрлендіргіш; автоматиканың микроэлектронды жабдықтары және микропроцессорлармен.

Сонымен қатар сыртқы әсерден қорғаудың және басқарудың кейбір қызметтерін атқаратын контактылы электр аппараттары (автоматты айырғыш, магнитті жүргізуші, реле, т.с.с.) пайдаланылады.

Үшіншіден, әңгіме электр энергиясын механикалық энергияға жалпылама түрлендіргіші туралы емес, материалды және энергетикалық ресурстарды барынша аз шығындап нақтылы технологиялық процестерді орындайтын түрлендіргіш туралы.

Автоматтандырылған электромеханикалық жүйемен автоматтандырылған электржетектің анықтамаларын салыстырып, ол түсініктердің өзара жақын, айырмашылығы жоқ екенін байқаймыз. Осыған орай, мұнан былай «автоматтандырылған электржетек» деген ұғымды пайдаланамыз.

Егер жұмысшы машинасы немесе технологиялық комплекс құрамында бірнеше автоматтандырылған электромеханикалық жүйе болса, немесе оның құрамына электр энергиясын жүйесін жеткізуші, бөлшектеуші және электр энергиясын түрлендіргіш кірсе, ондай электромеханикалық және электрлік жүйелердің жиынтығын электро-механикалық комплекс деп атайды.

Бұған кен экскаваторының жабдықтары мысал бола алады.

Экскаватор басқа қозғалмалы машиналар сияқты иілгіш кабельмен келетін 6(10) кв кернеулі электр желісінен қоректенеді. Кабель қосушы пунктке қосылады. Кернеуді экскаватор шанағына жеткізу үшін сақиналы тоқ қабылдағыш қойылады. Жоғарывольтті тізбекті жалғау және одан қорғау үшін жоғары кернеуді бөлшектеуші құрылғы қойылады, одан агрегаттың синхронды қозғалтқышы қоректенеді және басқарушы тізбекті қосымша электржетектерін, басқа да құрылғыларды қоректендіретін төмендетуші трансформаторға беріледі.

Экскаватордың негізгі қозғаушы: көтеруші, ожауды түсіруші, бұрушы және қозғалтушы электржетектер арнайы қойылған тұрақты ток генераторынан қоректенетін тұрақты ток қозғалтқышымен жүргізіледі. Бұл генераторларды, генераторлармен бірге көпмашиналы түрлендіргіш агрегат түзететін, синхронды қозғалтқыш айналдырады. Электржетектерін басқару үшін басқарушы құрылғы және машинистің орындық-пульті қойылған. Экскаватор электржетегінің механикалық бөлігіне редукторлар, барабанды-арқанды берілістер, тіреуші жетектің тиісті тіреуі және басқа элементтер кіреді.

Экскаватордың электромеханикалық комплекстің әртүрлі элементтері экскаватор ожауына түсетін салмақ, оның қозғалысының сипатына қойылатын талапқа сай конструкциялау қарастырылады. Электромеханикалық және электрлік жүйелерді біріктіретін басқарудың жалпы схемасы экскаватор жұмысындағы технологиялық процестерді тиімді жүргізу шартына сай тұрғызылады. Бұл жағдай экскаватордың әртүрлі жабдықтарын біртұтас электромеханикалық комплекс ретінде қарастыру қажеттілігі мен мүмкіндігін анықтайды.

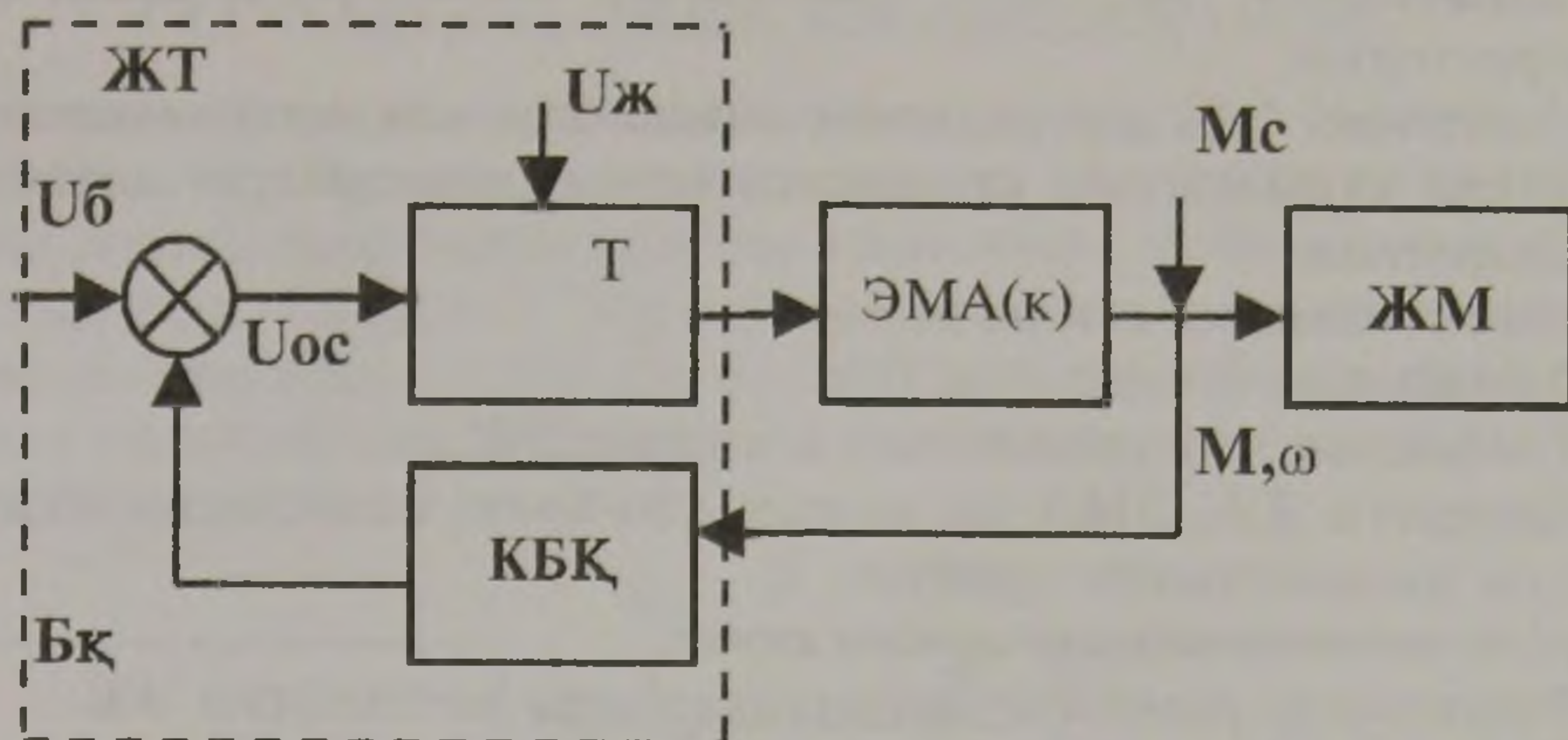
ЭЛЕКТРЖЕТЕКТЕР КЛАССИФИКАЦИЯСЫ ЖӘНЕ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕР

Электржетек деп электр энергиясын айналмалы, я болмаса ілгерілемелі қозғалыстың механикалық энергиясына айналдыруға арналған және электромеханикалық түрлендіргіш пен қозғалтқышты басқару құрылғысын қосатын электромеханикалық құрылғыны атайды.

Э.ж бір түрінің блок-схемасы В суретте келтірілген. Жалпы жағдайда электржетегі түрлендіргіштен-Т, электромеханикалық айналдырғыштан –ЭМА (К) жұмысшы механизммен-ЖМ, кері байланыс құрылғысынан КБҚ-және жинақталған тораптан-ЖТ тұрады. Т-түрлендіргіш (айналдырғыш) КБҚ кері байланыс құрылғысы, ЖТ жинақтаушы түйін. Б.Қ. басқаратын құрылғыны құрайды. ЭЖ мен БҚ түрлеріне байланысты оның басқа да элементтері болуы мүмкін. Т- түрлендіргіш атқаратын қызметі электр желісіндегі немесе басқа жиіліктегі шамасы әртүрлі кернеуді сол жиіліктегі шамасы басқа айналмалы кернеуге не тұрақты кернеуге айналдыру. Осы кернеу ЭМА (К) -қа беріледі де, оның білігінде айналдырушы момент (М) туғызып, тікелей немесе беріліс құрылғысы арқылы М-қа қарсы әсерлер моменті бар. Ж.М-жұмысшы механизмді (айналмалы не ілгерілемелі) қозғалысқа түсіреді.

К.Б.Қ (кері байланыс құрылғысы) ЭЖ-тің реттелген шамасына есеп жүргізеді, өлшеу және бақылау жүйесінің қызметін атқарады (В-суреттегі ω айналу жиілігі). Ж.Т. бастапқы керілген U_0 кернеумен ω -жылдамдықпен айналған соң немесе басқа жиіліктегі кері байланыс $U_{к.б}$ кернеуін жинақтаушының қызметін атқарады. Бастама U_0 кернеумен $U_{к.б}$ кері байланыс кернеуінің айналмалы тұрақты U_x жыынтық кернеуі түрлендіргіштің шығыстағы параметрі, анықтауға, қозғалтқыш айналу жылдамдығымен анықтайды.

В-Суретте блок-схема жиі кездесетін автоматтандырылған ЭЖ-тің структуралық схемасына сәйкес келеді. ЭЖ-тің басқа түрлерінің структурасы мұнан күрделі де, қарапайым да болуы мүмкін.



(Сурет В) ЭЖ блок схемасы

ЭЖ-тің ГОСТ-16593 сәйкес төмендегі сипаттамалары бойынша топталады: жұмысшы және орындаушы мүшелерінің санына және байланысына қарап.

1. Жеке дара, мұнда жұмысшы орындаушы мүше бір қозғалтқыш, жетекпен қозғалады.

2. Топтасқан, мұнда жұмысшы механизмдері орындаушы мүшелері немесе бір жұмысшы механизмның бірнеше органдары (мүшедегі) бір қозғалтқыштың көмегімен қозғалады.

3. Өзара байланысқан, мұнда екі немесе бірнеше ЭМА немесе ЭЖ жылдамдықтар, немесе жүктеменің теңдігін сол сияқты ЖМ орындаушы мүшелерінің қалыпты күйін сақтау үшін өзара электрлік және механикалық байланыста болады.

4. Көп қозғалқышты, мұнда өзара байланысқан ЭМА, ЭЖ, бір күрделі механизмның жұмысын, яғни ортақ білетін жұмысын қамтамасыз етеді.

5. Электрлік білігі өзара байланысты ЭЖ, мұнда механикалық байланысы жоқ ЖМ жылдамдықты тұрақты болуы үшін екі немесе бірнеше ЭМА арасындағы электрлік байланыс пайдаланылады.

Басқару түріне және мақсатына қарай:

1. Автоматтандырған-ЭЖ шамалары мен параметрлерін автоматты реттеу жолмен басқарылатын.

2. Бағдарламалы-басқарылатын ЭЖ, берілген бағдарламаға сәйкес арнайы басқарушы есептеуші машина арқылы істейтін.

3. Қадағалаушы ЭЖ еркінше өзгертін басқарушы сигналға сәйкес ЖМ орындаушы мүшелерінің жұмысын белгілі дәлдікпен автоматты өзгертіп отыратын.

4. Бағытталған ЭЖ, ЖМ, орындаушы мүшелерінің күйін автоматты реттейтін.

5. Адаптивті ЭЖ жұмысының тиімділігін жақсарту мақсатында басқарушы құрылғының құрылымы мен параметрлерін автоматты тағайындайтын:

Қозғалысының сипатына қарап:

1. Айналмалы қозғалысты ЭЖ.
2. Сызықтық қозғалтқышты сызықтық ЭЖ.
3. Дискретті ЭЖ, ЭМА-тің қозғалмалы бөлігі тағайындалған күйде орнықты жылдамдықта тұратын.

Беріліс механизмнің сипатына қарап:

1. Редукторлы немесе мультипликаторлы жетілдірген ЭЖ.
2. Гидравликалық құрылғымен берілетін электрогидравликалық электр энергиясын тоқ өткізгіш сұйықты қозғау.
3. Энергиясы айналдырғышы бар магнитогидродинамикалық ЭЖ.

Тоқтың түріне қарап:

1. Айналмалы тоқтың.
2. Тұрақты тоқтың.

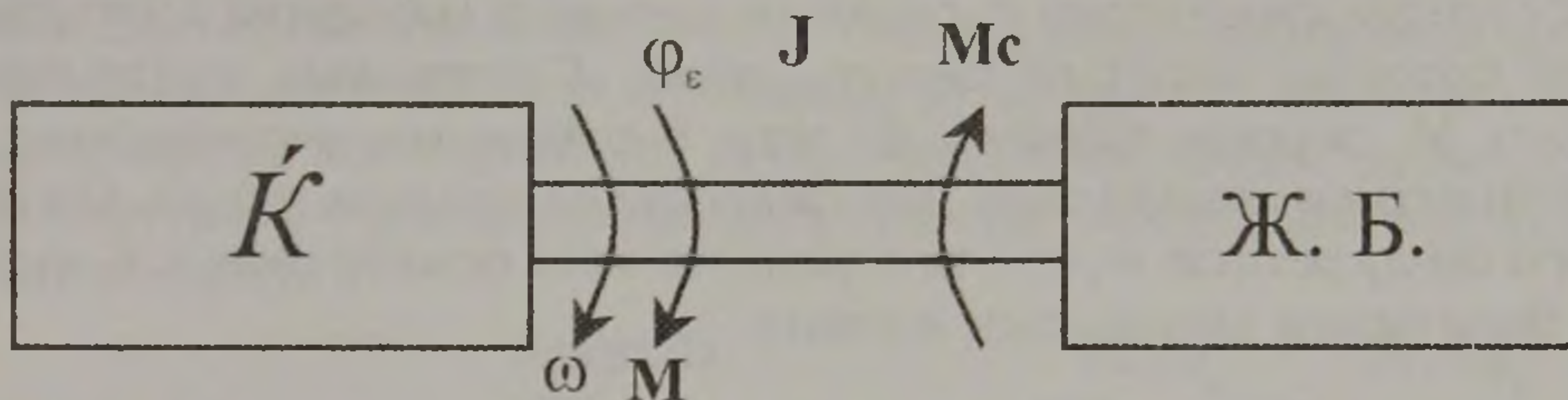
Орындайтын операцияларының маңыздылық деңгейіне қарай:

1. Басты амалды немесе басты қозғалысты қамтамсыз ететін басты ЭЖ.
2. Қосымша ЭЖ.

I. ЭЛЕКТРҚОЗҒАЛТҚЫШ МЕХАНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

I.I. Электрқозғалтқыш қозғалысының теңдеуі

Қозғалтқыштың айналыстағы бөлігінен /ротор немесе якорь / және қозғалтқыштың білігіне тікелей жалғанған айнымалы қозғалыс жасайтын жұмыс органынан тұратын қарапайым механикалық жүйені қарастырайық /I-I сурет./. Мұндай жүйе нақтылы электржетектерінде кездеседі /Мысалы, желдеткіштің электржетегі/. Келесі тарауларда бірнеше механикалық жүйелерді I-I суреттегі жүйеге келтіруге болатындығы көрсетілді.



I-I сурет. Қарапайым механикалық жүйе.

Бізге бұрыштық үдеумен $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^n\varphi}{dt^n}$, бұрыштық айналыс жыл-

дамдығын $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$, және сол уақыт кезеңіндегі біліктің бұрыштық

орнымен φ сипатталатын механикалық жүйенің қозғалысы қажет. Қозғалыс екі бағытта болуы мүмкін болғандықтан /сағат бағытына қарсы және бағыттас/, бұрыштық орны, жылдамдық және үдеу таңдап алынған оң бағытты санау негізіне байланысты таңбасы мен шамасы арқылы сипатталуы керек.

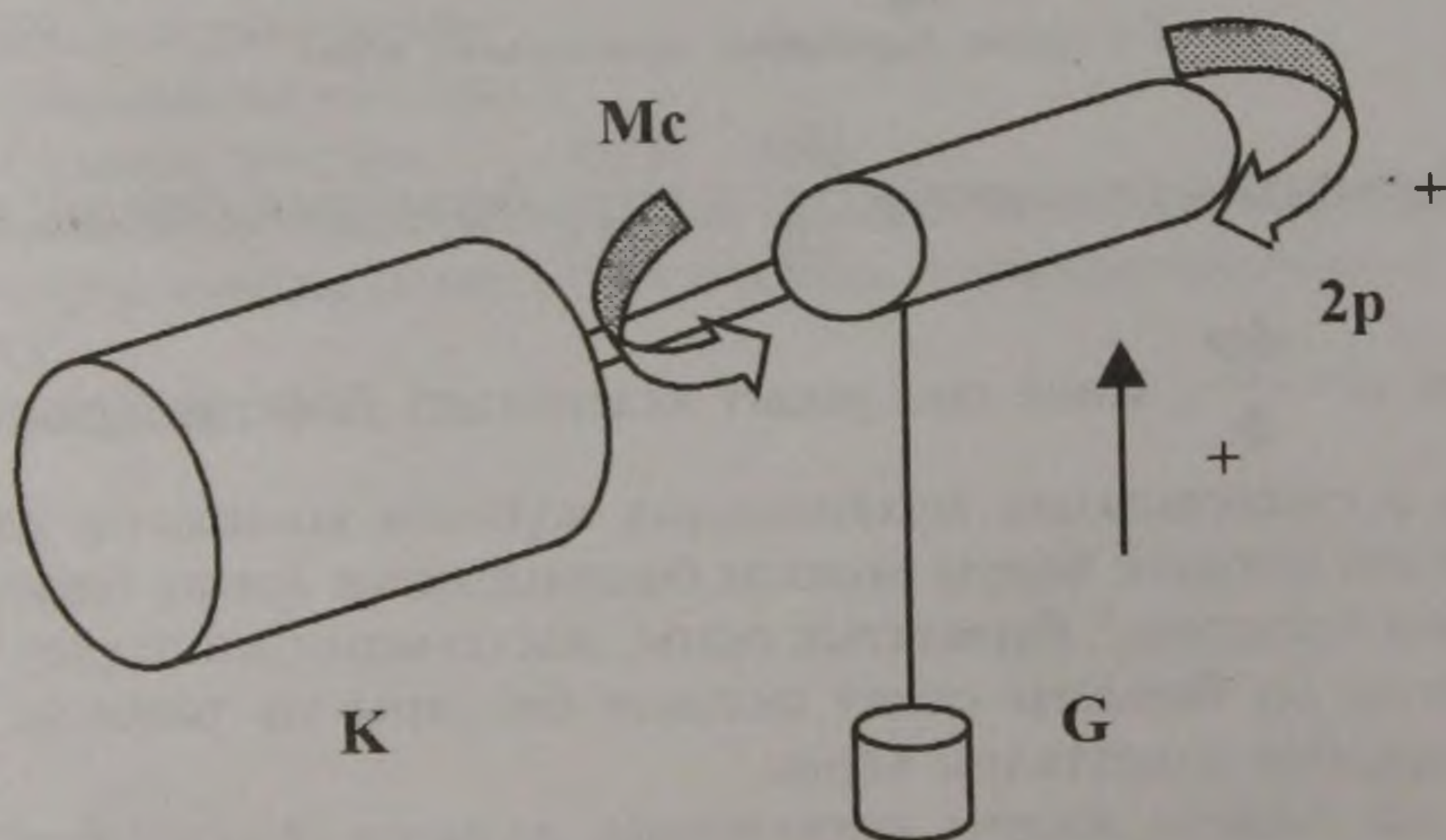
Қозғалыс сипаты жалпы жағдайларда жүйенің білігіне берілген моментпен және өзгеріссіз деп алынған жүйенің инерция моментімен анықталатыны белгілі.

Қарастырылып отырған жүйеде екі моментті бөлуге болады - қозғалтқышпен арттырылатын электромагниттік момент M , және жүктеменің статикалық моменті M_c . M_c -ке және механикалық жүйеде әсер ететін үйкеліс моменті кіреді. Бұл моменттер шама және бағыт әсерлерімен, яғни таңдап алынған оң бағытты санау негізінде байланысты таңбамен сипатталады. M және M_c моменттері қозғалыс бағытымен әсер етуі мүмкін, бұл кезде олардың таңбалары жылдамдық таңбасымен сәйкес келеді. Мұндай моменттер қозғаушы моменттер деп аталады. M және M_c қозғалысқа қарама-қарсы болуы мүмкін, бұл кезде олардың таңбалары да жылдамдықтың таңбаларына қарама-қарсы болады. Мұндай моменттер тежегіш моменттер деп аталады.

Даламбер принципіне сәйкес M және M_c біріккен әсері, жүйенің үдеуін сипаттайтын, динамикалық моменттің $M_{\text{дин}} = J \frac{d\omega}{dt}$ таңбасы мен шамасын анықтайды. Сонымен, жалпы жүйенің қозғалыс теңдеуі былай болады

$$\pm M \pm M_c = J \frac{d\omega}{dt}$$

1-2 суретте көрсетілген қарапайым көтергіш механизм электржетегінің қозғалыс сипатын қарастырайық. Статикалық жүктеменің моменті M_c жүктің салмағы G мен барабанның радиусының g көбейтіндісімен анықталады, үйкелісті өте аз деп есептейміз. Оң бағыттағы санау ретінде жүктің көтерілуін немесе осыған сәйкес біліктің сағат бағытымен айналысын аламыз.



1-2 сурет. Қарапайым көтергіш механизм.

Сонымен, қарастырылып отырған жүйеде статикалық жүктеменің моменті тұрақты шама теріс таңбалы, жоғары көтерілген кезде тежегіш $\omega > 0$ және түскенде қозғағыш $\omega < 0$ болып табылады. Қозғалтқыштың моменті кез-келген таңба мен шамада болуы мүмкін, яғни M_c -тен үлкен де кіші де, тежегіш те немесе қозғағыш та болуы мүмкін. I-I таблицасында M әртүрлі болғандығы мүмкін жағдайлар келтірілген.

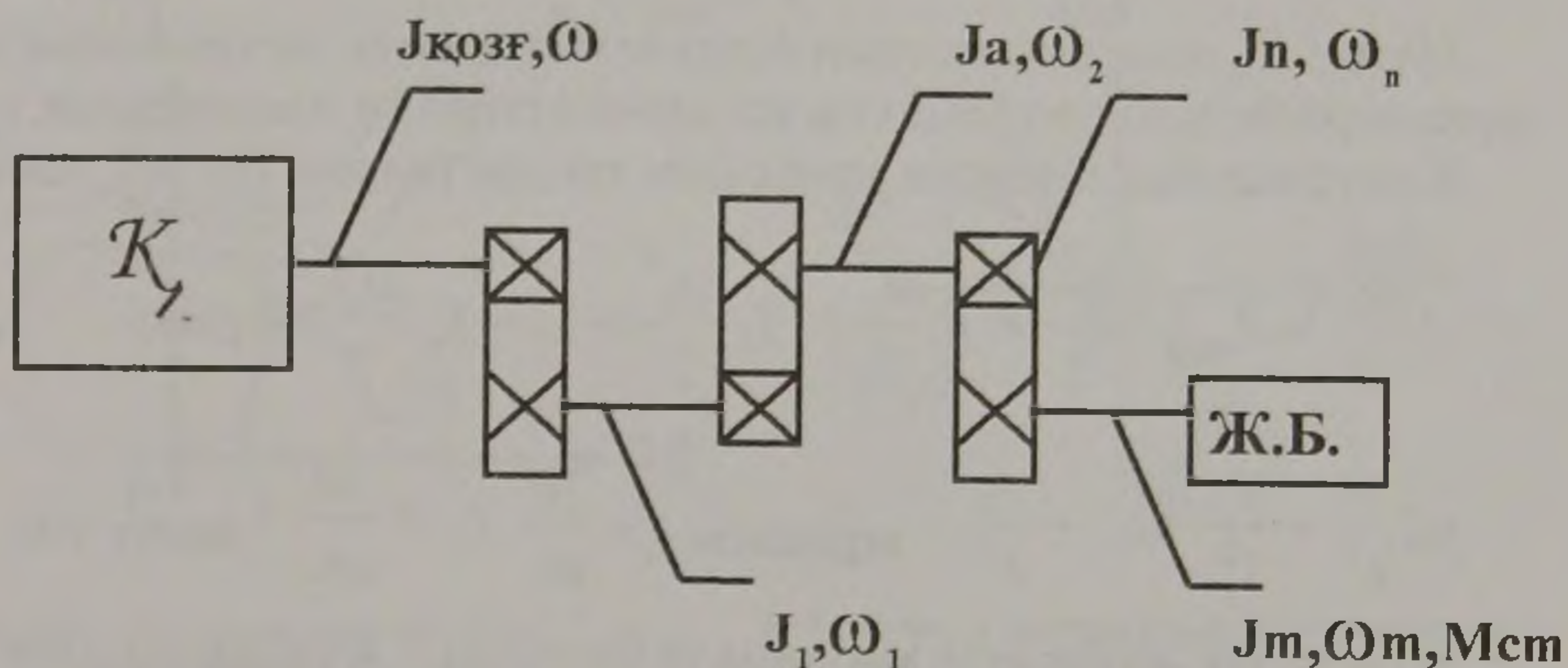
Динамикалық момент, және бұған байланысты үдеу нольге тең болғандығы, жүйенің жұмыс режимын бірқалыпты режим деп атаймыз. Бірқалыпты режимнің жеке жағдайы болып тыныштықтағы күйі саналады.

$M_4 \neq 0$ және $\frac{d\omega}{dt} = 0$ болған кездегі жұмыс режимін ауыспалы деп

атаймыз.

1.2. СТАТИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕНІҢ МОМЕНТІ МЕН ИНЕРЦИЯ МОМЕНТІН КЕЛТІРУ

Әдетте, өндіріс механизмінің жұмыс органдарымен қозғалтқыш арасында беріліс жүйелері болады. Оның кейбір элементтері әр түрлі жылдамдық және үдеумен қозғалады. /1-3 сурет/. Сондықтан, қозғалыс теңдеуін қондырғының әрбір біліктеріне бөлек жазып, содан соң барлығын біріктіріп шығаруға болады. Бұндай жол өте көлемді және ыңғайсыз.



1-3 сурет. Өндіріс механизмінің жұмыс органдары.

Сондықтан практикада статикалық жүктеменің барлық моменті және инерция моменті қандай-да бір бірлікке /көбіне қозғалтқыштың білігіне/ келтіріп, қозғалыс теңдеуін осы білікке қатысты құрып шығаратын эквиваленттік жүйе қолданылады.

Статикалық жүктеменің моментін бірқалыпты режимге келтірілген кезде нақтылы /1-3 сурет/ және эквивалентті /1-1 сурет/ жүйелердегі қуаттың теңдігіне көңіл аудару керек.

Энергияны қозғалтқыштан механизмге /мысалы, жүкті көтерген кезде/ берген кезде бұл жағдай мына теңдеумен жазылады:

$$\frac{M_{\text{см}} \cdot \omega}{\eta} = M_c \cdot \omega$$

Мұндағы η -механикалық пәк/пайдалы әсер коэффициенті/.

Егер энергия механизмнен қозғалтқышқа берілсе /мысалы жүктің түсуі кезінде/, теңдік шарты нақты және эквивалентті жүйелерде былай жазылады:

$$M_{c.m} \omega_H \eta = M_c \omega$$

$$M_c = \frac{M_{c.m}}{i\eta} \quad (1-2) \quad \text{және} \quad M_c = \frac{M_{c.m} \cdot \eta}{i} \quad (1-3)$$

/1-2/ теңдеуі қозғалтқыш қозғаушы моменті артқан жағдайда, ал /1-3/ теңдеуі қозғалтқыштың тежеу моментіне сәйкес болады. Инерция моменттерін келтірілген кезде, нақтылы және эквивалентті жүйелердегі кинетикалық энергияның қоры теңдігіне көңіл аудару керек.

Эквивалентті жүйенің инерция моментін былай жазуға болады:

$$J = J_{\text{козг}} + J'_m$$

Мұнда J'_m - қозғалтқыштың білігіне келтірілген механизмнің жұмыс мүшелерінің және жүйенің басқа элементтерінің инерциялық моменті.

Кинетикалық энергия қорының теңдік шарты былай жазылады:

$$J \frac{\omega^2}{2} = J_{\text{козг}} \cdot \frac{\omega^2}{2} + j_1 \frac{\omega_1^2}{2} + j_2 \frac{\omega_2^2}{2} + \dots + j_m \frac{\omega_m^2}{2} \quad \text{бұдан}$$

$$J = \frac{j_1}{i_1^2} + \frac{j_2}{i_2^2} + \dots + \frac{j_m}{i_m^2} \quad \text{мұндағы} \quad i_1 = \frac{\omega}{\omega_1}, \quad i_2 = \frac{\omega}{\omega_2} \quad \text{және т.б.}$$

Егер жетек жүйесінде массасы m болатын u жылдамдықпен үдемелі қозғалатын элемент болса, онда оны біліктің жылдамдығымен айналатын, кинетикалық энергия қоры жағынан эквивалентті элементпен ауыстырады. Осы элементке келтіру жасалады. Қозғалтқыштың білігіне эквивалентті айналыстағы масса инерциясының моменті келтірілген жағдайда $J_{\text{кел}}$, мына қатынастарымен анықталады:

$$J_{\text{кел}} = \frac{\omega^2}{2} = m \frac{U}{2} \quad \text{бұдан} \quad J_{\text{кел}} = m \left(\frac{U}{\omega} \right)^2$$

Қозғалтқыш жалпы алғанда айналмалы да, үдемелі де қозғалыстағы массалар бар кезде, қозғалтқыштың білігіне келтірілген механизмнің инерция моменті былай анықталады:

$$J'_m = \sum_{i=1}^m \frac{j}{i_1^2} + \frac{j}{i^2} + \frac{mU^2}{\omega^2}$$

(1-4)

Сонымен нақтылы күрделі механикалық жүйені қарапайым эквивалентті жүйеге келтіруге болады. /1-1/ теңдеумен сипатталады.

1.3. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР МЕН МЕХАНИЗМДЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

Бірқалыпты режимдер.

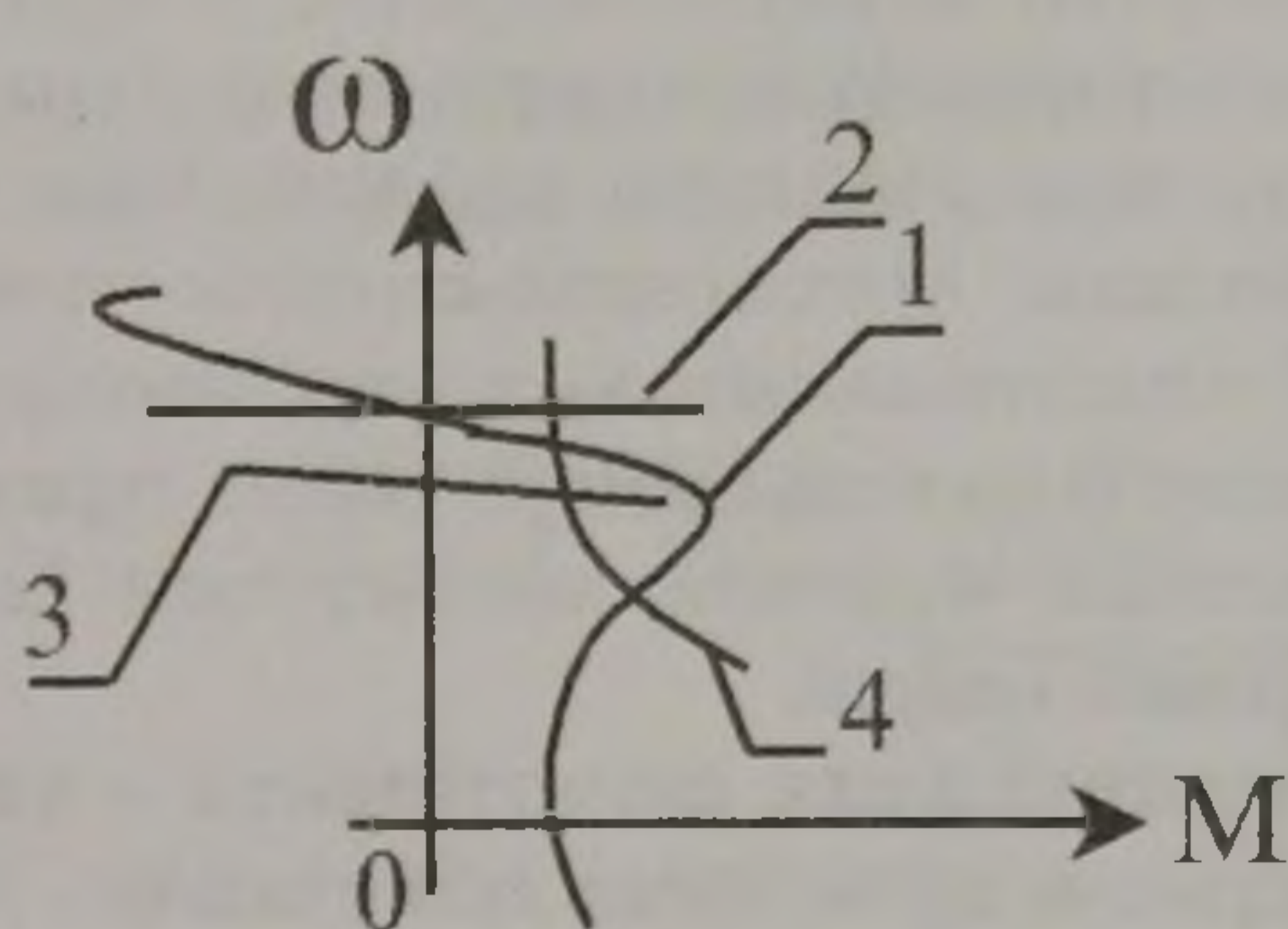
Қозғалыс теңдеуі: $\pm M \pm M_c = 0$

болатын электржетектің бірқалыпты режимін оқуға кірісе отырып, механикалық сипаттама туралы түсінік енгіземіз.

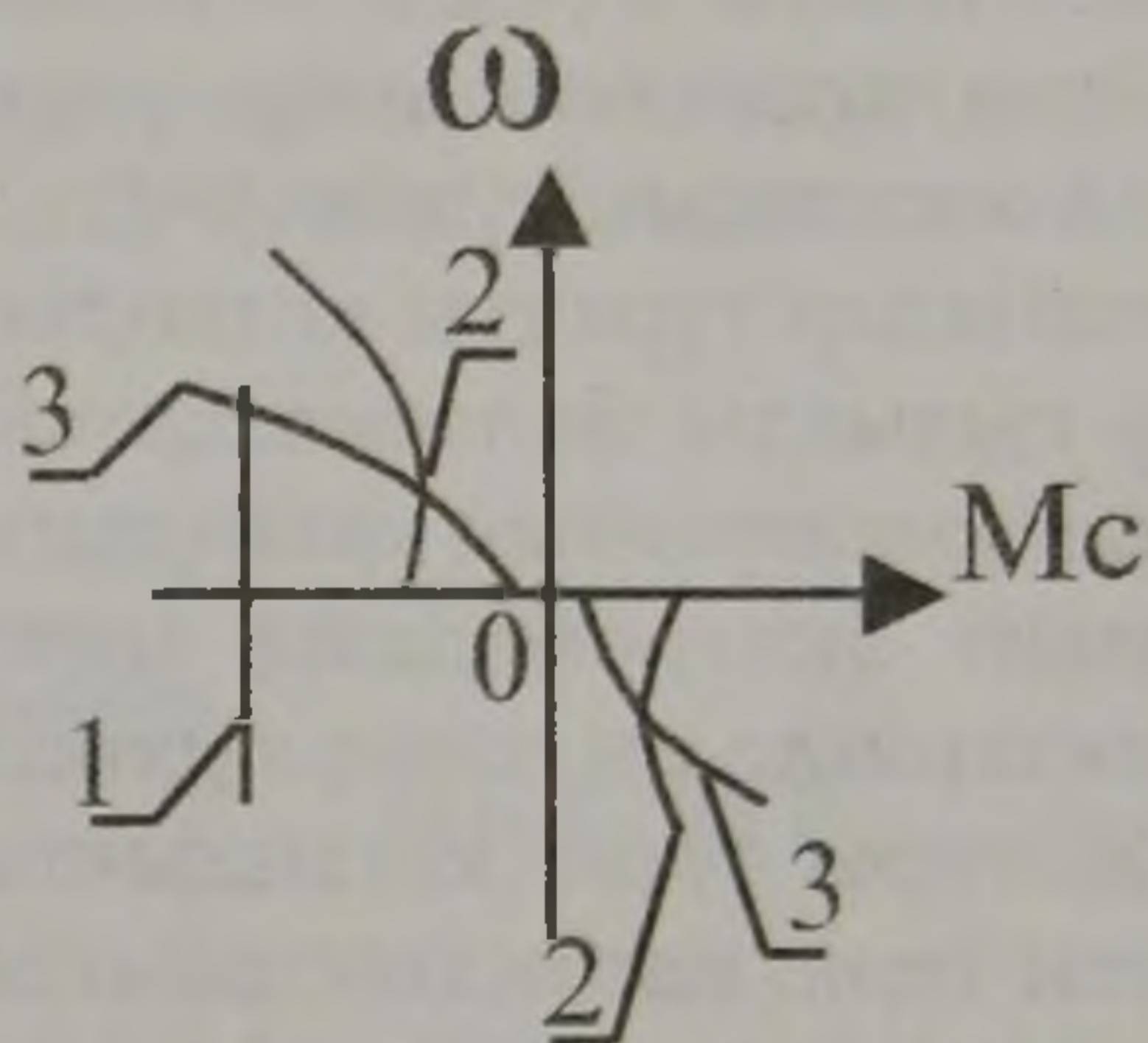
Қозғалтқыштың моменті мен статикалық жүктеменің моменті жалпы жағдайларда жылдамдықтың функциясы болып табылады.

$\omega = f_1(M)$ байланысы қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы, ал $\omega = f_2(M_c)$ – механизмнің механикалық сипаттамасы деп аталады.

1-4 суретте шамалап алынған әртүрлі типтегі – асинхронды 1, синхронды 2, тәуелсіз қоздырғышты 3, тізбектей қоздырғышты



1-4 сурет. Қозғалтқыштардың механикалық сипаттамалары.



1-5 сурет. Статикалық жүктемелердің сипаттамалары.

қозғалтқыштарының механикалық сипаттамалары көрсетілген. 1-5 сурет кейбір жеке механизмдердің - көтергіштің 1, метал кесу қондырғының беру механизмiнiң 2, желдеткіштің 3 механикалық сипаттамалары көрсетілген.

Статикалық жүктеменің моменттерінің активтік немесе реактивтік қасиеті болуы мүмкін. Реактивтік моменттер, қозғалысқа сыртқы күштердің реакциясы әсер етуі нәтижесінде пайда болады, ол әрқашан да қозғалысқа қарсы бағытталады, соған байланысты жылдамдық таңбасын өзгерткенде ол да таңбасын өзгертеді. Активті моменттер қозғалыс бағытын өзгерткенде өзінің таңбаларын сақтап қалады, олар қозғалысқа кедергі немесе қозғаушы момент болуы мүмкін. Мысалы, жүктің салмақ күші кранның көтеру механизмінде активті момент, ал кранның арбасын қозғалтатын механизмдегі үйкеліс күші – реактивті момент туғызады.

1-5 суреттегі 1 сипаттамасын, 2 және 3 сипаттамалары тәуелсіз қоздырғыштың активтік моментке сәйкес

С.Торайғыров
Қызылорда облысының
С.Бейсенов атындағы ПМУ-дің
Механикалық факультеті
КІТАПХАНАСЫ

522-786

келеді. Қозғалтқышпен арттырылатын момент әрқашан да активті сипаттамада болады, бұл электрмашинаның кез-келген режимге /қозғалтқыштық, генераторлық және тежегіш/ оңай ауысу қасиетінен келіп шығады.

Келтірілген қозғалтқыштармен механизмдердің механикалық сипаттамаларында жылдамдық өзгерген кезде, моменттің өзгеру дәрежесі де әртүрлі. Осы өзгерісті сипаттайтын шама механикалық сипаттамалардың қатандығы деп аталады. Өсу моментінің жылдамдықтың өсуіне

қатынасы сипаттаманың абсолюттік қатандығы деп аталады: $\beta = \frac{dM}{d\omega}$

Мұнда M және ω абсолюттік бірлікпен берілген.

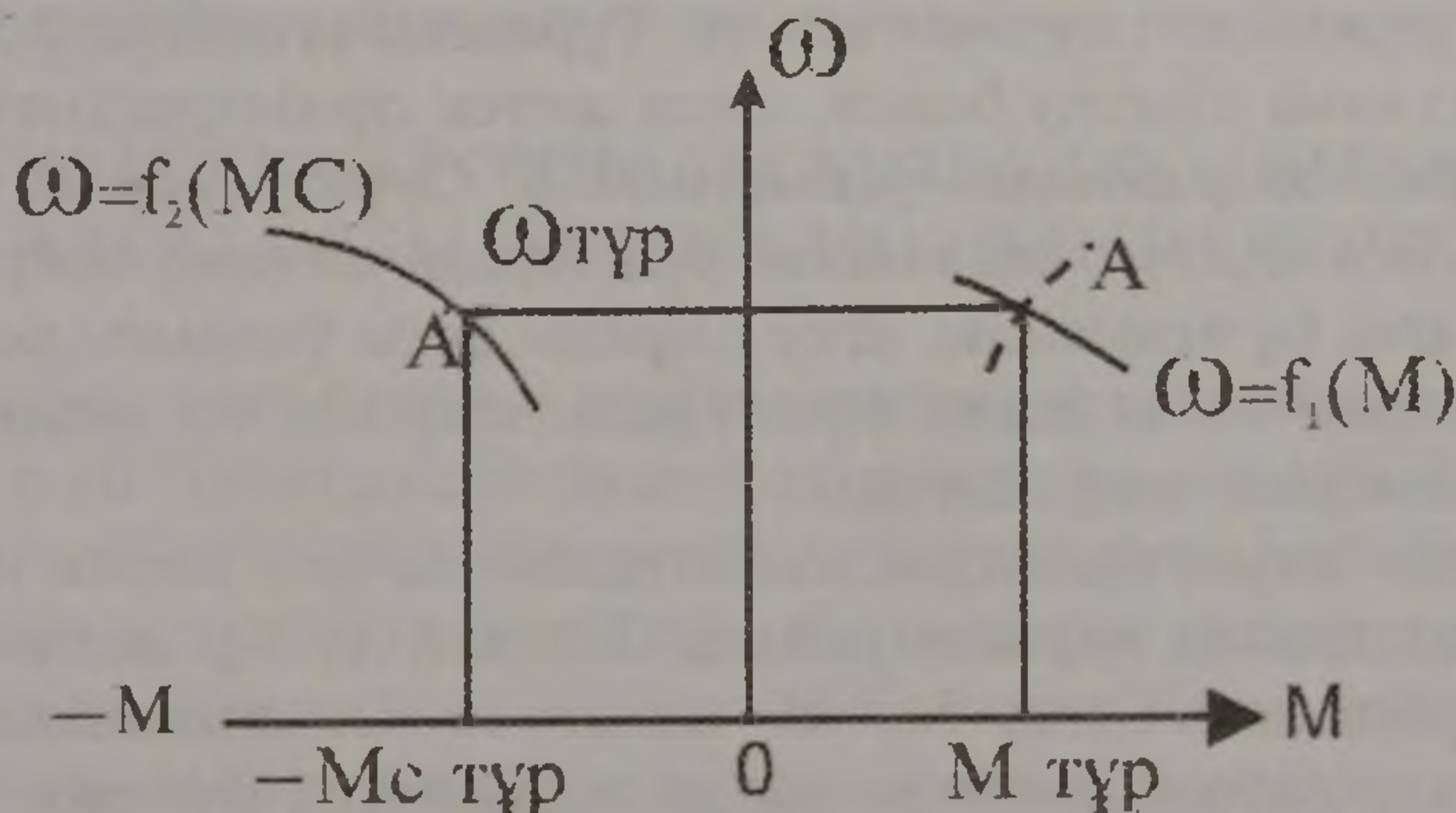
Қатандық механикалық сипаттамалардың кез-келген нүктелерінде бірдей болуы мүмкін. Мысалы көтергіш механизмдерінде $\beta=0$, синхронды қозғалтқыштар үшін $\beta=\infty$, тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқыш үшін $\beta<0$. Демек, түзу сызықты механикалық сипаттамалар тұрақты қатандықта болады. Механикалық сипаттамасы түзу сызықты болмаса қатандық сипаттаманың қозғалтқыштардың сипаттамаларының қатандығы көлбеу біліктерінде теріс және тұрақты, момент экстремалдық мәнге жеткен нүктеде, нольге тең басқа бөліктерінде оң және тұрақсыз болып келеді.

Жоғары теріс қатандықтағы механикалық сипаттаманы - қатаң төмен теріс қатандықтағыны - жұмсақ сипаттама деп атайды. Мысалы 1-4 сур. Көлбеу бөлігіндегі 1 және 3 сипаттамалар - қатаң; 2 сипаттамасы абсолютті қатаң; 4 сипаттамасы - жұмсақ. Қозғалтқыштар мен механизмдердің механикалық сипаттамалары электржетектің теориясы мен практикасында маңызды роль атқарады, өйткені келесі мәселелерді анықтауға мүмкіндік тудырады: бірқалыпты режимнің нүктесін табуға, яғни бірқалыпты режимдегі жылдамдық $\omega_{\text{бірқ}}$ пен моментті $M_{\text{бірқ}}$ анықтауға; бірқалыпты режимде қозғалыс тұрақты ма екенін анықтауға; қозғалтқыш пен механизмнің энергетикалық жұмыс режимін, яғни бірқалыпты режимдегі энергия ағымының бағытын анықтауға; электржетектің моменті мен жылдамдығын реттеу принциптерін құрастыруға және әртүрлі реттеу тәсілдеріне санды баға беруге; кейбір жағдайларда ауыспалы режимдегі қозғалтқыштың жүріс-тұрысын анықтауға жағдай жасайды.

Механикалық сипаттамадан басқа қозғалтқыштың электромеханикалық сипаттамалары, яғни айналыс жылдамдығының, қозғалтқыштың тізбегіндегі токқа байланыс $\varphi=\varphi(I)$ айтарлықтай маңызға ие. Бұл сипаттамалар қозғалтқыштың жылулық және электрлік жүктемелері туралы түсініктемелер береді, аппаратураларды таңдап алу үшін және т.б. үшін қолданылады.

Жоғарыда көрсетілген есептердің жоғарғы екеуін қарастыруға көшейік. Механизм мен қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы 1-6 суреттегідей түрде болсын /бүтін сызықтар/. Жоғарыда көрсеткеніміздей бірқалыпты режимнің тендеуі /1-5/ қарама - қарсы бағытталған қозғалтқыш пен статикалық жүктеменің моменттерінің M, M_c теңдігін көрсетеді. /1-5/ шартына, ордината өсіне қатысты $\omega = f_2(M_c)$ сипаттамасының айналы шағылысуды қолданып табылған А және А нүктелері сәйкес келеді /1-6 сур. үзік сызық/. Жетек бірқалыпты режимде $\omega_{\text{бірқ}}$ жылдамдығымен айналады, қозғалтқыш шамасы жағынан $M_{c \text{ бірқ}}$ -қа тең $M_{\text{бірқ}}$ моментін арттырады. Демек кез-келген механикалық сипаттама үшін осылай салуға болады; бірқалыпты режимнің нүктелері $\omega = f_1(M)$ сипаттамасы мен $\omega = f_2(M_c)$ сипаттамасының айналы шағылысуы арқылы қиылысуымен анықталады.

Бұндай тәсілдің ыңғайсыздығы сол, мұнда әр салған сайын $\omega = f_1(M)$ сипаттамасының айналы шағылысуын алу керек. Сондықтан да



1-6 сурет. Механизм мен қозғалтқыштың сипаттамалары.

/1-1/ қозғалыс тендеудегі M_c -ның таңбасын өзгертіп жазуға тура келеді,

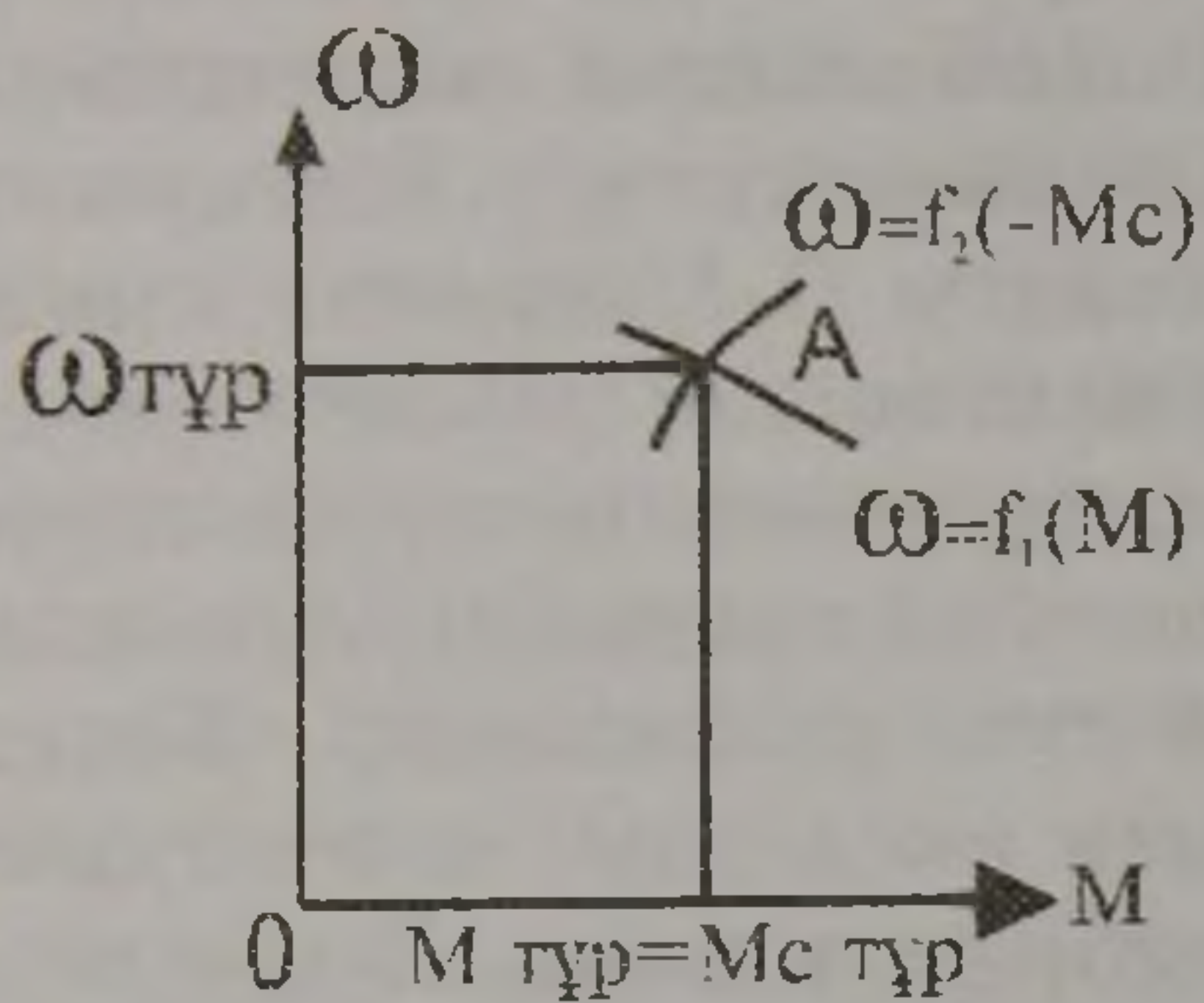
яғни мынадай түрде: $\pm M + (\pm M_c) = J \frac{d\omega}{dt}$ немесе, егер M және M_c -ның

алдындағы таңбаларын көрсетпесек болады: $M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}$ (1-6)

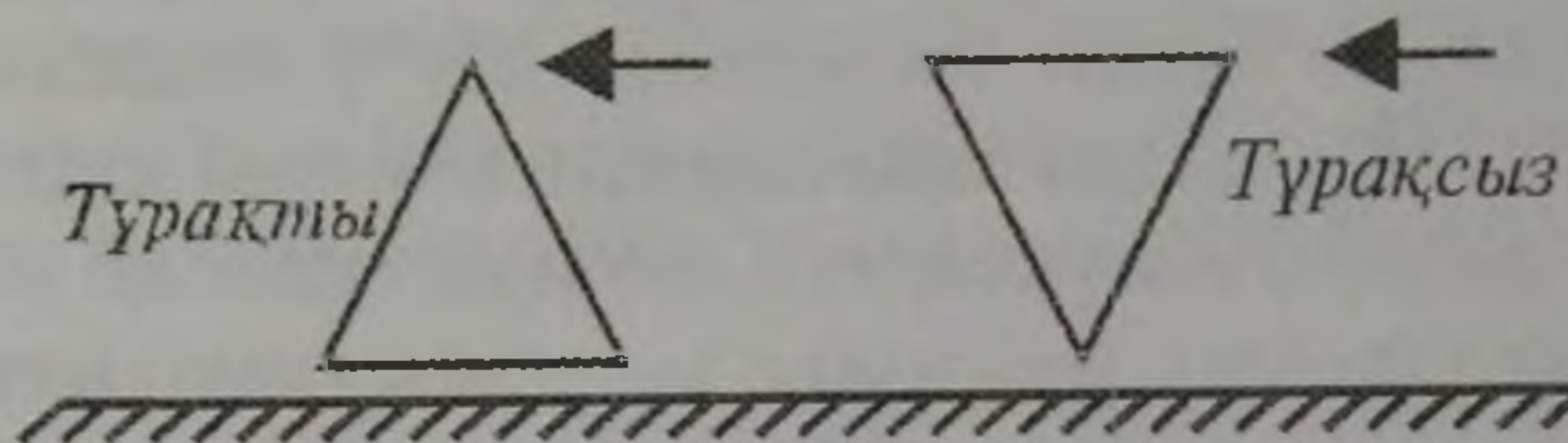
Алдағы уақыттарда тек қана осы тендеуді қолданамыз. Бірқалыпты режим үшін былай болады: $M - M_c = 0$ (1-7)

Енді 1-7 суретте көрсетілгендей бірқалыпты режимдегі нүктені онайға соғады.

Бұдан былай қысқартылып алынған белгілерді қолданамыз-қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын M_c арқылы белгілейміз.



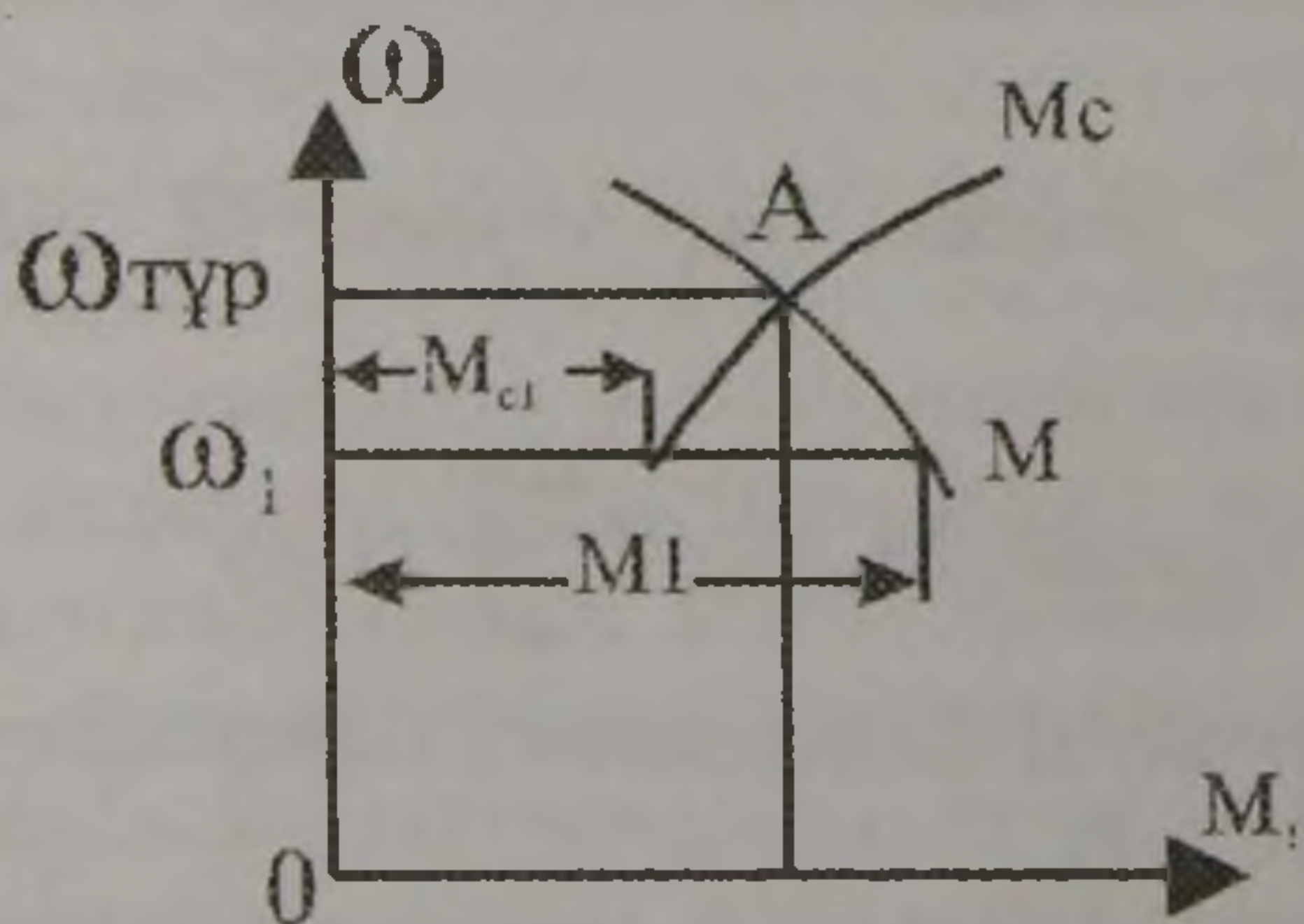
1-7 сурет. Қозғалтқыштың бірқалыпты жұмысы.



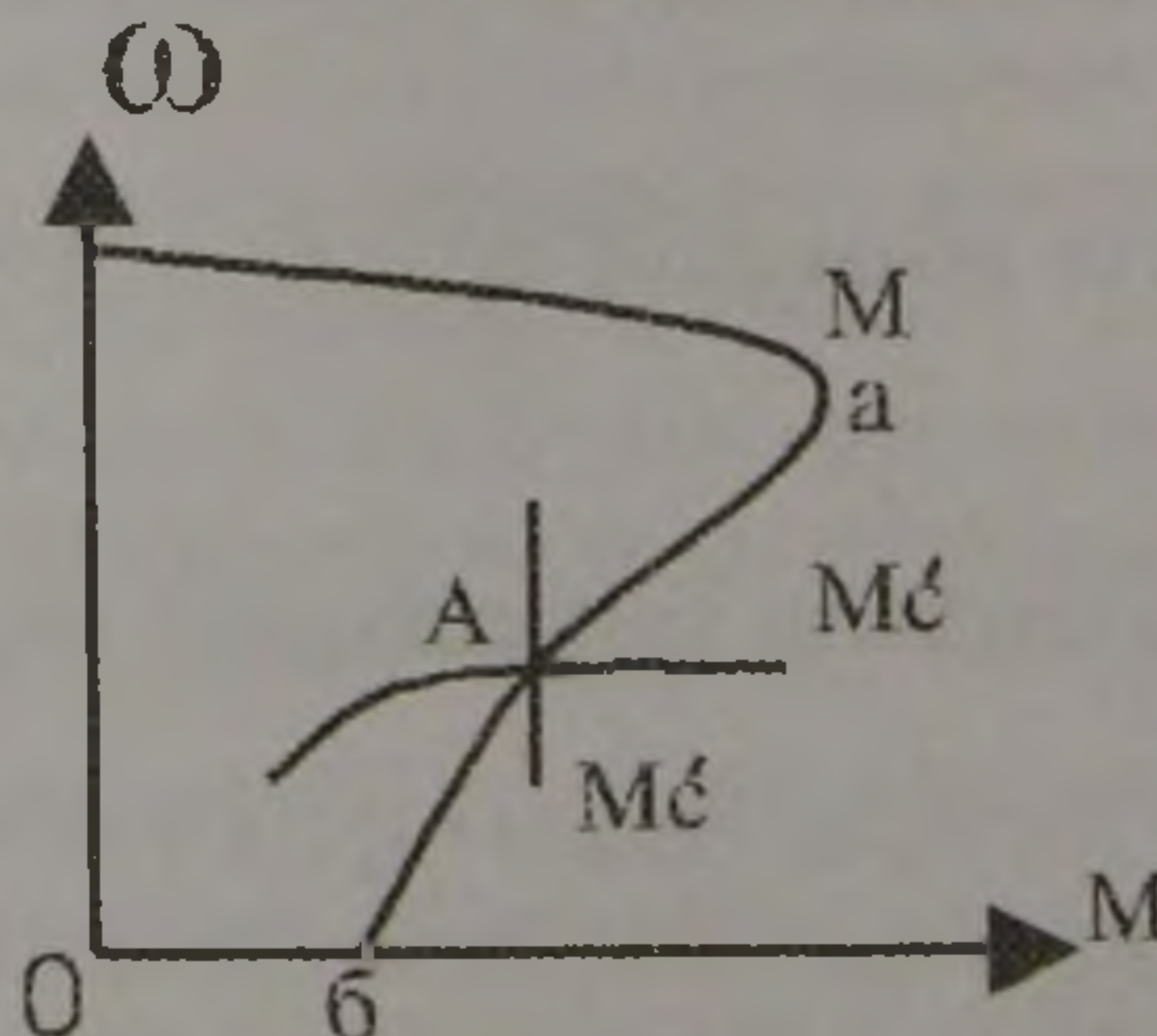
1-8 сурет. Тұрақты не тұрақсыз қозғалысқа мысалы.

Бірқалыпты режиміндегі қозғалтқыштың қозғалысы тұрақты немесе тұрақсыз болуы мүмкін. Егер қозғалыс тұрақты болса, онда ω -ның $\omega_{\text{бірқ}}$ -тан кездейсоқ ауытқу кезінде жетек қайтадан сол бірқалыпты режимдегі нүктеге келеді. Тұрақсыз қозғалыс болған кезде, ω -нің $\omega_{\text{бірқ}}$ аз ғана ауытқу болса, онда жетек орнықтылығы жағынан алып қарағанда пирамидаға ұқсайды /1-8/ Сурет; егер ол табанымен тұрса, онда кез-келген кездейсоқ күштердің аз ғана әсерінен оның алғашқы қалпы бұзылмайды; егер пирамиданы ұшымен қойсақ, онда кез-келген, тіпті ең аз деген күштердің әсерінің өзі оның бастапқы қалпына келмеуіне әкеп соғады.

1-9 суретте көрсетілгендей сипаттамасы бар жетек қозғалысының орнықтылығын қарастырайық. Қандай да бір жағдайға байланысты $\omega_1 < \omega_0$ болсын. Онда $M_1 > M_{c1}$ механикалық сипаттамасына сәйкес, оң үдеуге сәйкес келетін оң динамикалық момент $M_1 - M_{c1} = M > 0$ пайда болады, яғни жүйе бірқалыпты режимнің нүктесіне қайтып оралады-қозғалыс орнықты.



1-9 сурет. Жетек қозғалыстың орнықтылығы.



1-10 сурет. Асинхронды қозғалтқыштың сипаттамасы.

Кез-келген бірқалыпты режимнің орнықтылығын тексерген кезде осындай пікір келтіруге болады. Сонымен қатар, мұнда моменттің сипаты мен жылдамдықтың таңбасын ескеру керек.

Қозғалыстың орнықтылығын қарастырған кезде бұнымен қатар механизм мен қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларын қарастыру қажет екенін атап өткен жөн. 1-10 суретте көрсетілгендей сипаттамасы бар асинхронды қозғалтқышты мысалға келтірейік. Сипаттаманың ab бөлігі кейбір кездерде тұрақсыз деп аталады. Біз енді бұл атауды анықтай аламыз. Шынында, егер механизмнің механикалық сипаттамасы тік болса /1-10 суреттегі M_c / онда A нүктесіндегі қозғалыс тұрақсыз болады. Егер де қозғалтқыш M_c сипаттамасы бар желдеткішті қозғалысқа келтірсе, онда A нүктесіндегі қозғалыс орнықты екенін оңай көруге болады. Келтірілген мысал жоғарыда келтірілген механикалық сипаттаманың қатандығы туралы түсінікті қолданып, жалпы түрде қозғалыстың орнықтылығының шартын тұжырымдауға жағдай жасайды. Егер бірқалыпты режимнің нүктесінде: $\beta - \beta_c < 0$ шарты орындалатын болса, онда қозғалыс орнықты.

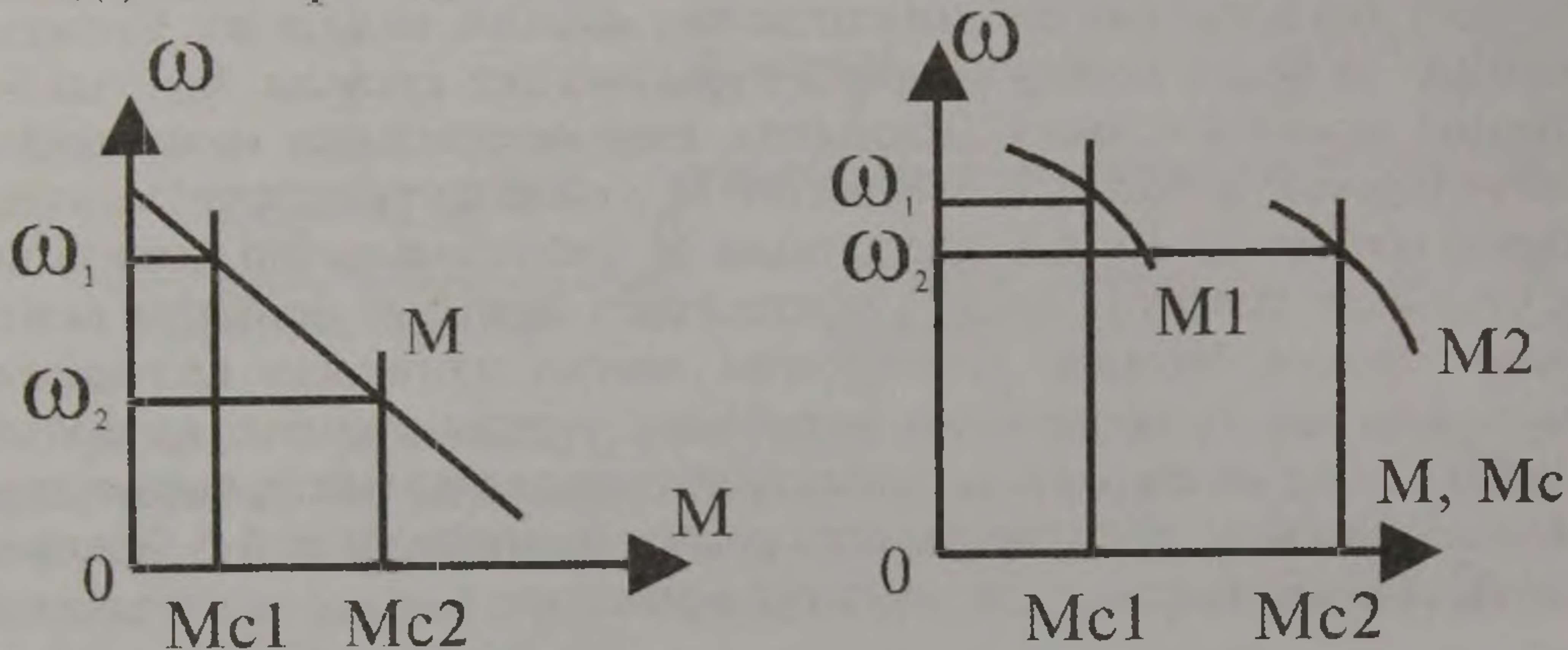
1.4. ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНДЕГІ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫ МЕН МОМЕНТІН РЕТТЕУ

Бірқалыпты режимдегі жетектің қозғалыс орнықтылығы шартын анықтап, енді электржетегіндегі қозғалтқыштардың моменті мен жылдамдығын реттеуге байланысты сұрақтарды қарастыруға көшеміз.

Жоғарыда қарастырғанымыздай, бірқалыпты режим шартын өзгерту үшін, яғни агрегаттың жұмысын басқару үшін, қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының формасын өзгерту керек. Ол үшін қозғалтқыштың электрлік параметрлерін өзгерту және машинаны қосудың арнайы сүбесін қолдану қажет.

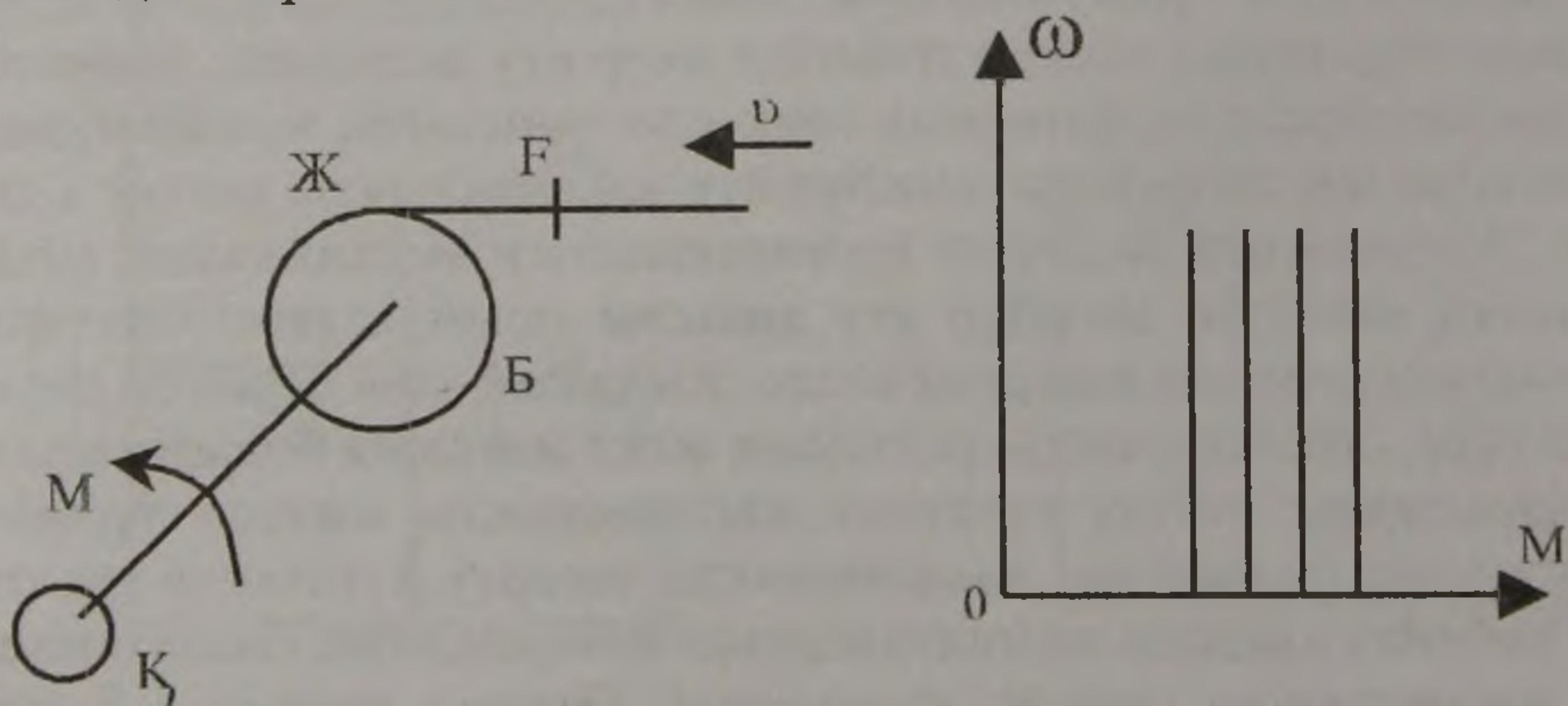
Қозғалтқыштың электр тізбегіне әсер ету жолымен, технологиялық процестердің талаптарына сәйкес механизмнің жұмыс мүшесінің жылдамдығын өзгертуіне мәжбүр ету жылдамдықты реттеу деп аталады. Жылдамдықты реттеу қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының өзгеруін мәжбүр ету арқылы орындалады. Статикалық жүктеменің моменті өзгерген кезде, жылдамдықты берілген деңгейде ұстап тұру, жылдамдықты реттеудің жеке жағдайы болып табылады. Жылдамдықты реттеу түсінігін жылдамдықты өзгерту түсінігімен шатастыруға болмайды, жылдамдықты өзгерту жүктемені азайту немесе көбейту арқылы қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларының қасиеттеріне сәйкес жүргізіледі. Осыған сәйкес 1-2 суретте көрсетілген екі жағдайды қарастырайық. Бірінші жағдайда жылдамдық байқарлықтай өзгереді $\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2$ /"түр" индексі осында және бұдан

былай жазылмайды/, бірақ ол M_c -тің M_{c1} -ден M_{c2} -ге дейін өзгеруінен болған және қозғалтқыштың механикалық сипаттамасына әсер ету күшімен байланыссыз. Бұндай жағдайда жылдамдықты реттемейді. Екінші графикте жылдамдық $\Delta\omega$ аз өзгерген /немесе өзгермеген/, бірақ қозғалтқыш әртүрлі M_1 және M_2 сипаттамаларында жұмыс істейді, яғни бұл жағдайда жылдамдықты реттеуді қажет етеді.



1-11 сурет. Қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларына $\omega=f_1(M)$ әсер ету.

Кейбір жағдайларда қозғалтқышпен арттырылатын моментін реттеу қажет болады. Егер мысалы қозғалтқышы бар жетек /1-12 сурет / берілген F керіліспен Ж жіпті Б барабанына орау керек, және сырттан берілген жіптің берілу жылдамдығы U өзгеруі мүмкін, онда қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларын, ордината осінен алғандағы аралығы қажетті керіліспен және барабанның радиусымен анықталатын тік сызық түрінде алған жөн. Алдағы уақыттарда біз жылдамдықты реттеуге байланысты сұрақтарды қарастырамыз, өйткені практикада олар өте көп кездеседі.



1-12 сурет. Қозғалтқышпен арттырылатын моментін реттеу.

Сонымен жылдамдықты реттеуді қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының бағытталған түзілісімен байланыстыра отырып, бір мүмкін болатын сипаттаманы негізі ретінде қабылдайды. Сол негізгі сипаттама ретінде табиғи сипаттаманы, яғни қозғалтқыштың жұмысын анықтайтын барлық шамалар кезіндегі сипаттаманы аламыз. Алда әртүрлі қозғалтқыштарды қарсытырған кезде, әр қозғалтқыштың табиғи сипаттамасының анықтамасын тұжырымдап отырамыз. Жылдамдықты реттеу мақсатымен құрылған барлық басқа сипаттамаларды жасанды сипаттамалар деп атаймыз.

Жылдамдықты реттеу, яғни негізгіден басқа жасанды сипаттамаларды алу, әртүрлі экономикалық және техникалық нәтижеге келтіретін әртүрлі тәсілдермен орындалуы мүмкін.

Жылдамдықты реттеу тәсілдерін салыстыру, мына көрсеткіштер арқылы жүргізіледі:

1. Реттеу бағыты, негізгі сипаттамадан төмен немесе жоғары сипаттама алу мүмкіндігін анықтайды.

Жасанды сипаттама табиғи сипаттамасынан төмен орналасқанда, негізгі жылдамдықтан бір зоналық төмен реттеу, жасанды сипаттама табиғидан жоғары орналасқанда, негізгі жылдамдықтан бір зоналық жоғары реттеу, және табиғи сипаттамасынан төмен немесе жоғары сипаттама алатындай мүмкіндік болса екі зоналы реттеу болып бөлінеді.

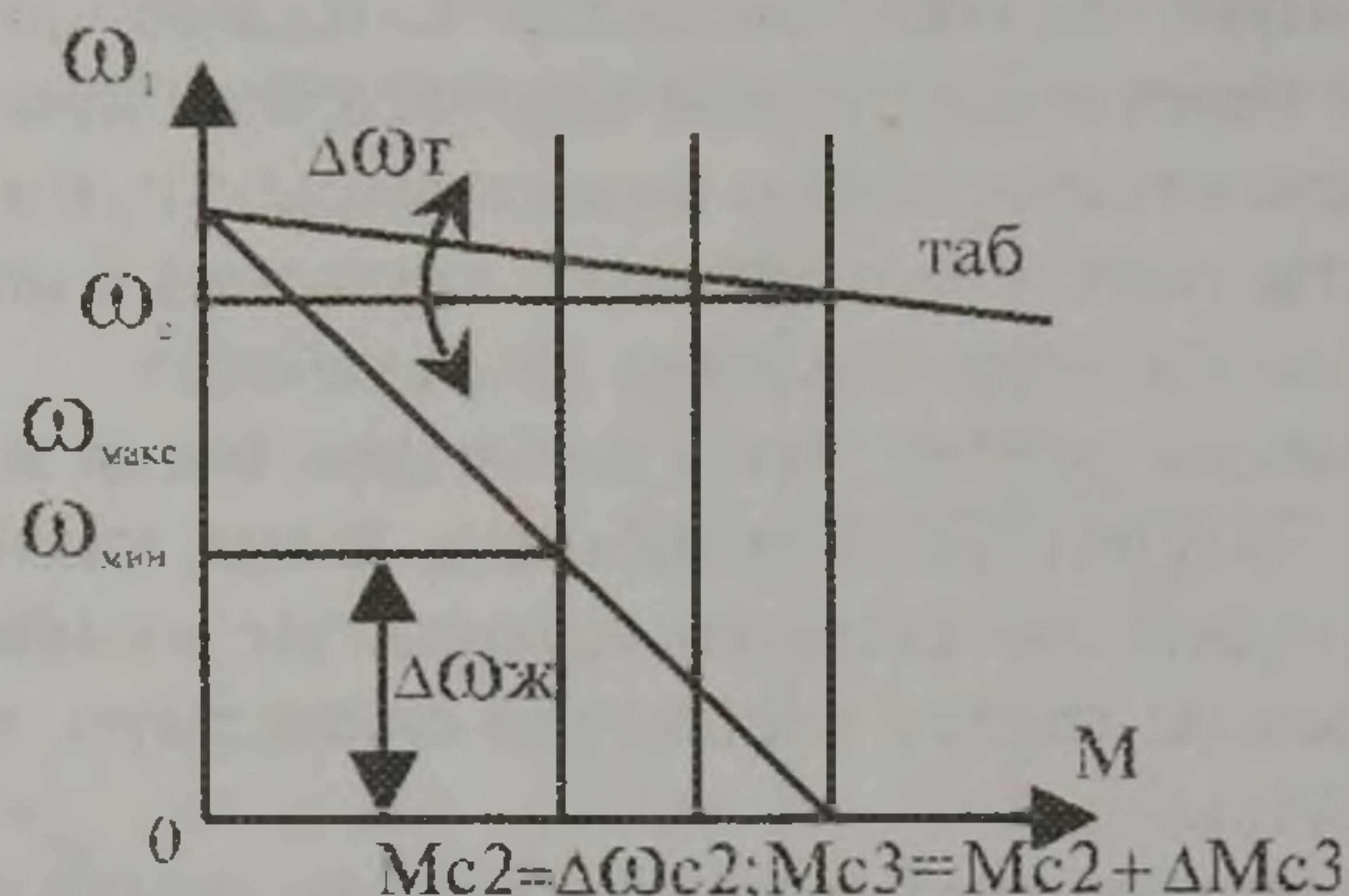
2. Реттеу диапазоны, яғни берілген шектегі статикалық жүктеме моментінің өзгеруі максимал жылдамдықтың минимал жылдамдыққа

қатынасы: $D = \frac{\omega_{\text{макс}}}{\omega_{\text{мин}}}$ мысалы, қозғалтқыштың жасанды сипаттамалары

жаратылыс сипаттамасынан төмен орналасқан, ω_0 нүктесінде қиылысатын түзулерден тұратын болсын. Статикалық жүктеменің есептік моменті M_{ce} және оның өзгеруі $\pm M_{ce}$ белгілі болсын. Осы кездегі максимал мен минимал жылдамдықтар 1-13 суретте көрсетілген. Өте еңкіш келген сипаттамаларды қолданудың қажеті жоқ, өйткені бұл $M_c = M_{ce} + \Delta M_{ce}$ болған кезде жылдамдықтың таңбасын өзгеруіне әкеледі, яғни қозғалтқыш механизмнің жұмыс мүшелерін қозғалысқа келтіре алмайды. Алдағы уақыттарда біз M_c қозғалтқыштың номинал моментіне тең, ал ΔM_{ce} номинал моменттің 15-25 процент кұрайды деп аламыз.

3. Реттеудің жатықтылығын жылдамдықтың көршілес жүзеге асырылатын екі мәнінің ω_i және ω_{i+1} қатынастарымен сипаттаймыз. Жат-

тық реттеген кезде $\frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} \rightarrow 1$, яғни сипаттамалар бір-біріне өте жақын орналасады.



1-13 сурет. Қозғалтқыштың реттеу диапазонына мысалы.

Сатылы реттеуге бірнеше белгілі сипаттамалар ғана жататын және

$\frac{\omega_{i+1}}{\omega_i}$ шамасы бірден өзгеше болып келген реттеулер мысал бола алады.

4. M_c өзгерген кездегі жасанды сипаттамасындағы жылдамдықтың тұрақтылығы. Бұл көрсеткіш жасанды сипаттамасының қатандығымен тығыз байланысты. Мысалы, 1-13 сурет M_c -дің бір ғана өзгерісіне әртүрлі күрт түсу жылдамдықтары $\Delta\omega_T$ және $\Delta\omega_J$ сәйкес келеді, яғни бұндай тәсілде жылдамдықтан тұрақтылығы, жасанды сипаттамасының қатандығының төмендеуіне байланысты төмендейді.

5. Жасанды сипаттамасындағы мүмкіндік жүктеме, яғни кез-келген жасанды сипаттамадағы жұмыс істеген кезіндегі қозғалтқыш ұзақ уақыт арттыра алатын моменттің ең үлкен шамасы. Бұл мәселені шешкен кездегі басты критерий қозғалтқыштың қызуы. Қозғалтқыштың жаратылыс сипаттамасындағы белгілі мүмкіндік жіктемесі ол мүмкіндік температурадағы дейін кездегі қозғалтқыштың номинал моменті болып табылды. Бұл есептің шығарылуын қысқарту үшін жасанды сипаттамасына сәйкес екі жорамал кіргіземіз; қозғалтқыштың қызуы қозғалтқыштың негізгі тізбегіндегі тоққа байланысты болатын мыстағы шығындармен анықталады деп есептейміз; қозғалтқыштағы жылу шығару айналыс жылдамдығына байланыссыз деп аламыз. Бұлай болса мүмкіндік жүктемеге, негізгі тізбектегі тоқ қозғалтқыштың номинал тоғына тең болған кездегі жүктемені жатқызуға болады. Өйткені кез-келген электр машинасының моменті тоқ I пен магнит ағымына Φ пропорционал.

$$M_{\text{мүм}} \equiv I_H \Phi$$

(1-9)

Реттеудің әрбір тәсілін талдаған кезде біз Φ -тің өзгеру сипатына баға береміз де, осының негізінде M туралы сөз етеміз. Бұлай баға беру, оның шамаланып алынуына қарамастан өте маңызды; толық түрдегі қорытындысын «Қозғалтқышты таңдау» бөлігінде аламыз.

6. Реттеудің үнемділігі ең бір маңызды көрсеткіш болып табылады және қандай реттеу тәсілдерін алу керектігін анықтайды. Бұл өте көлемді және күрделі проблеманың барлық аспектыларын оқуға мүмкіншілігіміз болмағандықтан, мұнда біз тек екі сұрақты қарастырумен шектелеміз: ол осы реттеу тәсілін жүзеге асыруға жұмсалатын капиталдық шығынның бағасы және реттелетін жетек жұмыс істеген кездегі пайдаланылған шығындар.

Капиталдық шығын туралы, жылдамдықты реттеу мақсатымен жетек құрамына кіргізілген қосымша жабдықтаулар бойынша қарастырамыз. Пайданылған шығындар туралы олардың ең басты құрамдарындағы энергия немесе қуат шығындарын, электр жүйесінен қоректенетін қуат P_1 мен қозғалтқыштың білігіндегі пайдалы қуаттың $P_2 = M\omega$ арасындағы айырмашылық ретінде бағалаймыз. Кейбір жағдайларда реттеудің үнемділігіне баға бере отырып, оның салмағына, жабдықтамалардың көлеміне, сенімділігіне, қоректенетін желіге тигізетін әсеріне және т.б. назар аударамыз.

Келтірілген алты бағалауымызды біріктіріп, жылдамдықты реттеудің әртүрлі тәсілдерінің толық сипаттамасын анықтауға болады. Жатық, тұрақты және жоғары қатанды сипаттамалы, кең диапазонды екі зоналық реттеу, капиталдық шығыны мен пайдаланылған шығыны аз, шамамен шығындылығымен тең, мүмкіндік жүктемемен, жабдықтаманың көлемі мен салмағы аз, жоғары пайданылған семінді реттеу тәсілі идеалды тәсіл болып саналады.

Бірақ мұндай идеал тәсіл болмайды, сондықтан инженердің міндеті қолдағы бар мүмкіншілікті дұрыс бағалауды және дәлелді түрде, ең тиімді техникалық қорытынды алу мақсатымен қолдауды үйрену болып табылады.

II. ТӘУЕЛСІЗ ҚОЗДЫРҒЫШТЫ ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ БАР ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНІҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН РЕТТЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

2.1. ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ МЕН ТЕҢДЕУЛЕРІ

2-1 суретте тәуелсіз қоздырғыш жұмысына сипаттама беретін негізгі сүбесі, параметрі және айнамашылары көрсетілген. Қозғалтқыштың жұмысын талдау үшін, якорь тізбегіндегі идеал кернеу көзін пайдаланады, яғни параметрлері тұрақты, магнит ағыны жүктемеге байланыссыз деп алып жүргіземіз.

Қозғалтқыштың жұмысы электротехниканың 3 заңына негізделген.

Электромагниттік индукция заңы

$$E = k\Phi\omega \quad (2-1)$$

Электромагниттік күш заңы

$$M = k\Phi I \quad (2-2)$$

Және Кирхгофтың 2-шы заңы

$$U = E + IR \quad (2-3)$$

Жоғарыдағы теңдеулердегі айнымалылар: E – айналуының ЭҚК
 Φ – бір полюстегі магнит ағымы.

I – якорьдегі ток.

k – қозғалтқыштың конструкциясымен анықталатын коэффициент.

СИ системасындағы бұл коэффициент жоғарыдағы үш теңдеу үшін бірдей.

$$k = \frac{PN}{2na} \quad \text{мұнда } P \text{ - қозғалтқыштың жұп полюсінің саны.}$$

N – якорь орамының активті өткізгіштер саны.

A – якорь орамының жұп параллельді тарауларының саны.

$R = R + R_{\text{кос}}$ – якорь тізбегінің толық кедергісі

$R_{\text{я}}$ – якорь орамдарының щетка мен щетканың контактысының, сонымен қатар қосымша орамдарының полюстерінің кедергілері. $R_{\text{кос}}$ – қосымша резисторлардың кедергісі. /2-1/ мен /2-3/ біріктіре отырып, электромеханикалық сипаттамасының теңдеуін аламыз.

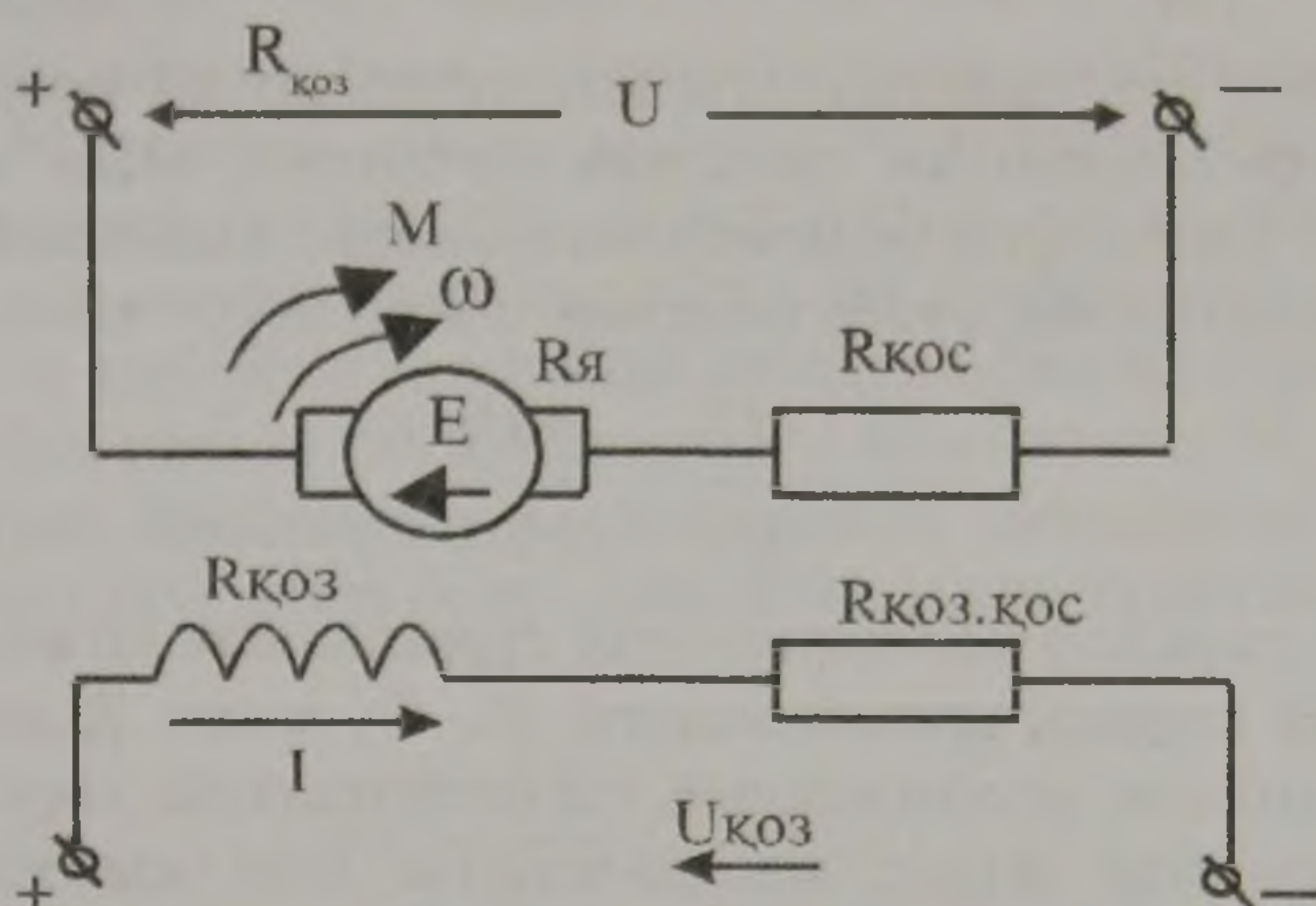
$$\omega = \frac{U - IR}{k\Phi} \quad (2-4)$$

/2-4/ –гі I –дің орнына, оның /2-2/ теңдігінен алынған, формуланы қойып механикалық сипаттамасының теңдеуін аламыз.

$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{MR}{k^2\Phi^2}$$

(2-5)

/2-5/ теңдеуіне қозғалтқыштың эл.магниттік моменті бар, бұл қозғалтқыштың режиміндегі машина білігі моментінің ΔM шамасына артық болады, ол механикалық және болаттағы шығындарға негізделген.



2-1 сурет. Тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышы (ТҚТТҚ).

Сондықтан есептеулерде қозғалтқыштың моменті M -ге тең деп алып шығын моментін ΔM статикалық жүктеменің келтірген моментіне, M_c -ке қосу керек. Егер статикалық жүктеменің моменті $M_c = 0$, онда қозғалыс теңдігіне сәйкес қалыпты режим үшін қозғалтқыштың моменті де нольге тең болды. Қозғалтқыш жұмысының мұндай режим үшін қозғалтқыштың моменті де нольге тең болады. Қозғалтқыш жұмысының мұндай режимі идеалды бос жүріс деп аталады. Бұл уақытта қозғалтқыштың тоғы нольге тең, ал оның Э.Қ.К.-қозғалған кернеуге тең.

Бос жүрістің жылдамдығы /2-5/ теңдігінен

$$\omega_0 = U/k\Phi$$

Механикалық сараптамасының екінші мүшесі жүктеме моментінің функциясы болып, жүктеменің әсіретінен жылдамдықтың құлауын көрсетеді

$$\Delta\omega = \frac{MR}{(k\Phi)^2}$$

Егер кернеу көзіне қосылған қозғалтқыштың жылдамдығы нольге тең болса, мұндай режим қысқа тұйықталу режимі деп аталады.

Қысқа тұйықталу моментін мына теңдіктен табамыз

$$\frac{U}{k\Phi} - \frac{M_{к.т} R}{(k\Phi)^2} = 0$$

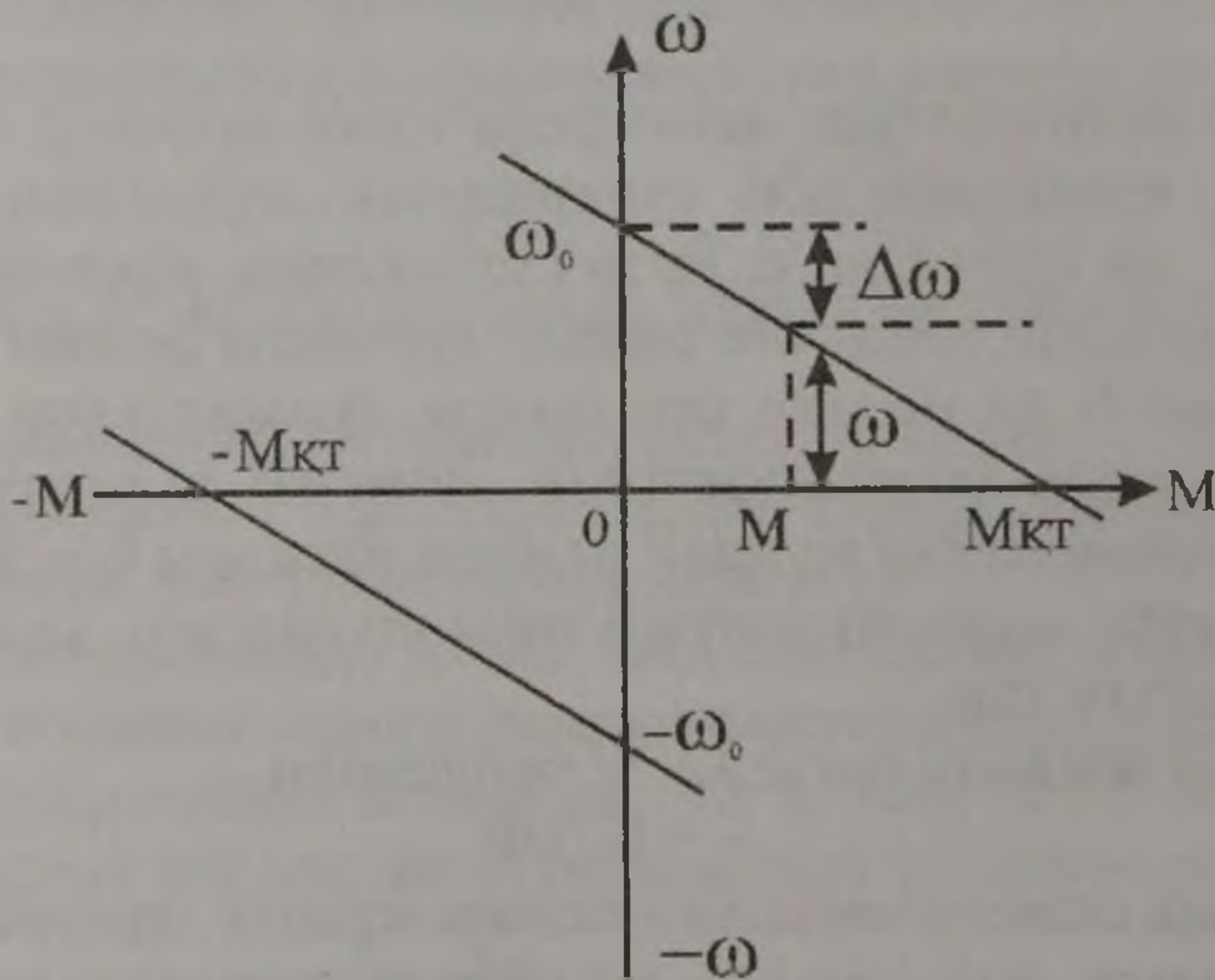
бұдан $M_{к.т} = k\Phi \frac{U}{R} - k\Phi I_{к.т}$

Мұндағы $I_{к.т}$ - тыныштықтағы қозғалтқыштың якорінің тоғы.

Егер қоздыру ағынының бағытын өзгертпей, онда қозғалтқыштың якоріндегі ток бағыты моментімен айналыс жылдамдығы өзгереді. Бұл кезде механикалық сипаттамалар мына түрге келеді

$$\omega = - \frac{U}{k\Phi} - \frac{MR}{(k\Phi)^2}$$

2-2 суретте тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышының кері және тура кернеу қосылғандағы U , Φ , және R шамаларының тұрақты болғандағы механикалық сипаттамалары көрсетілген. Бұл кезде идеалды бос жүріс жылдамдығы мен қысқа тұйықталу моментінің абсолюттік шамасы өзгеріссіз қалғандықтан, сипаттамалар координата басымен салыстырғанда симметриялы болып орналасады.



2-2 сурет. ТҚТТҚ-ның кері және тура кернеу қосылғандағы механикалық сипаттамасы.

Тұрақты ағын кезінде тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыш якорінің моментімен тоғы сызықты байланыста болады. Сондықтан, электро-

механикалық сипаттамасының графикалық бейнесі механикалық сипаттамасының графигінен абсцисса өсі бойындағы масштабы бойынша айырмашылық жасайды. $R=R_{я}$, $U=U_H$, $\Phi=\Phi_H$ болғандағы механикалық сипаттама табиғи механикалық сипаттамасы деп аталады; $U \neq U$, $\Phi \neq \Phi_H$. Немесе $R \neq R_{я}$ болса, онда сипаттама жасанды механикалық сипаттама деп аталады.

Электр машинасымен жүзеге асатын энергияның өзгеруіндегі процесіте ЭҚК-нің E атқаратын ролін қарастырайық. Егер, алғашында қалыпты режим $M_1=M_{C1}$ болып, содан соң $M_C M_{C2}$ дейін өзгерсе /мысалы, өссе/, онда жаңа қалыпты режимге келтіру үшін жаңа тәсіл қажет, жаңа M_C мәніне сәйкес келетін M -ді өзгертетін құрал керек. Іштен жанатын қозғалтқыштарда бұл рольді жағар майдың берілуін көбейту арқылы оператор орындайды. Бу турбиналардың бұл рольді будың берілуін көбейтетін арнайы реттегіш орындайды. Электр машинасында бұл рольді ЭҚК атқарады. Шынында, M_C өскен сайын қозғалтқыштың жылдамдығы төмендейді, сондықтан /2-1/ сәйкес ЭҚК-де азаяды /түсінікті болу үшін Ф.И. және тұрақты деп аламыз/. /2-3/ тен

$$I = \frac{U - E}{R} \quad /2-6/$$

демек ток өседі, сонымен қатар /2-2/-ке сәйкес момент те өседі. Қозғалтқыш автоматты түрде, оның механикалық сипаттамасы анықталатын, сыртқы күштердің әсерісіз-ақ жаңа қалыпты жағдайға келеді. Сондықтан машина қозғалтқышты, немесе тежегіш режиміне істесе де ЭҚК реттегіш қызметін атқарады.

2.2. ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТЕЖЕГІШ РЕЖИМІНДЕГІ ЖҰМЫСЫ

Қазіргі электржетектерде механизмдері тез және дәл тоқтату немесе айналу бағытын өзгерту жағдайы өте көп кездеседі.

Якорьдің айналу жылдамдығы мен моментінің бағыттарының қарама-қарсылығы барлық тежегіш режимдерге тән. Әрбір тежегіш режим өз алдына генераторлы режим болады, өйткені білік арқылы машинаға берілген энергия, электр энергиясына айналып, желіге беріледі, немесе якорьмен байланысты кедергілерде ыдырап кетеді.

Тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыш мұндай тежегіш режимдердің біреуінде жұмыс істей алады: энергияны электржүйесіне беру арқылы тежеу /желімен параллель қозғалтқыштың генератор режиміндегі жұмысы; қарсы қосу арқылы тежеу/ желімен тізбекті қозғалтқыш-

тың генератор режиміндегі жұмыс; динамикалық тежеу желімен байланыссыз қозғалтқыштың генератор режиміндегі жұмысы.

а/. Энергияны желіге беру арқылы тежеу қозғалтқыштың жүйемен параллель генератор режиміндегі жұмысы.

Егер қозғалтқышты бос жүрістегі жылдамдығына қарағанда басқа бір электр көзі арқылы жоғары жылдамдықпен айналдырса, онда қозғалтқыштың ЭҚК қосылған кернеуден жоғары болады, осының нәтижесінде қозғалтқыштағы якорьдің тоғы мен моменті өз таңбаларын өзгертеді. Бұл жағдайда қозғалтқыштың білігіне берілетін механикалық энергия электр энергиясына айналады да, қозғалтқыштың бойында жоғалғаннан басқа энергия желіге рекуперцияланады.

Бұндай тәсілмен тежеудің жақсы жағы, оның тежеу кезінде энергияның көп бөлігін желіге рекуперциялау арқылы пайдаға жаратуға болатындығы, бұл жағдай қалыпты жұмыс режимі кезінде, жүктеменің моментінің активті қасиетін және идеалды бос жүрістің жылдамдығына тежеу жылдамдығы көп болғанда қолданылады.

Механикалық сипаттамасында энергияны жүйеге беру арқылы тежеу а, в және а, в бөліктерінде сәйкес келді /2-3 сурет/.

б/. Қарама-қарсы қосу арқылы тежеу / жүйемен тізбектей қосылған қозғалтқыштың генератор режиміндегі жұмысы/.

Егер қозғалтқыш келтірілген кернеудің таңбасына сәйкес және орамдардың қосылу тәсіліне байланысты белгілі бір бағытқа айналуға бейімделсе, ал қозғалтқыштың якорі сыртқы инерция күшінің немесе сыртқы моментінің әсерінен қарама-қарсы жаққа айналса онда, мұндай режим қарама-қарсы қосу режимі деп аталады /немесе қарсы ток /.

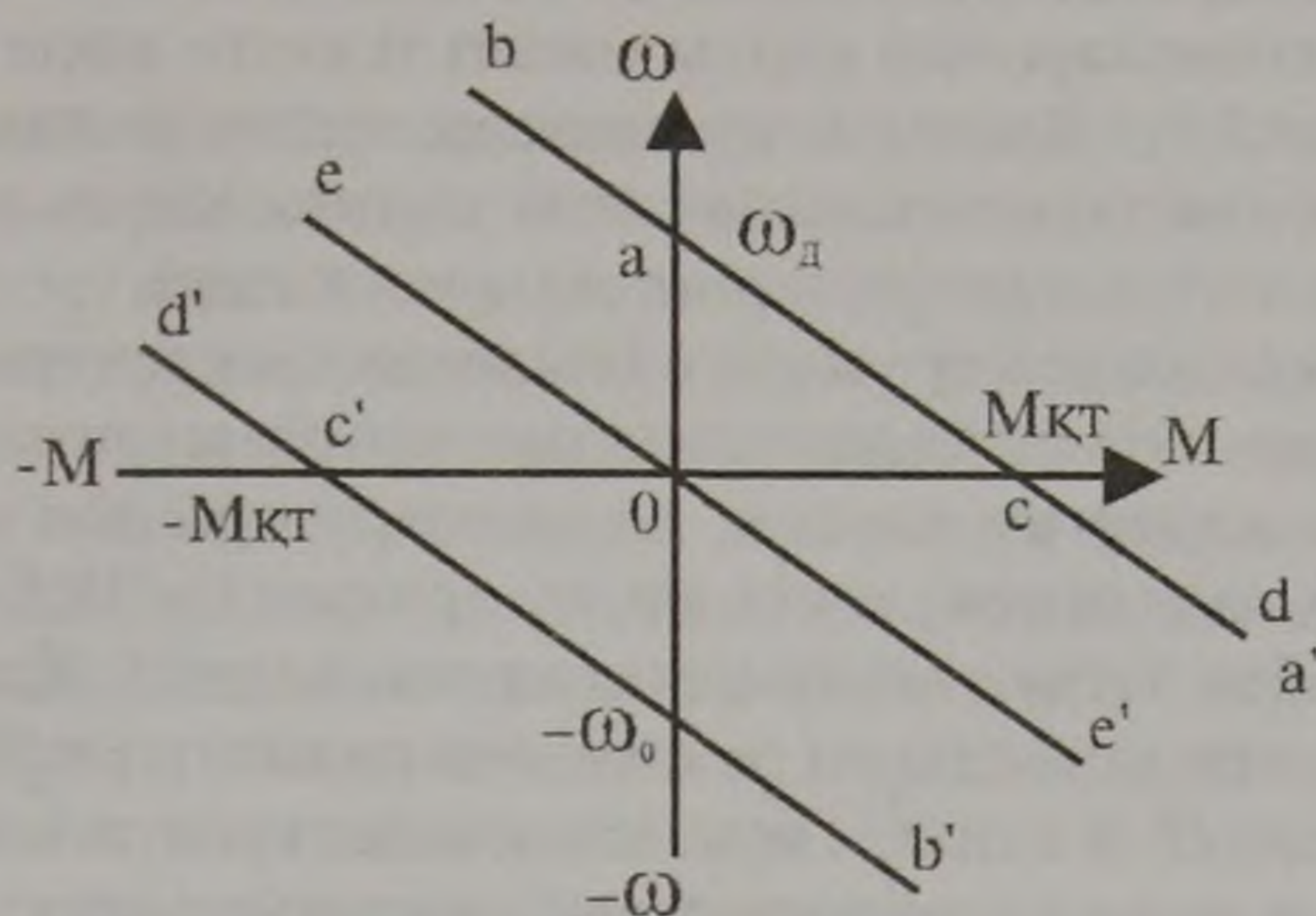
Қарама-қарсы қосу режимінде момент таңбасын сақтаса, қозғалтқыштың жылдамдығының таңбасы немесе қозғалтқыш жылдамдығының таңбасы сақталса, момент таңбасы өзгереді.

Бірінші жағдай: егер берілген сипаттамада қысқа тұйықталу моментінен көп болатын статикалық жүктеменің активтік моменті әсер етсе ғана болады.

Жылдамдық таңбасы өзгерту нәтижесінде қозғалтқыштың ЭҚК берілген кернеумен теңеседі және якорьдегі ток мына теңсіздікпен аныкталады:

$$I = \frac{U + E}{R_{я} + R_{кoc}}$$

Бұл жағдайда қалыпты режимнің жылдамдығы осыған байланысты тандап алынған тиісті қосымша кедергілеріне байланысты кезкелген шекпен шектелуі мүмкін.



2-3 сурет. ТҚТТҚ-тын желіге қайтару тежеу сипаттамасы.

Статикалық жүктеменің активті момент моментінің әсерінен қарсы қосу режимі көтергіш қондырғыларда баяу жылдамдықпен жүктерді түсіруге қолданады. Практикада қарсы қосу режимі якорьге келтірілген кернеудің таңбасын ауыстыру арқылы көптеген жағдайларда қозғалтқышты тоқтатуға немесе бағытын өзгертуге қолданылады. Берілген кернеудің таңбасын өзгерткенде, қозғалтқыштың якоріндегі ток өзінің бағытын өзгертеді; осыған сәйкес қозғалтқыш тоқтағанға дейін жылдамдыққа қарсы болады. Осының нәтижесінде қозғалтқыш тоқтайды да, содан кейін қарсы жаққа айнала бастайды.

Механикалық инерцияның әсерінен қарсы қосу режимінің алғашқы уақытында қозғалтқыш өз жылдамдығын сақтайды, осыған орай қозғалтқыштың ЭҚК-нің де шамасы мен таңбасы сақталады, және қозғалтқыш режиміндегі якорьдің тобы табиғи сипаттамаларымен

анықталатын болса
$$I_{\text{козг}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}}}$$

Онда қарсы қосу режимінің алғашқы уақытында ток мынаған тең болады:

$$I_{\text{козг}} = \frac{-U - E}{R_2 - R_{\text{кос}}}$$

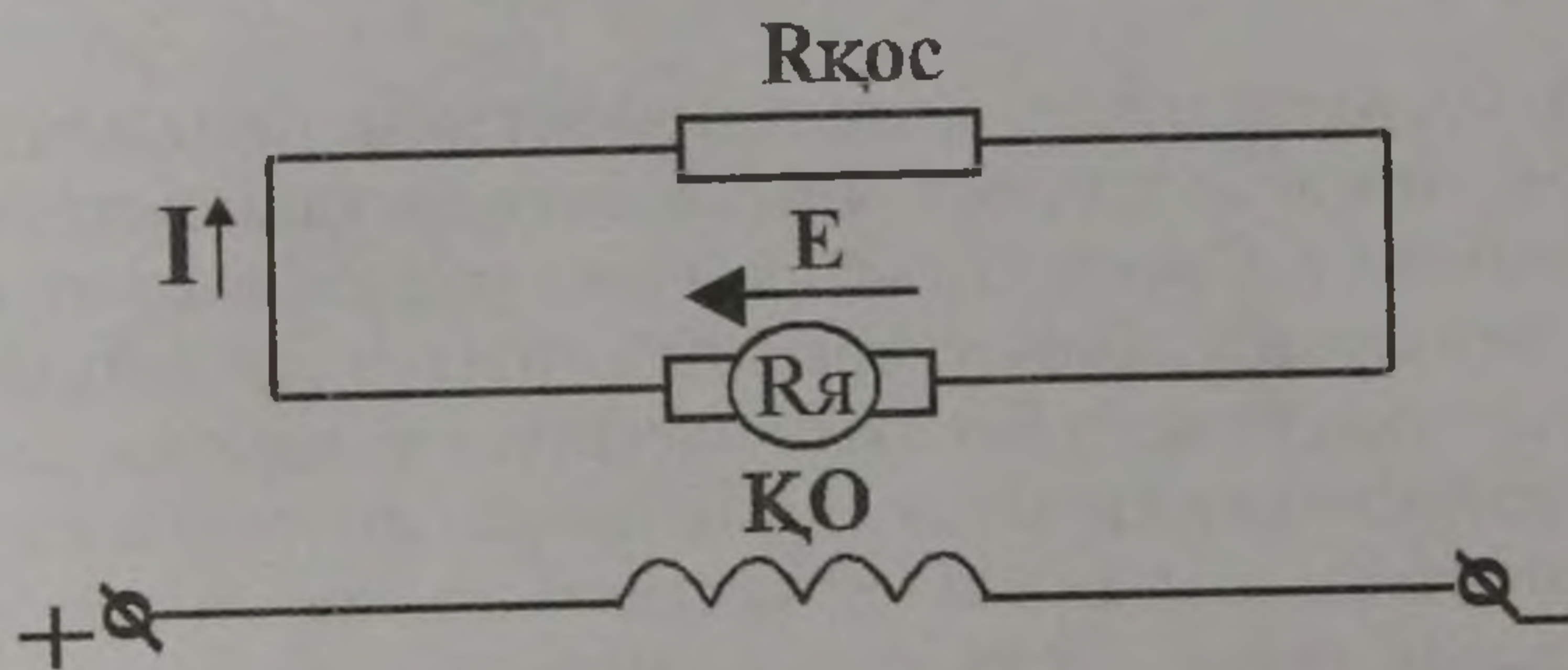
мұндағы $R_{\text{кос}}$ тоқты шектеуге арналған қосымша кедергі.

Қарсы қосу арқылы тежегенде, толық тоқтағанға дейін оның якорі тоқтау сәтінде кернеу көзінен ажыратылған болуы керек, олай болмаған жағдайда қозғалтқыш статикалық жүктеменің моментімен анық-

талатын жылдамдықпен қарсы жаққа қарай айнала бастайды. Механикалық сипаттамаларында қарсы қосып тежеуге және аралығы сәйкес келеді /сур.2.3./ Қарсы қосу арқылы тежеу режимінде энергия жетекке механизм тарапынан да, желі тарапынан да келе бастайды және якорьлік тізбек кедергілеріне ыдырап кетеді.

в/. динамикалық тежеу/ желіге байланыссыз генератор режимі/.

Егер айналып тұрған қозғалтқыштың якорін кернеу көзінен ажыратып сыртқы кедергіге қоссақ, ал қоздыру орамын кернеу көзіне қосылған күйі қалдырсақ, онда якорь орамында ЭҚК индукцияланады және тізбек тұйық болғандықтан ток жүреді. Қозғалтқыштың ЭҚК әсерінен ток қозғалтқыш режимімен салыстырғанда өзінің таңбасын өзгертеді /2-4 сурет/. Бұл ток қоздырғыш ағынымен әрекет қозғалтқыштың якорінің айналыс жылдамдығына қарсы бағытталған момент тұрады.



2-4 сурет. ТҚТҚ-тың динамикалық тежегіш сипаттамасы.

$U=0$ деп алып жағдайдың эл. механикалық және механикалық сипаттамаларының тендеулерінен /2-4/және /2-5/формулаларынан алуға болады.

$$\omega = - \frac{IR}{k\Phi} \quad /2.7/$$

және
$$\omega = - \frac{MR}{(k\Phi)_2} \quad (2.8)$$

Динамикалық тежеу режиміндегі сипаттамалар координата басы арқылы өтеді /е 0 е түзуі 2-3 сурет/. Жылдамдықты баяулатқан сайын тежеу моменті азая береді, егер оның шамасын көбейту қажет болса төменгі жылдамдықтарда 2 немесе сатылы 3 тежеу тәсілі қолданылады, бұл кезде қозғалтқыштың жылдамдығының баяулауына сәйкес якорьлік тізбектің кедергілерін сатылап азайтады.

2.3. ҚОЗҒАЛТҚЫШ СИПАТТАМАЛАРЫН ЕСЕПТЕУ

Бұл уақытқа дейін қозғалтқыш жұмысын анықтайтын параметрлері мен айнымалыларға біз шек қойғанымыз жоқ. Сонымен қатар практикалық есептеулерді шешу үшін параметрлерді сипаттамалармен шектеулерді ескеруіміз керек. Енді соларды қарастырайық.

Табиғи сипаттамасы номинал кернеуге U_n , номиналды ағынға Φ_n және якорь тізбегіндегі қосымша кедергінің жоғына $R=R_{я}$ сәйкес болады. Тәуелсіз қоздырғыш қозғалтқышының кез-келгенінің паспортында мұндай номинал шамалар көрсетілген: кернеу U ; ток I_n ; биіктігі қуат P_n квт; айналу жиілігін n_n ; η_n ПӘК; қоздырғыш ток $I_{қаз.н}$.

Басқа параметрлері паспортта көрсетілмейді, оларды арнайы каталогтардан табуға болады. Қозғалтқыштың жылулық, магниттік, электрлік, механикалық жүктемелерінің есептік мәнін көрсететін паспорттық номинал берілістеріне сүйене отырып, табиғи сипаттаманы есептеп көрейік.

Тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштардың механикалық және электромеханикалық сипаттамалары түзу сызық түрінде болады. Оны құру үшін екі нүкте жеткілікті. Табиғи сипаттамасы үшін бұл екі нүктеге әдетте қозғалтқыштың номинал жұмыс режиміндегі және идеалды бос жүрісіндегі нүктелерді алады $M=M_n, \omega=\omega_n$ және $M=0, \omega=\omega_0$.

Қозғалтқыштың номинал жылдамдығы паспортта көрсетілгендіктен M_n мен $\omega_0=v$ ғана табуымыз керек.

Жоғарыда көрсеткеніміздей $\omega_0 = \frac{U_n}{k\Phi_n}$, $M_n = k\Phi_n I_n$ яғни бұл нүктелерді табу үшін $k\Phi_n$ -ді білуіміз керек. Табиғи электромеханикалық сипаттамасына U_n, I_n, ω_n -ды қойып /2-4/-ден шығарып алуға болады.

$$k\Phi_n = \frac{U_n - I_n R_{я}}{\omega_n}$$

$k\Phi_n$ -ді есептеу үшін $R_{я}$ -ны білуіміз керек. Оны не каталогтан табуымыз керек, не болмаса мына формуладан табуымызға болады. $I_n R_{я} = 0,5 \Delta R_{я} = 0,5 U_n I_n (1 - \eta_n)$ бұдан қозғалтқыш тізбегіндегі кедергі $R_{я} = 0,5 (1 - \eta_n) U_n / I_n$ (2.9) мұнда η_n -номинал жүктеме кезіндегі қозғалтқыштың ПӘК. Сонымен, қозғалтқыштың механикалық және электромеханикалық сипаттамаларын паспортта берілген параметрлері бойынша салуға болады.

Реостаттық сипаттамасын салу үшін, номинал жүктеме кезінде реостат сипаттамасындағы қозғалтқыштың жылдамдығының шамасын білсе жеткілікті.

Электромеханикалық реостат сипаттамасының теңдігінен

$$\omega = \frac{U_H}{k\Phi_H} - \frac{I(R_r + R_{\text{кос}})}{k\Phi_H} = \frac{U_H}{k\Phi_H} \left[1 - \frac{I(R_r + R_{\text{кос}})}{U_H} \right] = \omega_0 \left(1 - \frac{I \cdot R}{U_H} \right)$$

тың номинал жүктеме кезінде $\omega_{H.P} = \omega_0 \left[1 - \frac{I(R_r + R_{\text{кос}})}{U_H} \right]$.

Ал практикалық есептеулерде салыстырмалы бірліктермен берілген сипаттамалардың теңдеулері тиімді. Белгілеулер енгізейік,

$\Delta\omega$ - салыстырмалы бірліктегі күрт түсуі.

$\bar{I} = I/I_H$ - салыстырмалы бірліктегі ток.

$\bar{M} = M/M_H$ - салыстырмалы бірліктегі момент

$\bar{R} = \frac{R}{R_H}$ - салыстырмалы бірліктегі кедергі

$R_H = U_H / I_H$ - Электрқозғалтқыштың номинал кедергісі, ол тыныштықтағы якорь мен номинал кернеу кезінде якорьдегі тоқты номинал мәнімен шектейді.

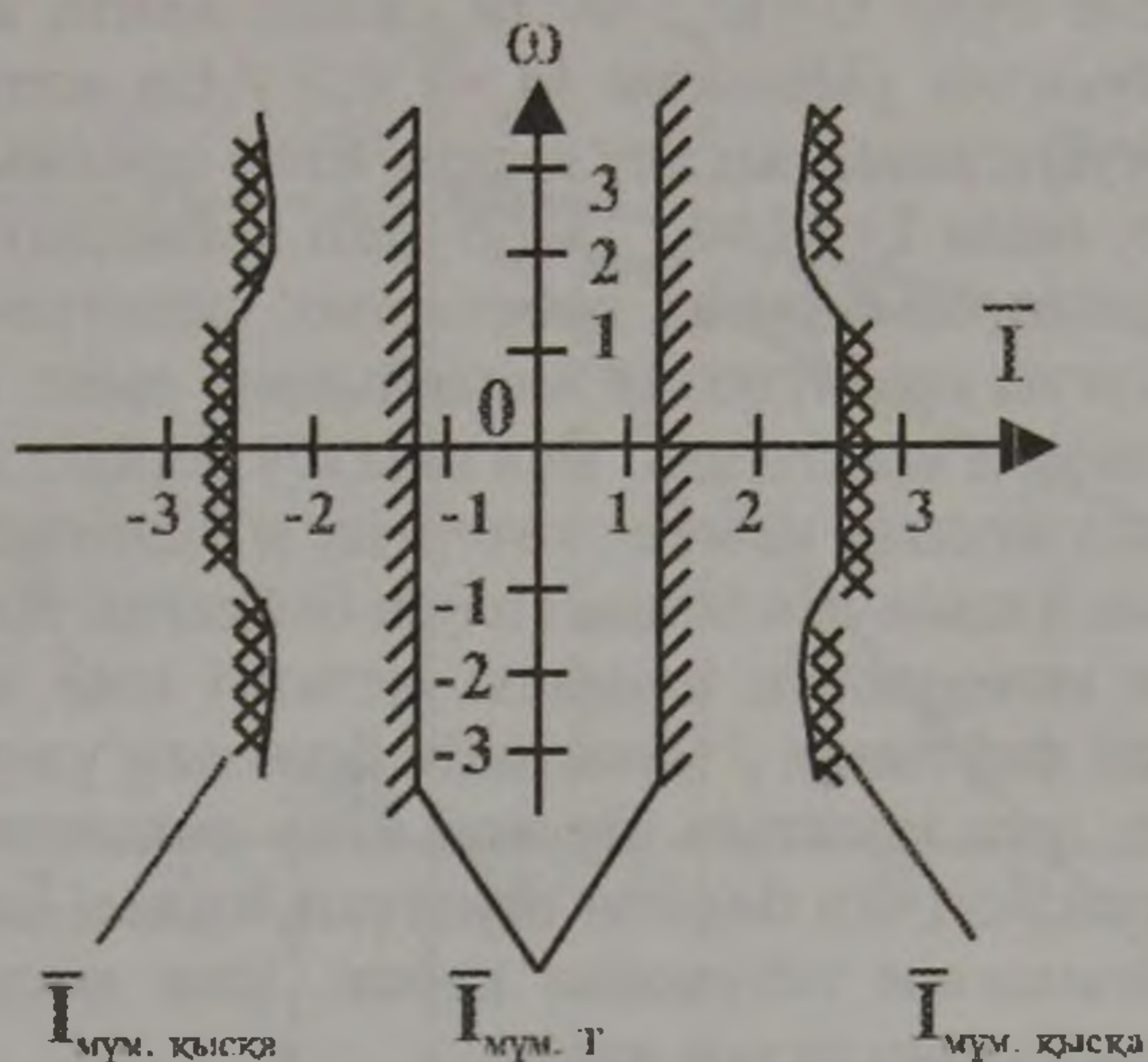
Жоғарыда алынған электромеханикалық сипаттаманы түрлендіре отырып салыстырмалы бірліктерге көшейік.

$$\omega / \omega_0 = 1 - \frac{\frac{I}{I_H} \cdot R}{U_H} \quad \text{немесе} \quad \bar{\omega} = 1 - \bar{I} \bar{R} \quad /2-10 /$$

Егер $\Phi = \Phi_H$, кезінде $\bar{M} = 1$ деп есептесек, сонда алатынымыз $\omega = 1 - \bar{I} \bar{R}$ /2-10/. а/Номинал жүктеме кезінде $\bar{R} = 1 - \bar{\omega} = \Delta\omega$ /2-11/ сондықтан, \bar{R} -ды біле отырып \bar{R} -ға көшіп номинал жүктеме кезіндегі жылдамдықтың салыстырмалы күрт түсуі бойынша оған сәйкес \bar{R} - ты және $\bar{R}_{\text{кос}} = \bar{R} - R_r$ - ны табуға болады. Бұл кезде $R_r = \Delta\omega_H$ болатынын атап өткен жөн.

Сипаттамаларды салған кездерде біз қозғалтқыштың жақсы жұмыс істеуі үшін ток пен моментке қойылатын шектеулерді есепке алған жоқпыз. Енді іс жүзінде өте маңызды орын алатын осы сұрақты қарастырайық.

Біздің білетініміздей ұзақ уақыт жұмыс режимінде, берілетін токтың мүмкіндік шамасы машинаның қызуымен анықталады және алғашында $I_{\text{мүм}} = \pm I_H$ немесе $\bar{I}_H = \pm 1$ деп алуға болады /2-5 сурет/.



2-5 сурет. ТҚТҚ механикалық сипаттамасындағы ток пен моментке қойылатын шектемедеуі.

Коммутацияның қалыпты жағдайы, ауыспалы процесінде пайда болған уақытша ток ырғуын шектейді, және қалыпты жасалған машиналар үшін $I_{\text{мүм}} = \pm(2-2,5)I_{\text{н}}$ немесе $I_{\text{мүм}} = \pm(2-2,5)$ ($\Phi - \Phi_{\text{н}}$ кезде) және магнит ағыны азайған кезде біршама төмендейді /2-5 сур./ . Сондықтан, сипаттамаларды есептей отырып оның жұмыс бөлігінің штрихпен белгіленген сызықтан аспауын еске сақтау керек /2-5 сур./ . Мүмкіндік моменттердің шамаларын (2-2в) формуласымен есептеуге болады. Әрбір қозғалтқыштың ең жоғары жылдамдықтары да машинаның бөлшектерінің мықтылығына байланысты белгілі шамамен шектеледі /каталогта көрсетіледі/.

Осыларды есепке ала отырып енді қозғалтқыштың қосылғандағы және тежелген кездегі сипаттамаларын қарастырайық.

Алғаш қосылған кезде қозғалтқыштың якорі тыныштықта және ЭҚК-нольге тең. Сондықтан, қосқыш ток, егер оны сыртқы қосымша кедергімен шектемесе, шамадан тыс үлкен болуы мүмкін. Бұндай жағдай ЭҚК белгілі бір шамаға жеткенде, ал кернеу тез өзгерсе тежеу кезінде де болады /қарсы қосу арқылы тежеу кезінде таңба өзгереді немесе динамикалық тежеу кезінде $U=0$.

Қосқанда немесе тежегенде мүмкін емес үлкен ток ырғуын болғызбау үшін якорьмен тізбектей резисторлар қосылады, олар токтың мөлшерлі деңгейінде болады.

Берілген M_c бойынша, белгілі табиғи сипаттамасымен қозғалтқышты қосу /2-6 сур/ $U=U_{II}$, $\Phi=\Phi_{II}$ және қайта қосу режимімен тоқтату керек болсын /Мысалы $M_c=1,0,5$ /. Ең алдымен максимал тоқ моменті ырғуын анықтап алу керек. Егер арнайы бір жағдайларда көрсетілмесе, онда $I_i=M_i=I_{\text{м.м.к}} \leq 2,5$ деп қабылдауға болады.

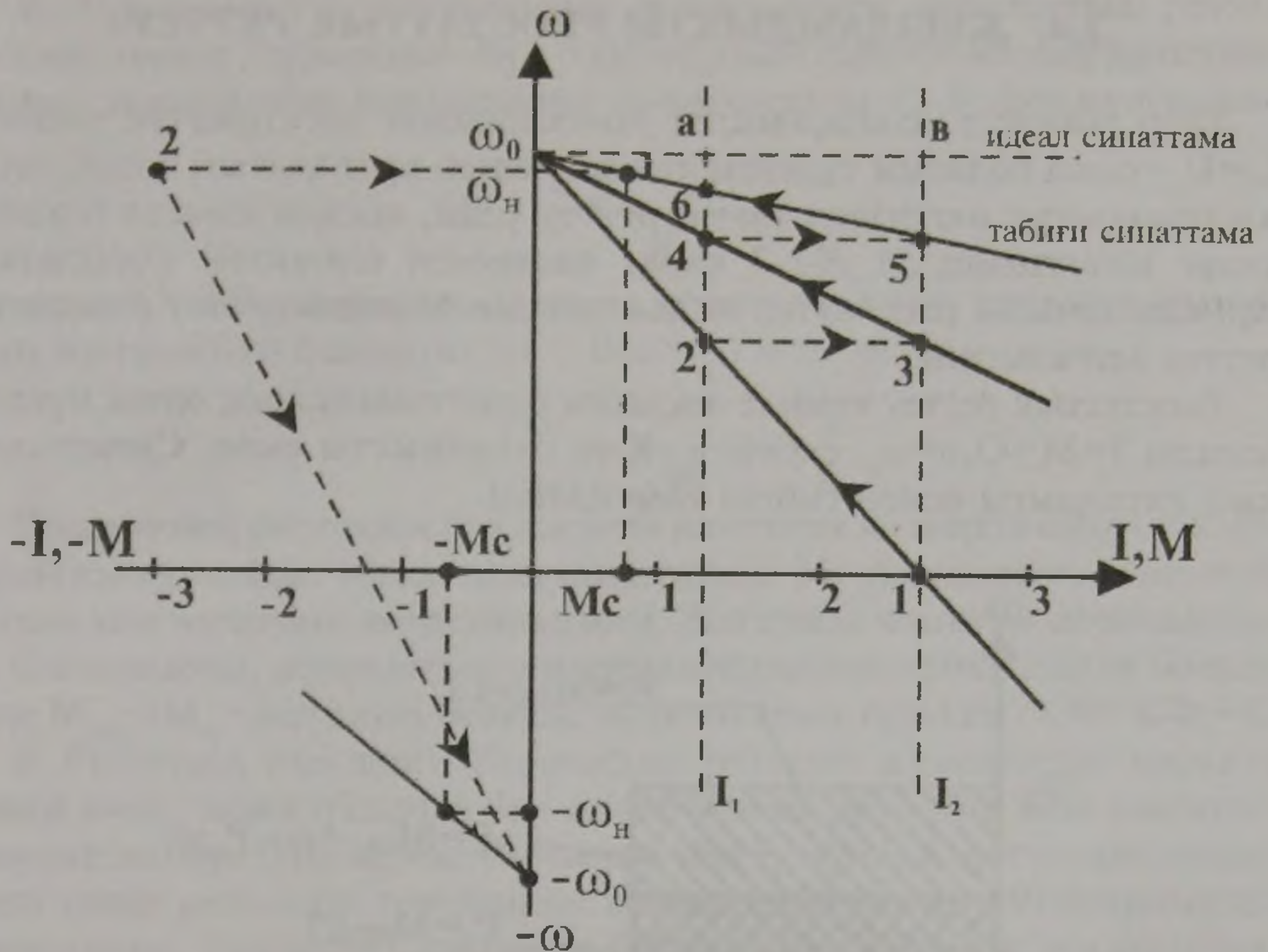
Кейбір жағдайларда бірінші реостаттық сипаттамаларында максимал токтың ырғуы коммутация жағдайымен емес, шекті мүмкіндік моменттің ырғуымен шектеледі. Бұл шектеу беріліс люфттарын алдын-ала шамалап алудың немесе көтергіш механизмдердің арқандарының бостығын алдын-ала тандап алуға байланысты алынған. Кейде қозғалтқыштың моментінің шамасы жетекті іске қосқан кездегі / адамдар таситын лифтілері / мүмкіндік болатын үдеумен шектеледі. $I_1=2,5$ деп алын, іске қосатын бірінші қосу сипаттамасын салайық. Енді қосу кедергісінің бір бөлігін шунттап, келесі сипаттамаларына көшетін $I_2 > I_c$ шамасын табуымыз керек. Іске қосу қалыпты болу үшін мына жағдай орындалуы керек:

$$I_2 > I_c$$

Егер қандай да бір қосымша жағдайлар болмаса, онда шамалап $I_2=(1,1-1,2)I_c$ деп алуға болады. Бұл қосу реостаттарының аз болуын қамтамасыз етеді. Егер іске қосу жатықтығы жоғары болу керек болса немесе реостаттың сатысының саны берілген болса I_2 сол жағдайлармен алынады. Қарастырылып отырған мысалдағы $I_2=1,6I_c$ деп алып, қарапайым құрулар арқылы табиғи сипаттамаға шығу кезіндегі токтың ырғуы I_1 -ге тең екендігін көреміз, яғни барлық ток ырғулары бірдей және сонымен бірге аралық саты қажет. Егер біз $I_2=(1,1-1,2)I_c$ деп алғанда онда жоғарыдағыдай құрулар арқылы ең I_1 -ден аз екендігіне көз жеткізетін едік. Ендеше керекті I_2 шамасын іріктеу арқылы оңай анықтауға болады.

Тежеу режимінде ырғу тоғын I_1 беріп T тежеу сипаттамасын құрайық. Кедергілерді есептеу үшін бұл сипаттамаларды бірінші квадратқа көшіру ыңғайлы (T).

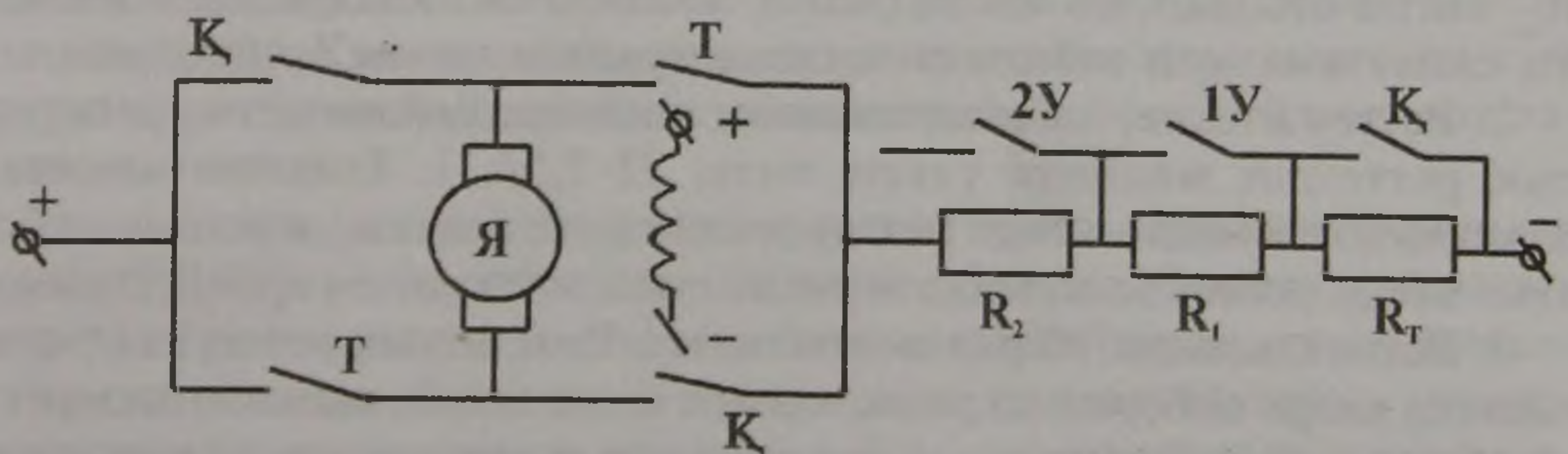
Салынған сипаттамаларға 2-7 суреттегі схема сәйкес келеді мұндағы $K, 1Y, 2Y$ -аппаратқа сәйкес келетін жалғасулар / контакторлар/. Қосқан кезде K тұйықталады да қозғалтқыш K_1 сипаттамасында жұмыс істейді. ($R=R_1+R_2$) Ток I_2 -ға дейін азайған кезде $1Y$ тұйықталады. Осының нәтижесінде қозғалтқыш K_2 сипаттамасына көшеді ($R=R_{\text{я}}+R_2$), ток келесі рет I_2 -ға дейін азайған кезде $2Y$ тұйықталады да, қозғалтқыш табиғи сипаттамасына T шығады. Тежелген кезде $K, 1Y, 2Y$ ажыратылады да T тұйықталады, соның нәтижесінде қозғалтқыш T сипаттамасына көшеді ($R=R_{\text{я}}+R_1+R_2+R_T$).



2-6 сурет. ТҚТТҚ-тың якорына қосылатын реттеу кедергілерін есептейтін сипаттамалар.

Кедергілерді R_T , R_2 , R_1 іске қосу диаграммасы арқылы, не /2-II/ теңдігі арқылы шығарып алуға болады. $R_я + R_2 = R_н \frac{dc}{dq}$ немесе

$$R = R_н \frac{bc}{dq} \quad R = R_н \frac{cd}{dq}; \quad R_T = R_н \frac{dc}{dq}$$

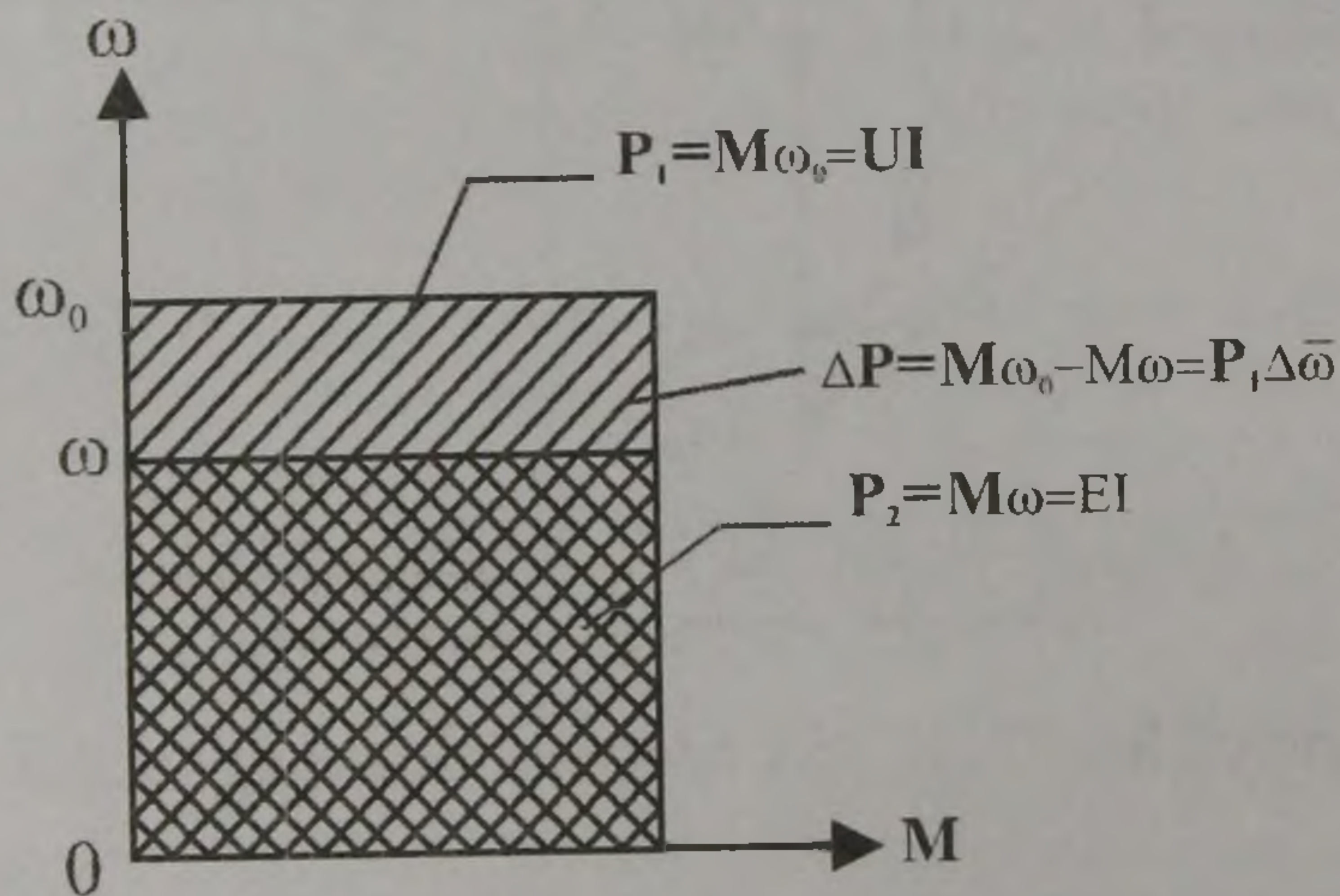


2-7 сурет. Реверсивті ТҚТТҚ якорына кедергілерді қосу тәсілі.

2.4. ЖЫЛДАМДЫҚТЫ РЕОСТАТТЫҚ РЕТТЕУ

Егер тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқышы электржетек кернеуі $U=U_n=const$ болатын тұрақты ток желісінен қуат алатын болса, онда жылдамдықты негізгіден төмен реттеу үшін, қосқан немесе тежеген кезде істегеніміздей /§2-3 қара/ якорьмен тізбектей қосылатын бірнеше сатылы реостаттар қолданылады. Мұндай реттеу реостатты реттеу деп аталады.

Реостаттық реттеу кезінде жасанды сипаттамалардың ортақ нүктесі болады $I=M=O, \omega=\omega_0$, себебі $\omega_0 R$ -ға байланысты емес. Сипаттаманың қатаңдығы өскен сайын төмендейді.



2-8 сурет. ТҚТТҚ жылдамдықты реттеудегі қуаттың өзгеру графигі.

§ 1-4 көрсетілген көрсеткіштер бойынша реостаттық реттеуге баға берейік

1. Реттеу бағыты. Бір зоналы-негізгі жылдамдығынан төмен, себебі $R_{қос}$ енгізе отырып, $\Delta\omega$ -ны өсіреміз, сондықтан I квадраттағы жасанды сипаттамалары табиғи сипаттамаларынан төмен орналасады.

2. Реттеу мөлшері. Сипаттаманың пішініне байланысты, реостаттық реттеудің мөлшері үлкен емес, /2-2,5/: 1. Есептеп алынған жүктемені азайтқан кезде реттеу мөлшері де азаяды, жүктеме аз болған кезде реттеу іс жүзінде мүмкін емес, өйткені $\omega \approx \omega_0$.

3. Жатықтылығы /бірқалыптылығы/. Реостаттық реттеуі-сатылы, өйткені якорь тізбегіндегі резистордың кедергісінің шамасы дискретті өзгертуді ғана қабылдайды. Коммутациялық аппараттарды көп керек еткендіктен, саты санын көбірек алу қиынға соғады.

4. Тұрақтылығы, жылдамдық тұрақтылығы реостаттық реттеу кезінде төмен /тұрақсыз/. Бұл –дің өсуімен сипаттаманың қатандығының төмендеуіне байланысты. Шынында да /2-5/ формуласынан

$$M = \frac{U_n C - \omega C^2}{R}$$

мұндағы $C = k\Phi$ /алдағы уақыттарда қозғалтқыштың қоздыру ағынының өзгермеуіне байланысты C белгісін қолданамыз онда

$$\beta = \frac{dM}{d\omega} = \frac{-C^2}{R} = -\frac{1}{R}$$

Реостаттық реттеудің бұл қасиеті көптеген кездерде оның қолдануын қиындатады: төмен жылдамдықтағы M_c -тің кішкене ғана өсуі, ω -ның көп өзгеруіне әкеп соқтырады. Жоғарыда алынған жорамалдарға байланысты, реостаттың сипаттамаларының қайсысында болмасын $M_{\text{мүм}} = M_n$ –деп алуға болады, өйткені ағын тұрақты / $k\Phi = k\Phi_n = C$.

6. Реттеудің тиімділігі. Реостаттық реттеуге жұмсалатын қаражат үлкен емес: қозғалтқышқа бар жоғы бағалы резистор мен коммутациялық аппаратура керек. Сонымен бірге, мұндай реттеудің қолданған кезде реттеудің тереңдігіне байланысты, энергия айтарлықтай жұмсалады. Бұл реттеу тәсілінен байланысты шығады: жылдамдық, келген электр қуатын айналдыратын элемент-резистор қосу арқылы өзгереді. Реостаттық реттеу кезіндегі жоғалған қуатты есептеп көрейік. /2-3/ теңдігінің екі жағын да I -ге көбейтіп, қуат балансының теңдігін аламыз.

$$UI = EI + I^2 R$$

Мұндағы $UI = P_1$ - желіден алынған қуат.

$EI = P_{\text{эм}}$ - механикалық тізбегіндегі қуат шығымы.

I және E –ні магниттік ағын және жылдамдық арқылы келтіріп және /2-2/ формуласын қолданып, алатынымыз

$$\Delta P = k\Phi \omega_0 I - k\Phi \omega I = M \omega_0 - M \omega = M(\omega_0 - \omega)$$

2-8 суретінде /2-12/ формуласының графикалық түсіндірмесі берілген. Жылдамдықтың салыстырмалы күрт түсуіне көше отырып алатынымыз /2-11/. Қуат шығынының жылдамдықтың салыстырмалы күрт түсуіне пропорционалдығы өте маңызды, басқа жағдайларға қолдануға өте тиімді.

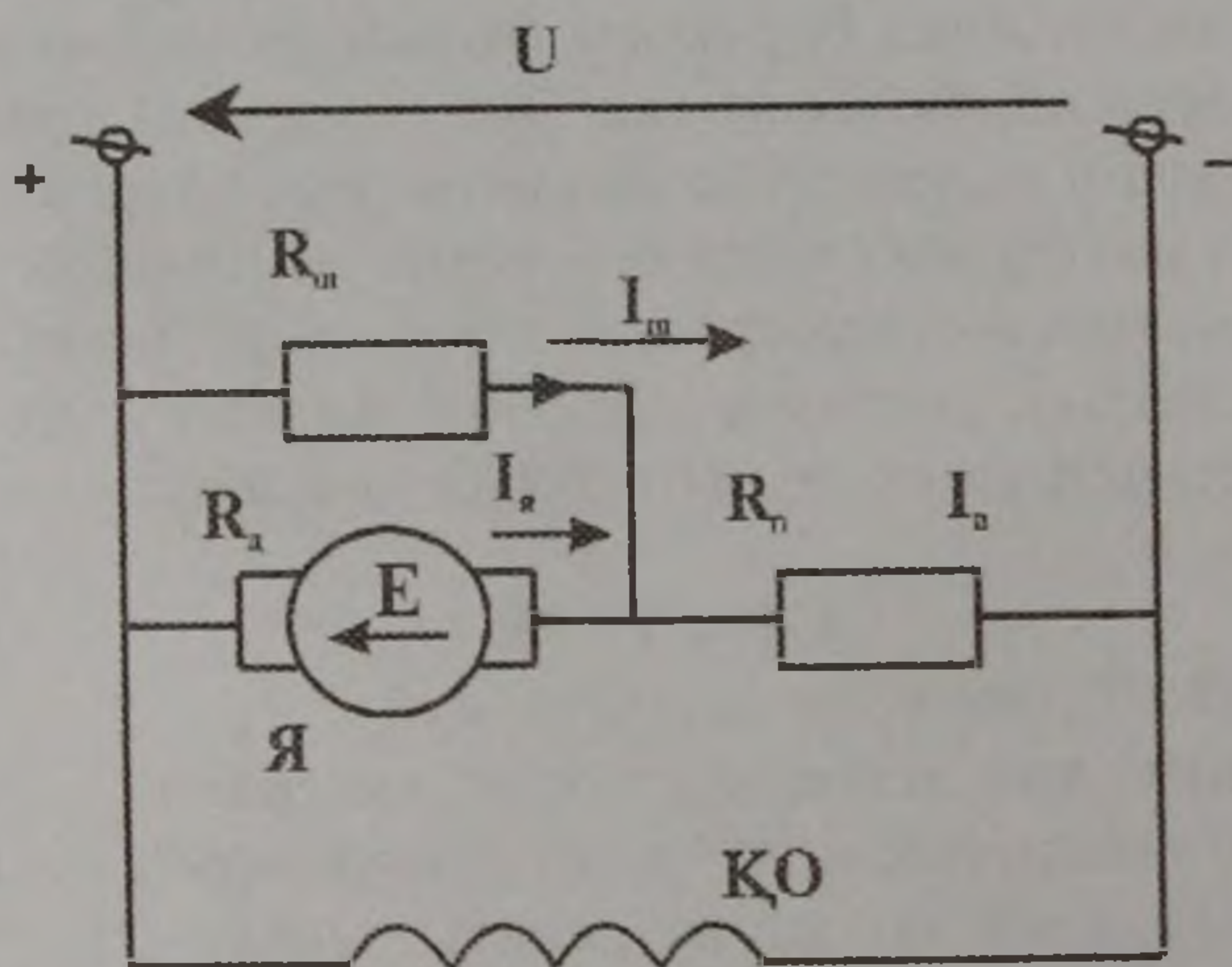
Реостаттық реттеудің барлық көрсеткіштеріне қарай отырып оның әлі жетілмеген реттеу тәсілі екенін көруге болады. Соған қарамастан, егер қуат көзі тұрақты тоқ желісі болған жағдайларда ол өмірде кең пайдаланылады /көтергіш транспорт қондырғылары, жалпы өнеркәсіптік механизмдер және т.б./. Бұл жағдайда оның іске асыруының жеңілдігімен және осы уақытқа дейін тұрақты тоқ көзінен қуат

алғанда жылдамдықты сипаттамасынан төмен реттеу мүмкіндігінің басқа тәсілінің жоқтығымен түсіндіріледі.

Параметрлік тәсілден реттеген кезде қозғалтқыштың электр тізбегінің қандай да бір параметрін өзгерумен немесе қоректенетін кернеуге мысалы: әртүрлі қосымша элементтер арқылы: резисторлар, конденсаторлар т.б. іске асырылады. Әдетте, бұндай тәсілмен реттеудің сапасы өте жоғары емес.

Өте жоғары сапасы көрсеткіштер қажет болған жағдайда, қозғалтқышқа әсер ету әдетте қозғалтқышты берілген кернеудің өзгерумен немесе сол кернеудің тазалығының өзгеруімен немесе екеуінің де өзгеруімен болатын электр қозғалтқыштың тұйық жүйесіне көшеді. Бұндай жүйені іске асыру үшін күш беретін әртүрлі тұрақты және айнамалы тоқты түрлендіргіштер қолданылады.

Реостаттық реттеудің бір түрі болып, оның реттеу мүмкіншілігін біршама кеңейтетін қозғалтқыш якорін шунттау сүбесі болып табылады /2-9/.



2-9 сурет. ТҚІТҚ якорін шунттау сүбесі.

Бұл тәсілдің жоғарыда қарастырғаннан айырмашылығы, біріншіде қозғалтқыштың идеал бос жүріс кезіндегі якорьдің кернеуі барлық реостаттық сипаттамалар үшін желінің кернеуіне тең және якорлік тізбектің кедергісіне байланысты емес. Шунттау сүбесінде $M_c = 0$ болғанда қозғалтқыштың якоріндегі кернеу желінің кернеуінен аз, сондықтан $R_{ш}$ және $R_{т}$ кедергілерінің ара қатысына байланысты идеал бос жүріс жылдамдығы төмендейді.

Осы сүбе бойынша қозғалтқыш сипаттамаларын қарастырайық.

$I = I_H$, $K\Phi = K\Phi_H$ $H = C$ -деп аламыз.

Кирхгоф заңын қолданып 2-9 сур. сүбе үшін мынадай теңдеулер жазуға болады:

$$I_H = I_J + I_{III} \quad (*)$$

$$U_H = I_{III} R_{III} + I_H R_H \quad (**)$$

$$U_H = E + I_J R_J + I_H R_H \quad (***)$$

/*/ формуласынан I_{III} -ны /* *//-ға қойып, алатынымыз

$$U_H = I_H (R_H + R_{III}) - I_J R_{III}$$

$$\text{Бұдан } I_H = \frac{U_H + I_J R_{III}}{R_H + R_{III}}$$

Бұл мәнді /****/-ға қойып

$$U_H = E + U_H \frac{R_J}{R_H + R_{III}} + I_J \left(R_J + \frac{R_J R_{III}}{R_H + R_{III}} \right)$$

$$\text{Бұдан } E = U_H \frac{R_{III}}{R_H + R_{III}} - I_J \left(R_J + \frac{R_J R_{III}}{R_H + R_{III}} \right)$$

Осы теңдіктің барлық мүшелерін C -ға бөліп және $\frac{R_{III}}{R_H + R_{III}} = a$

деп аламыз, электромеханикалық сипаттамасының теңдігін жазамыз:

$$\omega = a \omega_0 - \frac{I_J (R_J + a R_H)}{C} \quad /2-14/$$

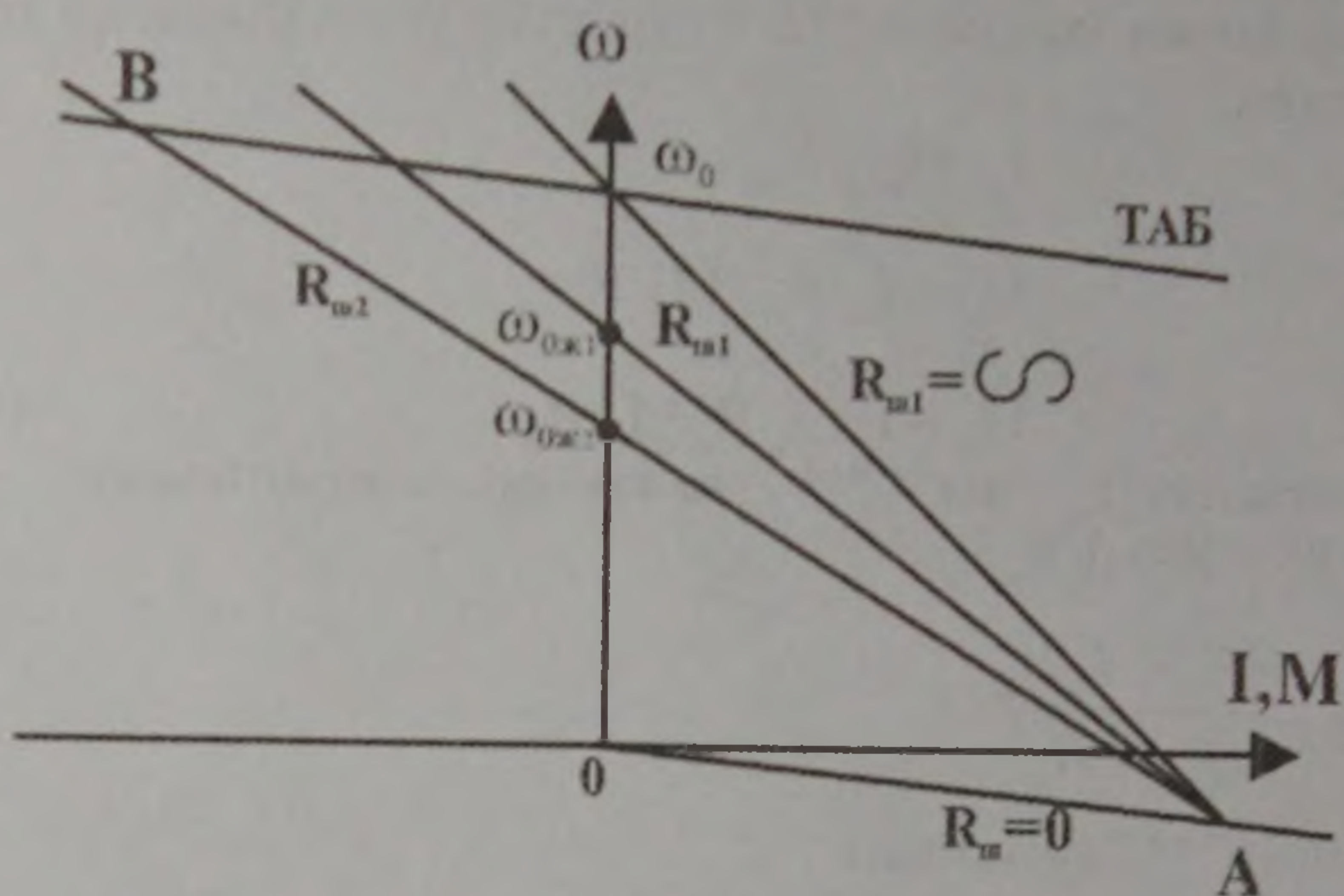
$M = C I_J$ екенін еске алып, якорьді шунттаған кездегі қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының теңдігін аламыз.

$$\omega = a \omega_0 - \frac{M (R_J + a R_H)}{C^2} \quad /2-15/$$

/2-15/ теңдігіне, қарап механикалық сипаттамаларының түзу сызқты және идеал бос жүріс жылдамдығының якорьді шунттаған кезде, қалыпты сүбеге қарағанда төмен екенін көруге болады.

$$\omega_{ож} = a \omega_0 \quad (a < 1)$$

егер R_H -ны өзгертпей R_{III} -ны нольден шексіздікке дейін өзгертетін болсақ, онда сипаттамалардың көптеген түзу сызық құрап, A нүктесінде қиылысатынын көрсетуге болады /2-10 сурет/.



2-10 сурет. ТҚТК-тың якорь шунттаудағы сипаттамасы.

Шынында да, бұл көптеген сипаттамалар екі түзумен шектеледі: $R_{ш} = \infty$ және $R_{ш} = 0$. Соңғы жағдайда якорьдегі кернеу нольге тең. Бұл жағдайда ол якорь орамындағы кернеудің құлауы қозғалтқыштың ЭҚК –не тең болғанда немесе оған қарама-қарсы бағытталғанда мүмкін болады. Бұл шамалардың қозғалтқыштық режимінен айырмашылығы /бұл режим кезінде ол шамалар бағыттас/ бұл қарастырып отырған жағдайда олар бір-біріне қарама-қарсы бағытталған. Бұл ЭҚК-нің таңбасын өзгерткенде ғана орындалады.

Сондықтан, $R_{ш} = 0$ болған кезде механикалық сипаттамасы мынадан табылады:

$$-E = I_a R_a$$

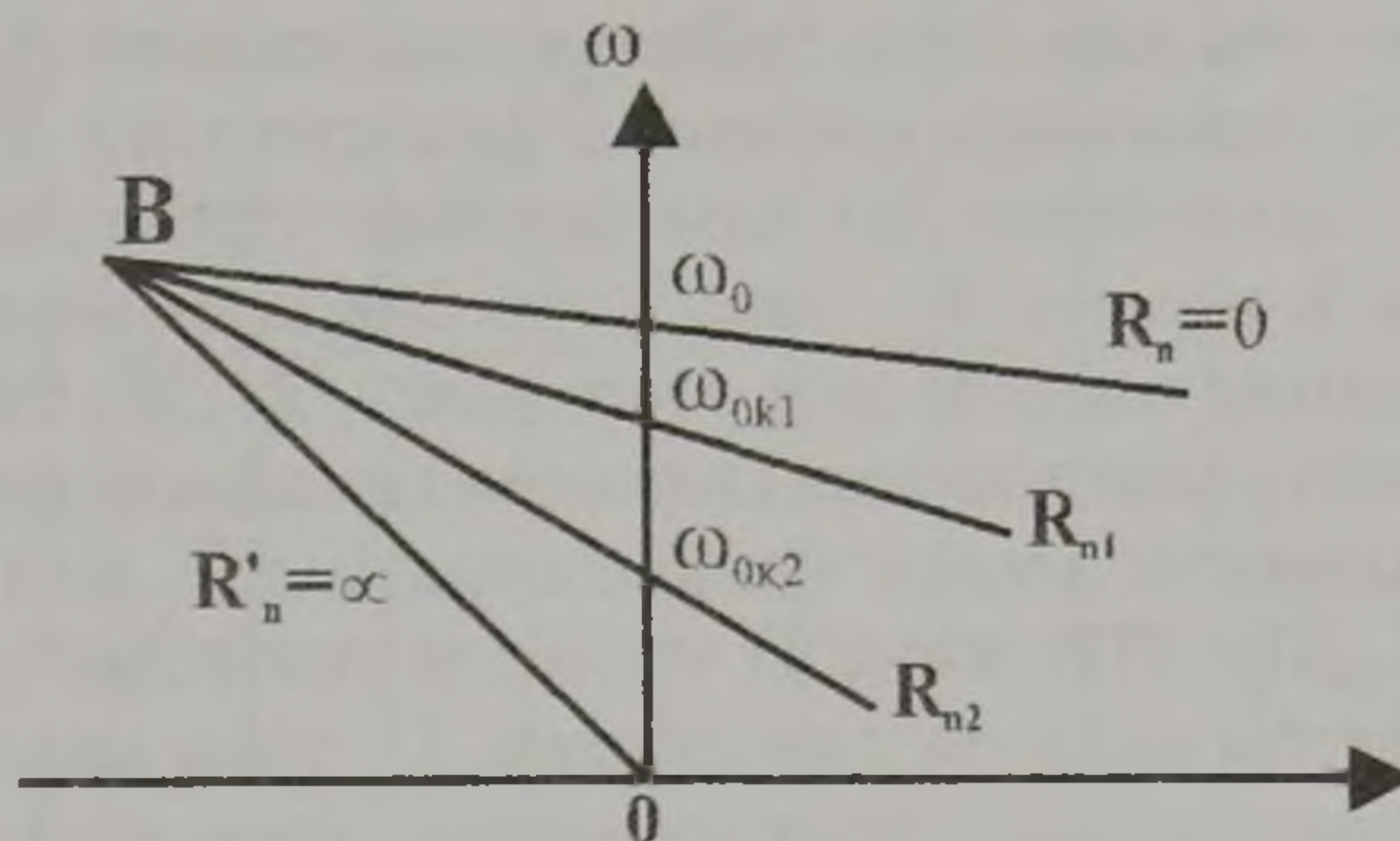
бұдан

$$-\omega = \frac{I_a R_a}{C} = \frac{MR_a}{C^2}$$

яғни механикалық сипаттама координатаның басынан өтетін, табиғи сипаттамасына параллель түзу сызық / $R = R_a$ кездегі динамикалық тежеу/ $R_{ш} = \infty$ және $R_{ш} = 0$ болғанда шеткі сипаттамалары А нүктесінде қиылысады. Бұл қозғалтқыш осы нүктеде жұмыс істеген кезде кедергісінің шамасы қозғалтқыштың жұмыс режиміне әсерін тигізбейді, яғни $R_{ш}$ кедергісіндегі ток нольге тең, демек бұл нүкте үшін $R_{ш}$ -ның кез-келген мәнінде мына теңдік тура болады.

$$U_H + E = I_H (R_a + R_H)$$

Егер $R_{ш}$ сақтап, $R_{п}$ -ны өзгертсек, онда генераторлық ауданда жатқан табиғи сипаттамасының бір нүктесінде қиылысатын көптеген сипаттамаларды көрсетуге болады / 2-11 сур./.



2-11 сурет. ТҚТТҚ-тың якорын шунттаудағы сипаттамасы.

Бұл жағдайда $R_{п} = 0$ /табиғи сипаттамасы/ және $R_{п} = \infty$ /дин. тежеу/ шеткісі болып табылады. Берілген $R_{ш}$ -да бұл түзулер В нүктесінде қиылысады. $R_{п}$ -ның басқа мәндерінде және берілген $R_{ш}$ -да барлық сипаттамалар осы нүктеде қиылысады, өйткені $R_{п} = 0$ және $R_{п} = \infty$ болған кезде сипаттамалардың нүктесінде қиылысуы кедергісінің шамасы машинаның жұмыс режиміне әсер етпейтінін көрсетеді; бұл $R_{п}$ кедергісіндегі ток нольге тең болғанда ғана мүмкін, демек $E = I_{я} (R_{ш} + R_{п})$ барлық сипаттамалар үшін $R_{п}$ -ға байланысты емес. Егер $R_{ш}$ кедергісін көбейтсек, онда көрсетілген теңдік ток аз болғанда да болады, яғни В нүктесі табиғи сипаттамасы бойымен жүктемесі аз облысқа қарай жылжиды.

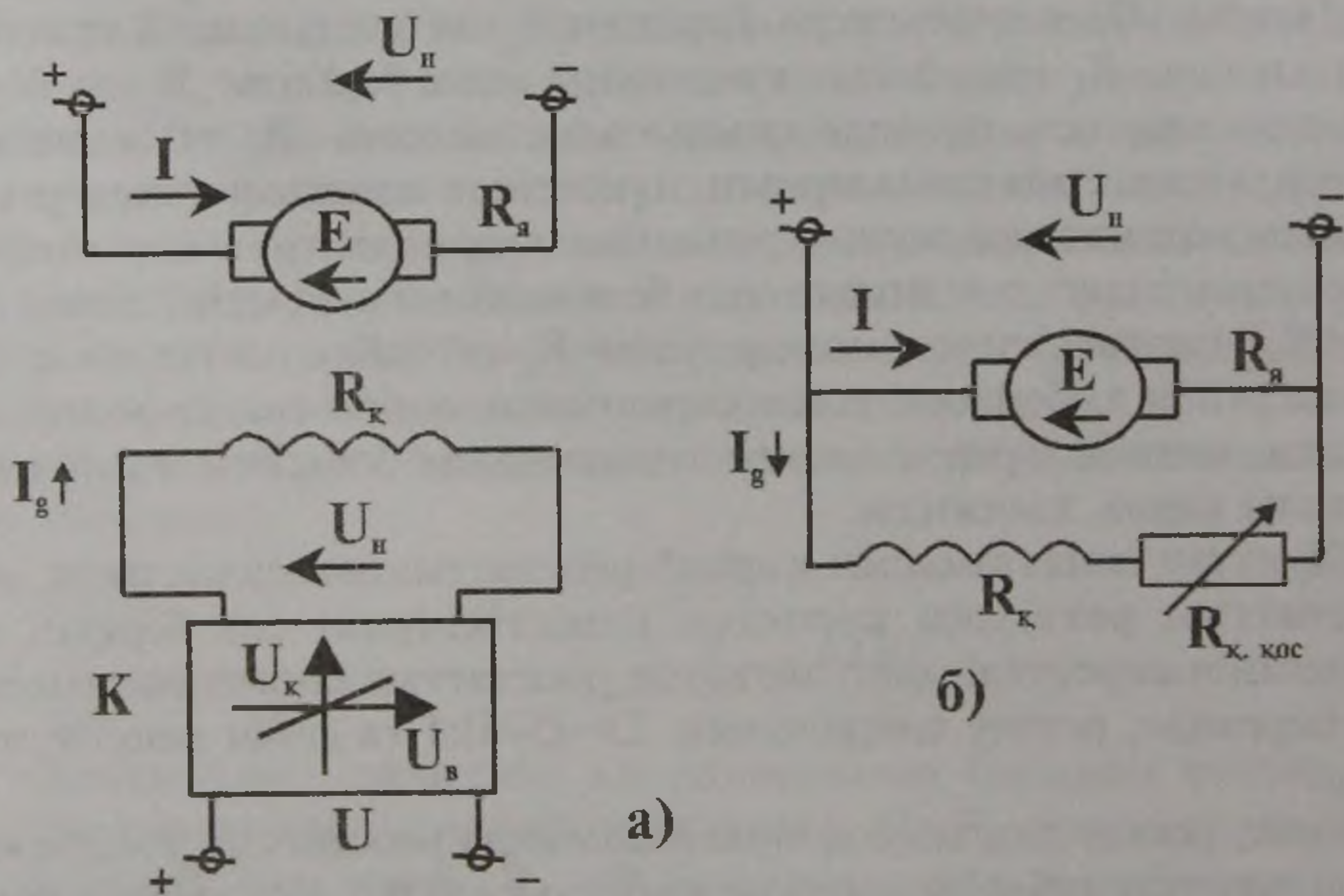
Шунттау сипаттамасын кәдімгі реостаттықпен салыстыру, оның реостаттың реттеудің көптеген кемістіктердің тек біреуін ғана түзететінін көрсетеді, атап айтқанда реостаттық сипаттамасымен салыстырғанда, реттеу диапазонын $D = (5 \div 6):1$ -ге дейін кеңейтуге болады.

Бірақ, реттеу диапазоны бірдей болғанда реостаттық тәсілге қарағанда шунттау сүбесіне энергия көп жұмсалады. Сондықтан төмендету үшін қолданылады.

2.5. ЖЫЛДАМДЫҚТЫ МАГНИТ АҒЫНЫН ӨЗГЕРТУ АРҚЫЛЫ РЕТТЕУ

2-12 суретте жылдамдықты магниттік ағынды өзгерту арқылы реттеуге қозғалтқышты іске қосу сүбелері көрсетілген. Қозғалтқыштың якорьлік тізбегі ешқандай қосымша резисторсыз $I = I_n$ болатын кернеу көзіне қосылған, ал қоздырғыш тізбегі энергияны күшейткіштерден K немесе $R_{к,кос}$ кедергісі бар қосымша резистор арқылы U_n кернеуінен оларды деп есептейік /2-126 сур/.

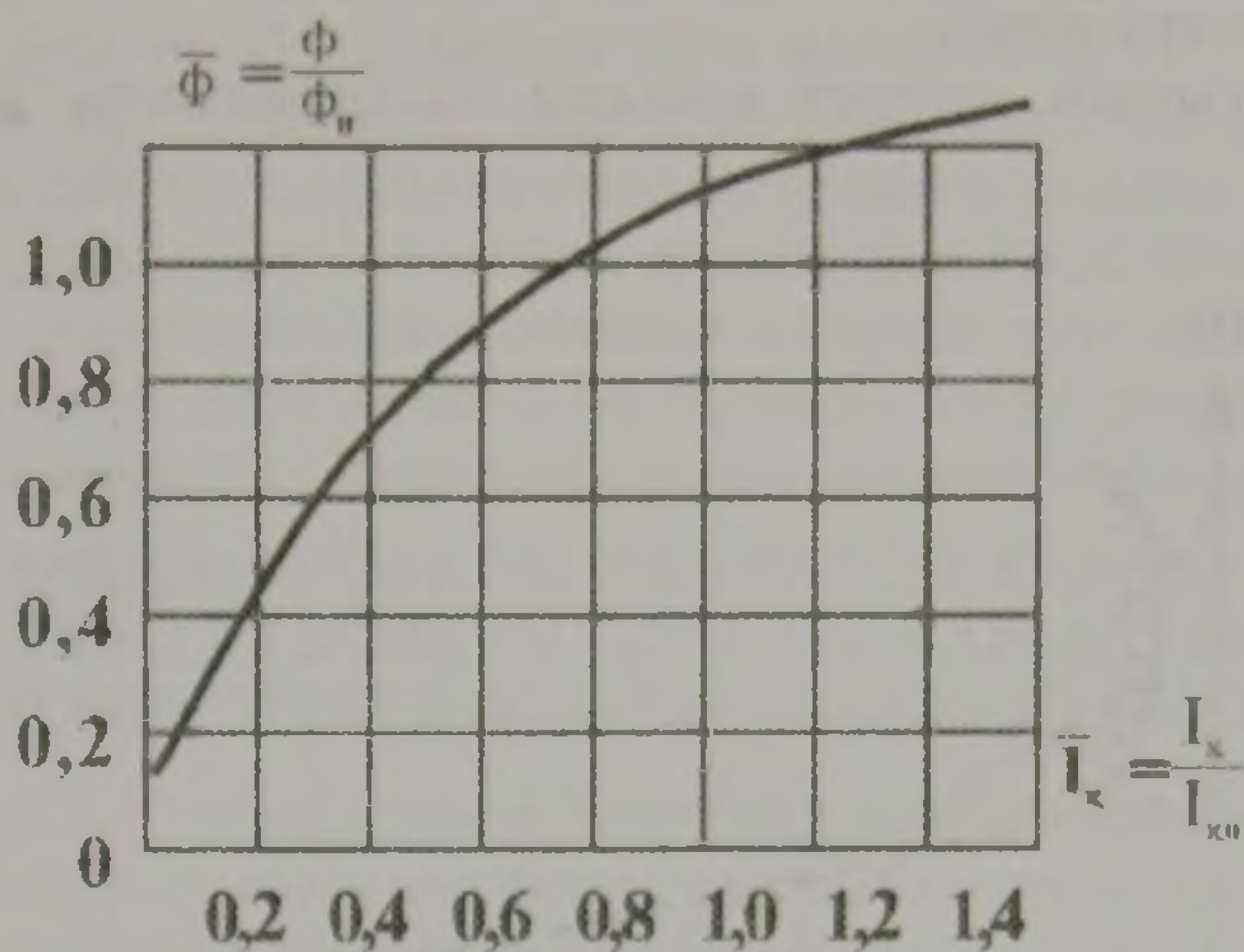
Қалыпты электр машиналары номинал қоздыру тоғына магниттеу қисығының магниттік ағыны сәйкес келетіндей етіп есептелген 2-13 суретте МП, ДП, ПН және П тектес машиналардың орташаландырылған магниттік қисығы көрсетілген. $I_{к,н}$ тоғы қоздыру орамның мүмкіндік қызуына сәйкес болғандықтан, ұзақ жұмыс жағдайында жылдамдықты реттеген кезде қоздырғыш тоғын тек төмендетуге болады ($I_k < I_{к,н}$)



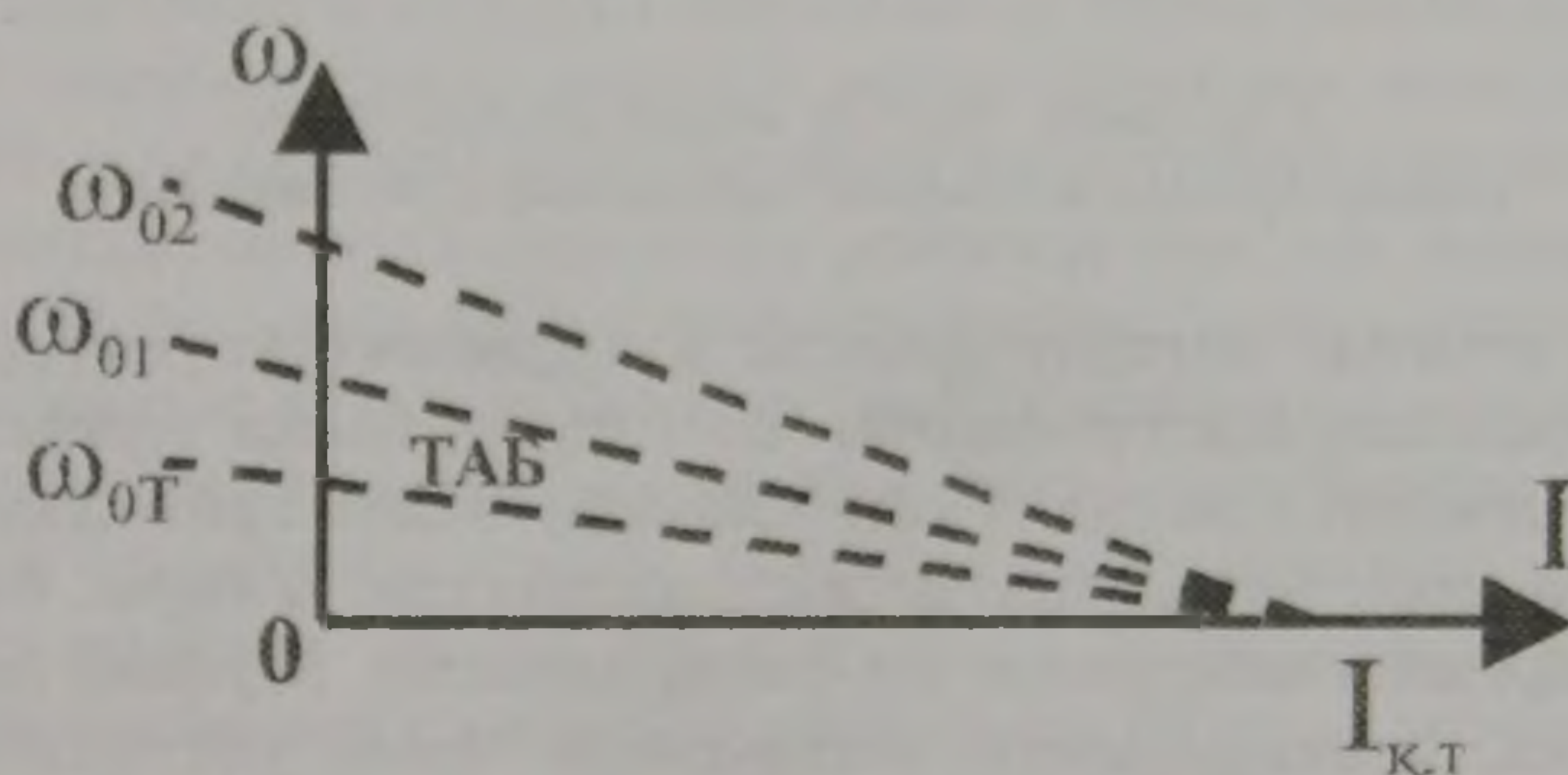
2-12 сурет.(а,б) ТҚТТҚ-тың жылдамдығын магнит ағынын өзгерту арқылы реттеу.

Қоздырғыш тоқты аз уақыт көбейтуге болады, бірақ бұл кезде магнит ағыны өсуі өте аз / 2-12 а сурет/.

2-14 және 2-15 суреттерде өрісі әлсіреген кезде қозғалтқыштың



2-13 сурет. Магнит ағынының (Φ) осу сипаттамасы.



2-14 сурет. ТҚТТҚ жылдамдығын Φ -ты азайту арқылы.

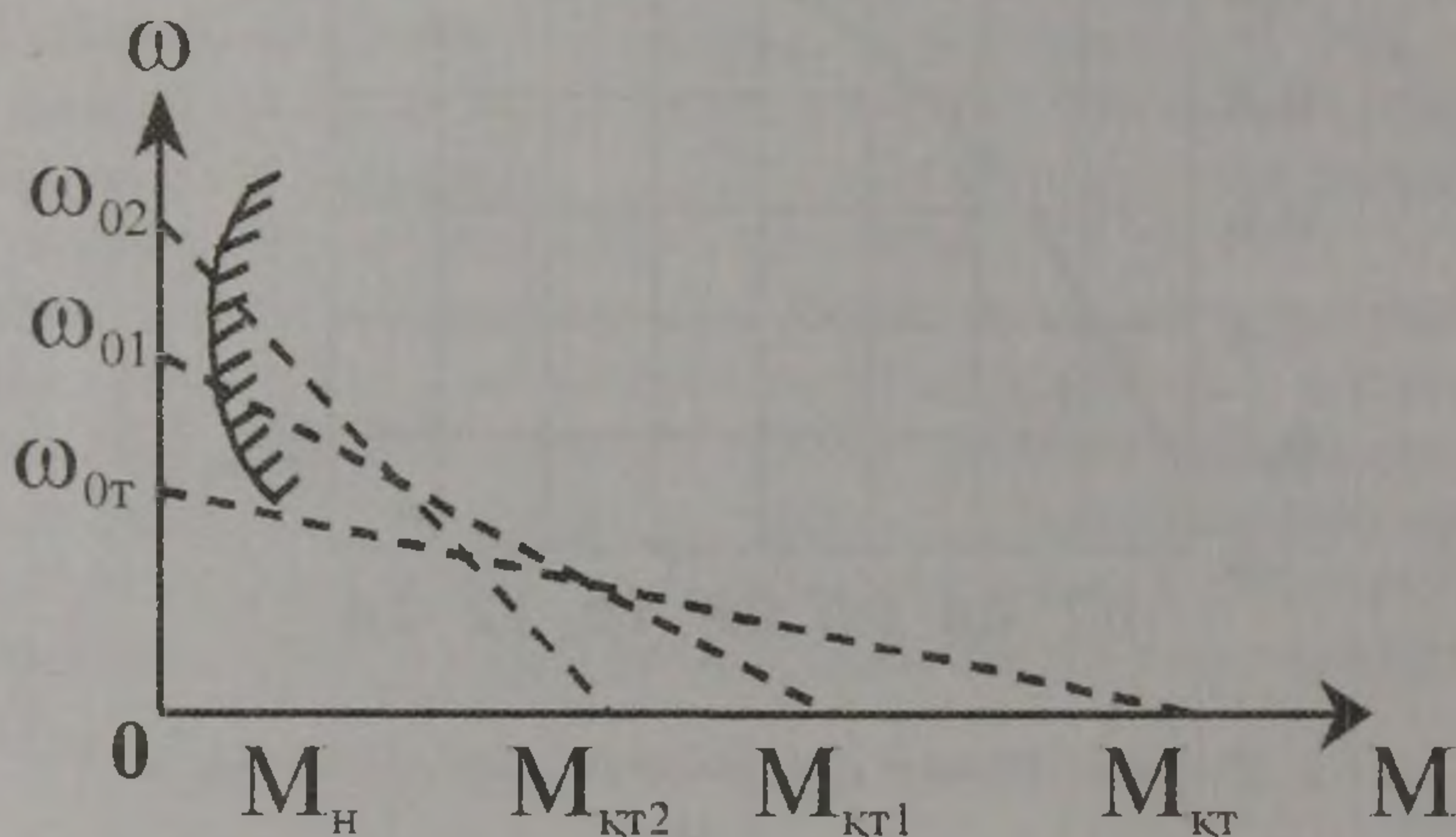
реттеудің электромеханикалық сипаттамасы механикалық және электромеханикалық сипаттамалары көрсетілген /жұмыс істелмейтін бөліктері ұзын сызықпен көрсетілген. Идеал бос жүрістің жылдам-

дығы $\omega_0 = \frac{U_n}{k\Phi}$ ағын азайған сайын өседі.

Қысқа тұйықталу тоғы өрістің әлсіреу дәрежесіне тәуелсіз болғандықтан, барлық электромеханикалық сипаттамалары бір нүктеде $I_{к,т} = U_n R_{я}$ қиылысады. Қысқа тұйықталу моменті $M_{к,т} = R_{к,т} I_{к,т} \Phi$ ағын азайған сайын азаяды / 2-15 сур /. /Бұл кезде қалыпты машинадағы

қысқа тұйықталу тоғы мүмкіндік тоқтан бірнеше рет артық болатындығын ескеру керек/.

Магнит ағынын өзгерту арқылы жылдамдықты реттеуге баға берейік.



2-15 сурет. ТҚТҚ жылдамдығын Φ -ты азайту арқылы реттеудің механикалық сипаттамасы.

Магнит ағынын өзгерту арқылы жылдамдықты реттеудің электроқозғалтқыштың жылдамдығын өзгертудің басқа түріне қарағанда артықшылығынан кемшілігі көп. Оларды былай тұйықтауға болады:

1. Бір арналық реттеу негізгі жылдамдықтан жоғары. Бұл қолдану облысын біршама шектейтін, ең басты кемістік. Мұндай реттеу тәсілі әдетте басқа, жылдамдықты негізгісінен төмен реттейтін тәсілмен біріктіріліп қолданылады.

2. Реттеу диапазоны бірталай болуы мүмкін -/6-8/:I-ге дейін.

3. Жылдамдықты реттеу жаттық /бірқалыпты/, тіпті 2-12В суретіндегі сүбеден $R_{к,кос}$ -тің қуаты аз болғандықтан бір-біріне жақын орналасқан сипаттамалар алуға болады.

4. Жылдамдықтың тұрақтылығы салыстырмалы жоғары сипаттамалары қатаң $I_{KT} = /20-50/I$ екенін еске алу керек /.

5. Реттеу жасанды сипаттамаларда магнит ағынын азайту арқылы жүзеге асатындықтан, $M_{мүм} = R I_H \Phi < M_H$ болады /штрихталған түзу 2-15 сур/ $I = I_{мүм} = I_H$ болатын / 2-4/теңдігінен шығатыны

$$k\Phi = \frac{U_H - I_H R_{я}}{\omega} \quad \text{онда} \quad M = I_H \frac{U_H - I_H R_{я}}{\omega}$$

немесе $P_{мүм} = M_{мүм} \omega = U_H I_H - I_H^2 R_{я} = const$

яғни бұл реттеу тәсілінде жасанды сипаттамаларындағы машина-ның білігінен алынатын мүмкіндік қуат өзгермейді.

6. Реттеудің бұл тәсілінің оңай іске асуы және энергия шашырайтын күштік тізбекті қосымша элементтердің жоқтығы, бұл тәсілдің экономикалық тұрғыдан өте тиімді екенін көрсетеді. Өрісті әлсірету арқылы реттеу негізінен станоктардың электржетектерінде кең қолданылады. Ондағы кесу қуатының тұрақты болу талабы жасанды сипаттамадағы жетектің мүмкіндік жүктемесімен сәйкес келеді.

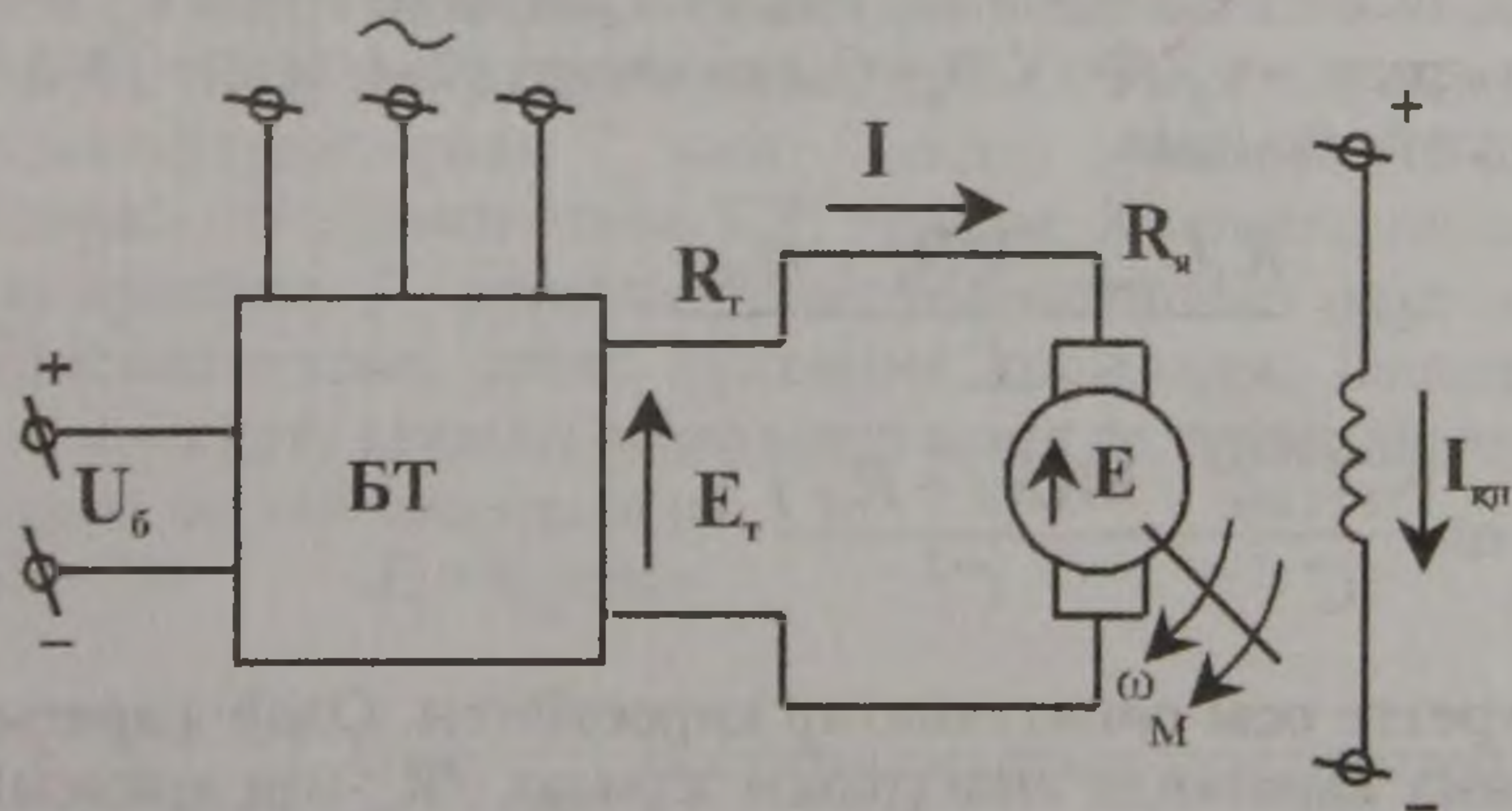
2.6. ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ЯКОРЬДЕГІ КЕРНЕУДІ ӨЗГЕРТУ АРҚЫЛЫ РЕТТЕУ. БАСҚАРЫЛАТЫН ТҮРЛЕНДІРГІШ–ҚОЗҒАЛТҚЫШ ЖҮЙЕСІ

/2-4/ және /2-5/ теңдіктеріне байланысты U өзгерген кезде оған пропорционал тек ω_0 ғана өзгереді, ал $\Delta\omega$ -ға тәуелсіз, яғни табиғи сипаттамаға параллель жасанды сипаттамалардың жиынтығы / $R=R_a$, $k\Phi=k\Phi_n=C$ / пайда болып және олар табиғи сипаттамадан ($|U| \leq |U_n|$) төмен орналасады.

Ең қолайлы сипаттамаларды қамтамасыз етуіне байланысты жылдамдықты U -дың өзгеруіне негіздеп реттеу тәсілі өте перспективалы. Сондай-ақ I -ды өзгерткен кезде қосқыш және тежегіш резисторлердің қажеті болмайды, өйткені ауыспалы режимде тоқ пен моменттің ырғуын шектеу I -дің уақытқа байланысты сәйкес өзгеру заңдарын таңдау арқылы жүзеге асады. Сонымен қатар ауыспалы режим кезінде елеулі түрде энергия шығынын төмендетуге және барлық ауыспалы процестердің өтуіне ең қолайлы жағдай жасауға болады.

Реттеудің мұндай тәсілін жүзеге асыру қозғалтқыштың якорін қоректендіретін басқарылатын түрлендіргіш БТ қолдануын болжайды.

/2-16 сурет/. Осы уақытқа дейін басқарылатын түрлендіргіштер



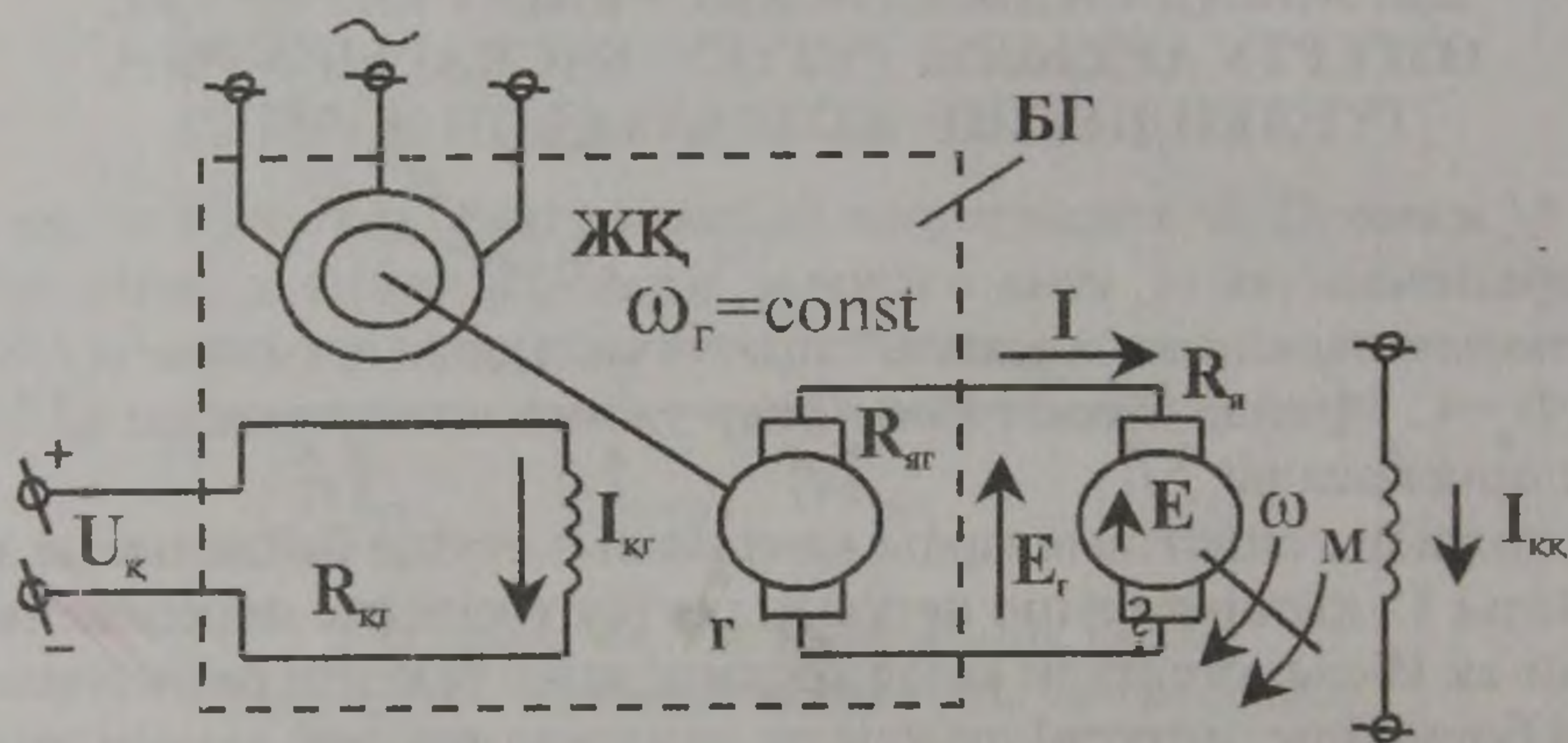
2-16 сурет. ТТҚ-тұрақты қозғалтқыштың жылдамдығын басқарылатын түрлендіргіш (БТ) арқылы реттеу.

мотор-генератор агрегаттары түрінде болған; осыған сәйкес жүйені генератор-қозғалтқыш ГҚ жүйесі деп атайды /2-17сурет/. Генератордың якоры, тұрақты жылдамдықты $\omega_r = \text{const}$ жетектік қозғалтқыш ЖҚ арқылы қозғалысқа келсін делік.

Онда генератордың ЭҚК.

$$E_r = k_r \omega_r F_r = f(\Phi_r)$$

Бірақ Φ_r генератордың қоздырғыш тоғымен I_{kr} , яғни генератордың қоздырушы орамына берілген кернеуінен $I_{кр} = I_{бip}$ анықталады.



2-17 сурет. Генератор-қозғалтқыш (Г-К)-жүйесі

Қарапайымдылық үшін $\Phi_r = k_r \omega_r \Phi$ деп алып,

$$E_r = K_r U_{кр} = K_r U_{бip}$$

мұндағы

$$K_r = k_r \omega_r F / R_{кГ}$$

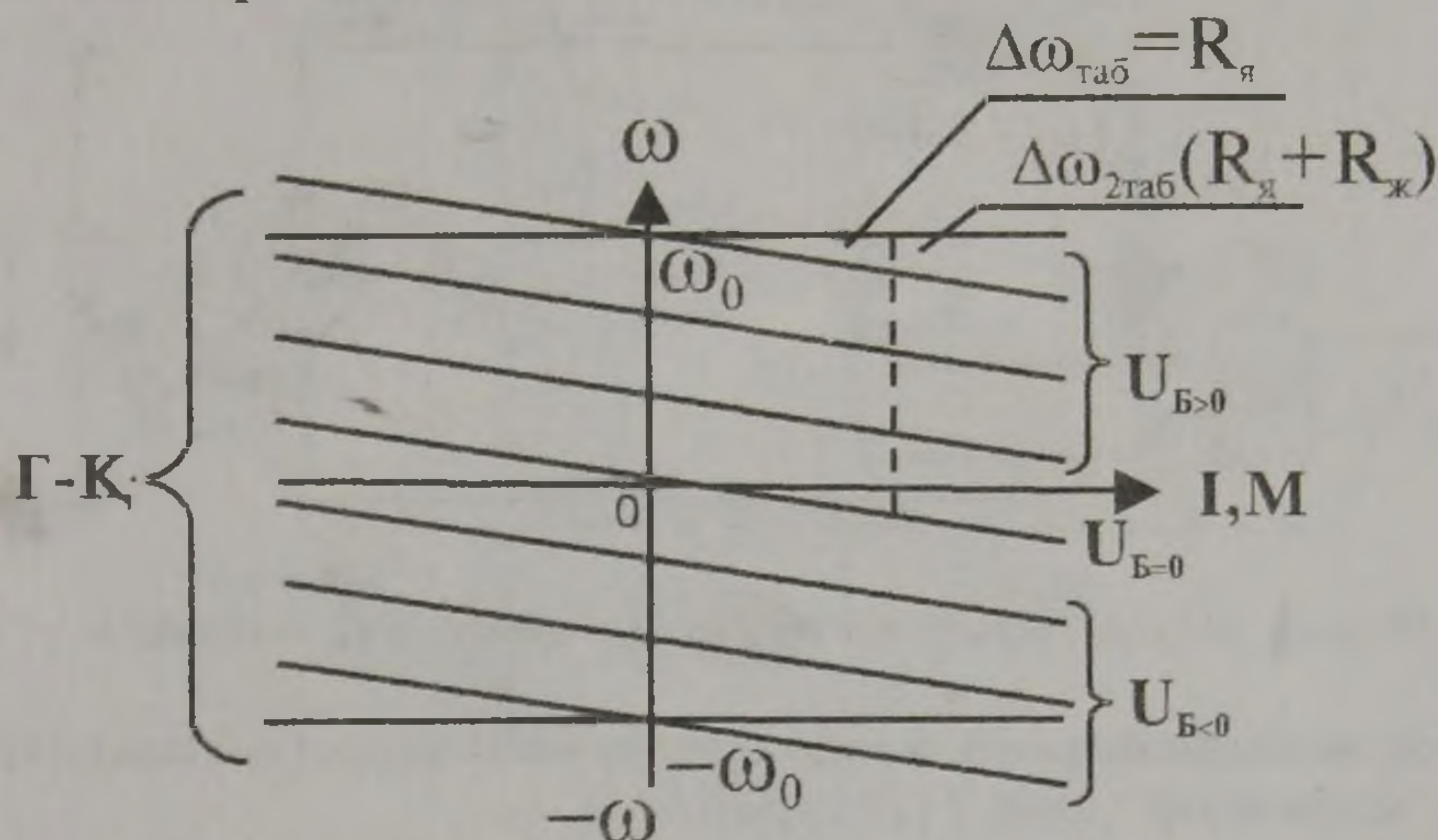
Г-К жүйесіндегі қозғалтқыштың электромеханикалық және механикалық сипаттамаларының тендеулерін, егер И-ды E_r , R-ді $R_я + R_{яГ}$ -ға ауыстырып, ал $K\Phi = K\Phi_r = C$ деп алсақ, /2-4/ және /2-5/ формуларынан алуға болады.

$$\omega = \frac{K_z U_{бер} - I(R_я + R_{яГ})}{C} \quad /2-4a/$$

$$\omega = \frac{K_r U_{бер}}{C} - \frac{M(R_z + R_{zГ})}{C^2} \quad /2-5a/$$

2-18 суретте осы сипаттамалар көрсетілген. Олар жаратылыс сипаттамасына карағанда анағұрлым жұмсақ $/R_{яГ}$ -нің арқасында/, ω -М жазықтығындағы 4 квадраттардың барлығында бір-біріне параллель орналасады.

Соңғы онжылдықта күштік басқарылатын вентильтер-тиристорлардың пайда болуына байланысты, статикалық басқарылатын түрлендіргіштер жылдам дамиды. Бұл жүйе тиристорлы түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесі деп аталады.



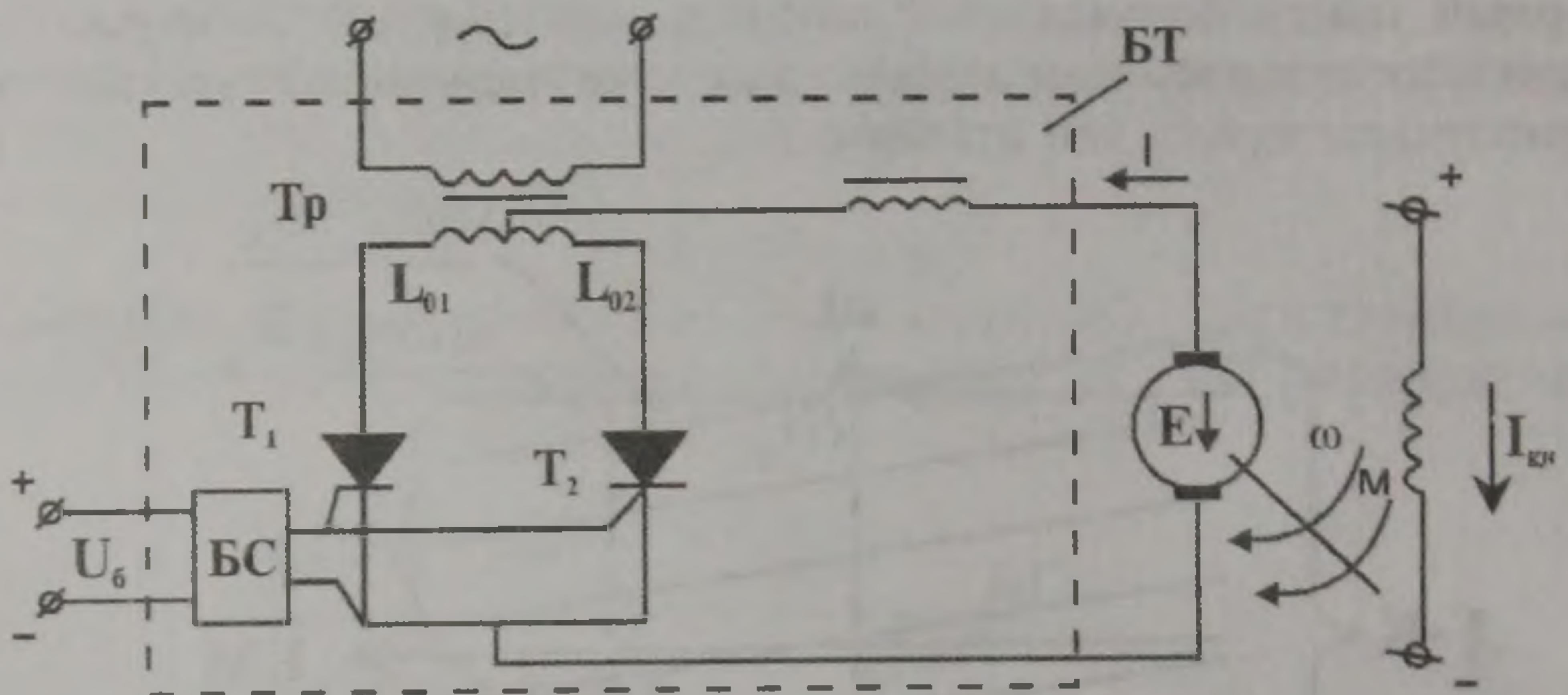
2-18 сурет. ТТҚ жылдамдығын ТК не БТ арқылы реттегендегі сипаттама.

ТТ-Қ жүйесінен соң тиратронды, игнатронды түзеткіштер пайдалана отырып жасалынған басқарылатын сынапты түзеткіш-қозғалтқыш /БСТ-Қ/ жүйелері пайда болды, бірақ түрлендіргіштердің аз болуына байланысты кең қолдау таппады.

“Өндірістік электроника” курсында қарастырылған ТТ-Қ жүйесіндесі түрлендіргіштер сүбелерінің әртүрлілігімен ажыралып тұрады. Біз бұл сүбелерді жіктейміз. Тек қарапайым сүбеде осы текті түрлендіргішке негізделген электржетегінің ерекшеліктерін қарастырамыз /2-19 сурет/. Нольдік шығысы бар бір фазалы тиристорлық түрлендіргіш /2-19 сурет/ орамының ортаңғы нүктесі сыртқа шығарылған трансформатордан T_p және басқару сүбесінің БС көмегімен басқарылатын екі тиристордан $T_1 T_2$ тұрады. Қозғалтқыштың якоры тегістегіш дроссель D_p арқылы трансформатордың орта нүктесіне, және тиристорлардың ортақ нүктесіне қосылады. Басқару реттеу бұрышын, α өзгерту арқылы жүргізіледі және де түрлендіргіштің ЭҚК орта шамасы былай анықталады.

$$E_d = E_{d0} \cos \alpha \quad /2-16/$$

мұндағы $E_{d0} = \frac{m}{\pi \sqrt{2}} U \sin \frac{\pi}{m}$ — басқарылмайтын түзеткіштердің ЭҚК-нің орташа шамасы / $\alpha=0$ /.



2-19 сурет. Нольдік шығысы бар бір фазалы тиристорлық түрлендіргіші (ТТ).

И-трансформатордың екінші орамындағы кернеудің нақтылы шамасы. m -фазалар саны; 2-19 сурет $m=2$.

$$E_d = K_n U_{\text{кпр}} = K_n U_{\text{бер}}$$

болатындай етіп басқару сүбесін салуға болады.

Осы болжамды қабылдай отырып, және /2-4/, /2-5/ теңдеулерін қолданып ТТ-Қ жүйесінің электромеханикалық және механикалық сипаттамаларының теңдеулерін аламыз.

$$\omega = \frac{K_n U_{\text{бер}} - I_d (R_n + R_{\text{тэ}})}{C} \quad /2-4 \text{ Б}/$$

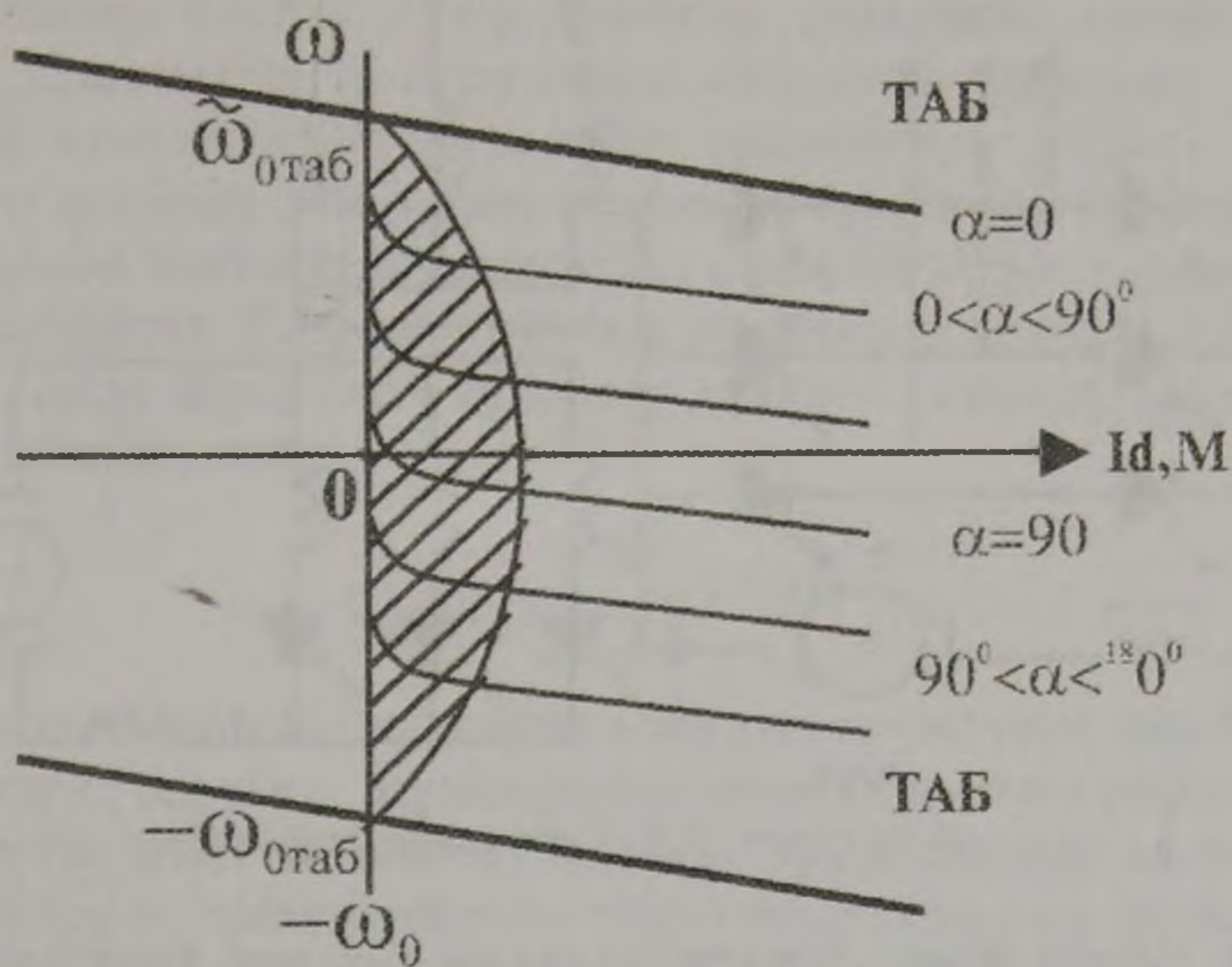
$$\omega = \frac{K_n U_{\text{бер}}}{C} - \frac{M(R_n + R_{\text{тэ}})}{C^2} \quad /2-5\text{Б}/$$

мұндағы I_d -қозғалтқыш тоғының орташа шамасы; вентильдердің бір жаққа ғана өткізуіне байланысты $I_d \geq 0$.

$R_{\text{т.ө}}$ -түрлендіргіштің эквиваленттік кедергісі; егер өткізгіш вентильдің кедергісін және трансформатордың активті кедергісін ес-

кермесек, онда $R_{\text{т.ө}} \approx \frac{X_{\text{ам}}}{2\pi}$ Мұндағы $X_{\text{а}}$ -трансформатордың ыдырау

кедергісі /2-4,б/ және /2-5,Б/ теңдеулеріне сәйкес келетін сипаттамалары 2-20 сурет, көрсетілген. Бұлардың 2-18 сурет сипаттамалардан айырмашылығы сол, мұнда



2-20 сурет. ТТҚ сипаттамасына ТТ-дағы α -реттеу бұрышының әсері.

сипаттамалар II және III квадраттардан өтпейді $/I_d \geq 0/$. Бұдан да басқа, аз ғана жүктеме әсерінен үзiктi ток режимi пайда болады да сипаттамалары аз және айнымалы қатандықты болып /2-20 сурет шрихталған бөлiгi/, үздіксіз токқа тең /2-4, Б/ және /2-5, Б/ формулаларына бағынбайды.

Якорь тізбегіндегі токтың шығынды өсіретін айнымалы құрамдас /пульсация/ болады. Вентильдердің ашылу бұрыштарының өзгеруіне негізделген, түрлендіргіштің қимыл принципі екі теріс қасиетті анықтап береді:

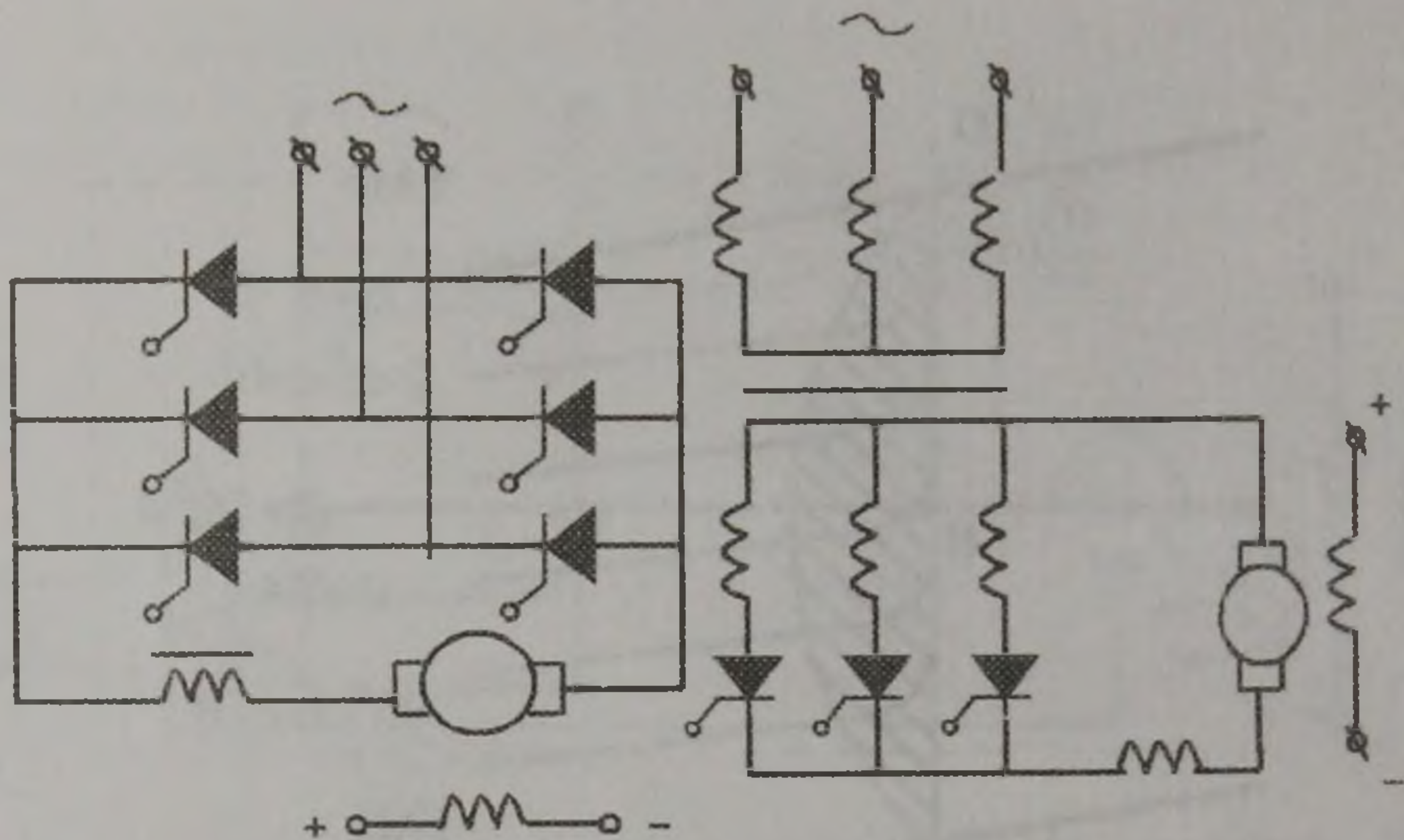
1/ қоректендіруші желідегі кернеудің өзгеруі

2/ қуат коэффициентінің төмендігі

$$\cos \varphi \approx \cos \alpha$$

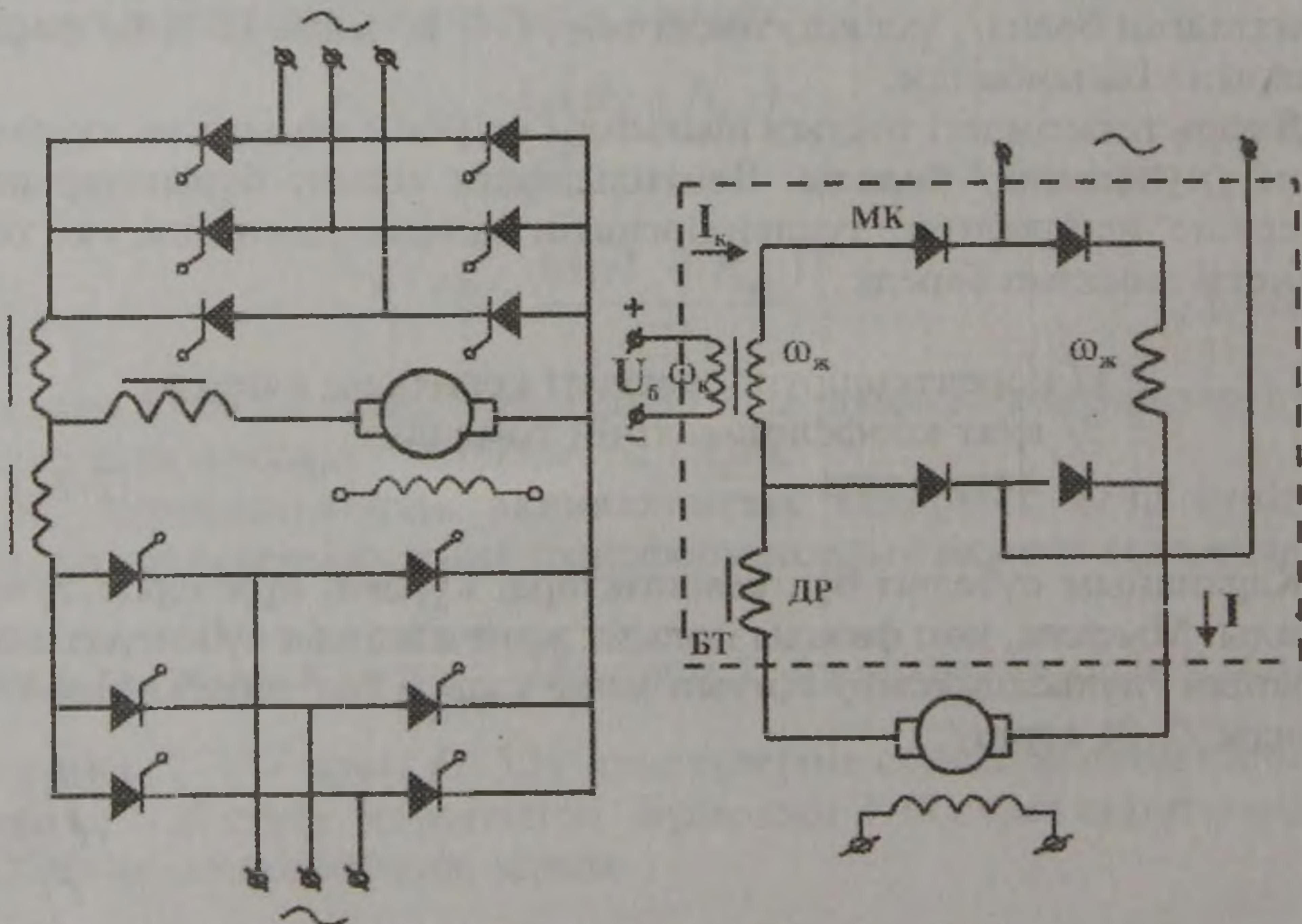
(2-17)

Қарапайым сүбедегі бұл кемістіктерді күрделі сүбелерде түзеуге болады. Мысалы, көп фазалы нольдік және көпірлік сүбелерде якорь тоғының /пульсациясын/ соғуын және үздікті ток зонасын азайтуға болады /2-21 сурет/.



2-21 сурет. ТТ- Сүбелерінің түрлері.

Ревестік сүбені және сипаттамаларды барлық төрт квадраттарда алу керек болған жағдайларда екі вентиль комплектісі қолданылады /2-22 сурет/. Реверстік сүбелерде өртүрлі вентиль топтарынан тұратын, контурдағы тоқты шектейтін теңейткіш реакторлар, ТР сонымен қатар мұндай тоқтардың құрылуына жол бермейтін күрделі басқару сүбелері қолданылады.



2-22 сурет. ТТ реверсивтік сүбесі

2-23 сурет. Магниттік күшейткіш қозғалтқыш жүйесінің сүбесі.

2-22 сурет тиристорлар пайда болғанға дейін осыған ұқсас түрлендіргіштер болған. Онда кернеуді реттейтін элементтің ролін магниттік күшейткіштің жұмысшы орамдары атқарған. Магниттік күшейткіш-қозғалтқыш жүйесінің қарапайым сүбесі 2-23 сурет көрсетілген желінің айнымалы кернеуін түзететін, басқарылмайтын вентильдермен тізбектеле магниттік күшейткіштің жұмысшы орамдары ω_p қосылған. Егер магниттік күшейткіштің өзекшелері қаныққан болса, онда жұмысшы орамдар түзелген кернеу шамасына көп әсерін тигізбейді, яғни

$$E_{\text{то}} \approx E_{\text{до}} = \frac{m}{\pi \sqrt{2}} U \sin \frac{\pi}{m}$$

Өзекше қанықпаған жағдайда желідегі кернеудің бір бөлігі оның қайта магниттелуіне жұмсалады, сондықтан түрлендіргіштің эквиваленттік ЭҚК E_T -дан аз болады. Жүрекшенің магниттік жағдайын басқару ω_k орамы арқылы жүргізіледі. Егер тік бұрышты материал қолданылса, онда 2-23 суретте көрсетілген сүбенің жұмысы тиристорлы түрлендіргіштің жұмысына ұқсас, өйткені өзекшенің қанығу моменті тиристордың іске қосылуына сәйкес, ал бұрышының мәні I басқару тоғымен беріледі. Магниттік күшейткіш-қозғалтқыш жүйесінің сипаттамалары ТТ-жүйесінің сипаттамаларына ұқсас, бірақ магниттік күшейткіштің жұмысшы орамындағы кернеудің күрт түсуі әсерінен, оның сипаттамалары жұмсақтау және басқарылмайтын вентильдерде инвенторлық режим болмағандықтан сипаттамалар тек I квадрантта орналасады.

Сонымен, басқарылатын түрлендіргішті /БТ/ әртүрлі техникалық құралдар арқылы жүзеге асыруға болады, және де әрбір жүзеге асырылған түрлендіргіштің өзінің артықшылығы және кемістігі болады. Мысалы, машиналық түрлендіргіштің негізгі артықшылығы /2-17 сурет/, генератордың екі жақты өткізгіштігі және осыдан шығатын оның жетектегі кез-келген режимді іске асыру жағдайының қарапайымдылығы. Сонымен қатар, түрлендіргіш шуды шығаратын, жалпы жүйенің ПӘК төмендететін екі үлкен айналу машинасынан тұрады.

Тиристорлық түрлендіргіш-статикалық түрлендіргіш болып табылды. Онда жоғарыда көрсетілгендей кемшіліктер жоқ, бірақ оны басқару күрделі, кейбір жағдайларда кездейсоқ кедергілерден қорғауға арнайы қорғағыштар қажет болады. Желідегі кернеудің формасын өзгертеді, қуат коэффициенті аз.

Магниттік күшейткіштер статикалық түрлендіргіш болып табылды, артықшылығы мен кемшілігі тиристорлық түрлендіргішпен бірдей, бірақ өте үлкен, ауыр, аз қуатты қозғалтқыштарда қолданылады. Әрбір нақты жағдайларда қандай түрлендіргіш таңдау керек деген мәселені

шешкенде электржетектің эксплуатация жағдайын ескере отырып, тиянақты техникалық-экономикалық салыстыру жүргізу қажет.

Енді кернеуді өзгерту арқылы жылдамдықты реттеу тәсілін жоғарыда келтірілген көрсеткіштер бойынша бағалайық.

1. Негізгі жылдамдықтан төмен реттеу.
2. Қарастырған сүбеде $D=8+10$ §1 тұйықталған жүйелерде $D=1000:1$ дейін жоғары /§2-7 қараңыз/.
3. Жатық реттеу.
4. Жылдамдықтың тұрақтылығы жоғары /2п. қараңыз/.
5. $M_{\text{мүм}} = M_{\text{н}}$ өйткені $\Phi = \Phi_{\text{н}}$
6. Жұмсалатын қаражат айтарлықтай, бірақ бұған қарамастан жауапты электржетектерінде кеңінен қолданылады.

2.7. ТҰЙЫҚТАЛҒАН ТҮРЛЕНДІРГІШ–ҚОЗҒАЛТҚЫШ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ЖЫЛДАМДЫҚ ПЕН МОМЕНТТІ РЕТТЕУ

Жоғарғы параграфта көрсетілгендей қарапайым жағдайда түрлендіргіштің ЭҚК тек беруші сигналымен анықталады

$$E_T = K_T \cdot U_{\text{БЕР}}$$

Басқарылатын түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесінде, күшею коэффициенті жоғары, бірнеше кірісі бар басқару түрлендіргіштің болуы талап етілетін $E_T - \omega$, I -дан өзгеру заңдарын құрауға кең жағдай жасайды.

Шынында да, егер басқару түрлендіргіштің кірісіне $U_{\text{бер}}$ емес, $U_{\text{бер}}$, ω , I т.б.-ға қатысты $U_{\text{кір}}$ берсек, онда

$$E_T = f(U_{\text{бер}}, \omega, I \dots)$$

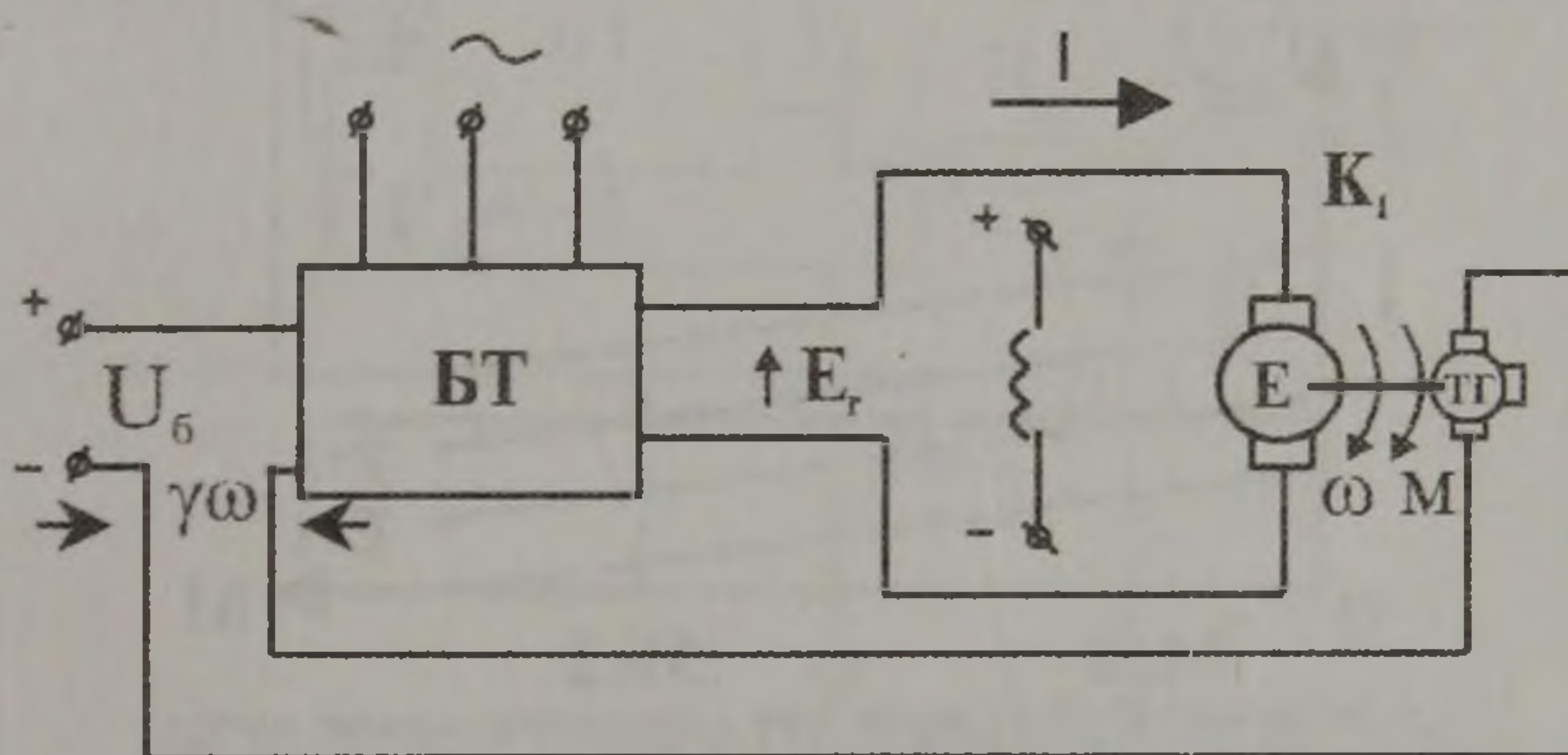
Бұл мүмкіншіліктерді қолдануға болатын жүйе тұйықталған түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесі немесе тоқ, жылдамдық т.б. бойынша кері байланыс жүйесі деп аталады. Тұйықталған жүйенің ерекшеліктерімен қимыл принципін екі қарапайым мысалда қарастырайық.

а/. Жылдамдық бойынша теріс таңбалы кері байланыстағы басқарылатын түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесі.

Кейбір жағдайларда ажыратылған басқарылатын түрлендіргіш қозғалтқыш жүйесіндегі сипаттамалардың қатаңдығы жеткіліксіз болуы мүмкін. БТ-Қ жүйесінде тұйықталған жүйеге көшу арқылы қатаңдық жылдамдықты автоматты түрде реттеу арқылы жоғарылатылады.

2-24 суретте жылдамдық бойынша кері байланыстағы тұйықталған басқарылатын түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесінің қарапайым түрі көрсетілген. Ажыратылған жүйеден айырмашылығы, тұйықталған

жүйеде өлшеуіш құрал-тахогенератор қосылған. Оның $E_{\tau} = \gamma \omega$ сигналы берілген сигналмен $U'_{\text{бер}}$ салыстырылады да айырмашлығы $U'_{\text{бер}} - \gamma \omega$ түрлендіргіштің кірісіне беріледі /жылдамдық бойынша теріс кері байланыс/. Осы себепті енді түрлендіргіштің ЭҚК тек қана берілген сигналмен ғана емес, сол кездегі нақтылы айналыс жылдамдығымен де анықталады. Жүйенің қимыл принципін қарастырайық. Жетек бір нүктеде жұмыс істеді деп алайық /2-25 сурет/. Содан кейін момент кедергісі M_{c2} шамасына дейін өсті. Ажыратылған жүйеде бұл өзгеріске 2 нүктесі



2-24 сурет. Жылдамдық бойынша кері байланысты тұйықталып басқарылатын (ҚБТ-Б).

сәйкес келер еді, өйткені M_{c1} —де, M_{c2} —де тек қана түрлендіргіштің бір ғана ЭҚК $E_{\tau1}$ сәйкес келеді. Тұйықталған жүйедегі жылдамдықтың төмендеуі $U'_{\text{кір}}$ —дің өсуіне, яғни E_{τ} —ның өсуіне әкеп соқтырады. Осыған байланысты жетек M_{c2} —де $E_{\tau2} > E_{\tau1}$ сипаттамасына көшеді де 2 нүктесінде жұмыс істейді. Қарастырылып отырған схемада $\omega_2 < \omega_1$, өйткені $U'_{\text{кір}}$ —дің, яғни E_{τ} —ның өсуі ω —ны аздап азайтқан кезде ғана мүмкін болады.

Енді тұйықталған жүйенің механикалық сипаттамасының теңдеуін алайық. Ол үшін ажыратылған жүйеге арналған /2-5а/ теңдеуін жазайық

$$\omega = \frac{K_T U_{\text{кір}}}{C} - \frac{MR_y}{C^2} \quad /2-5, в/$$

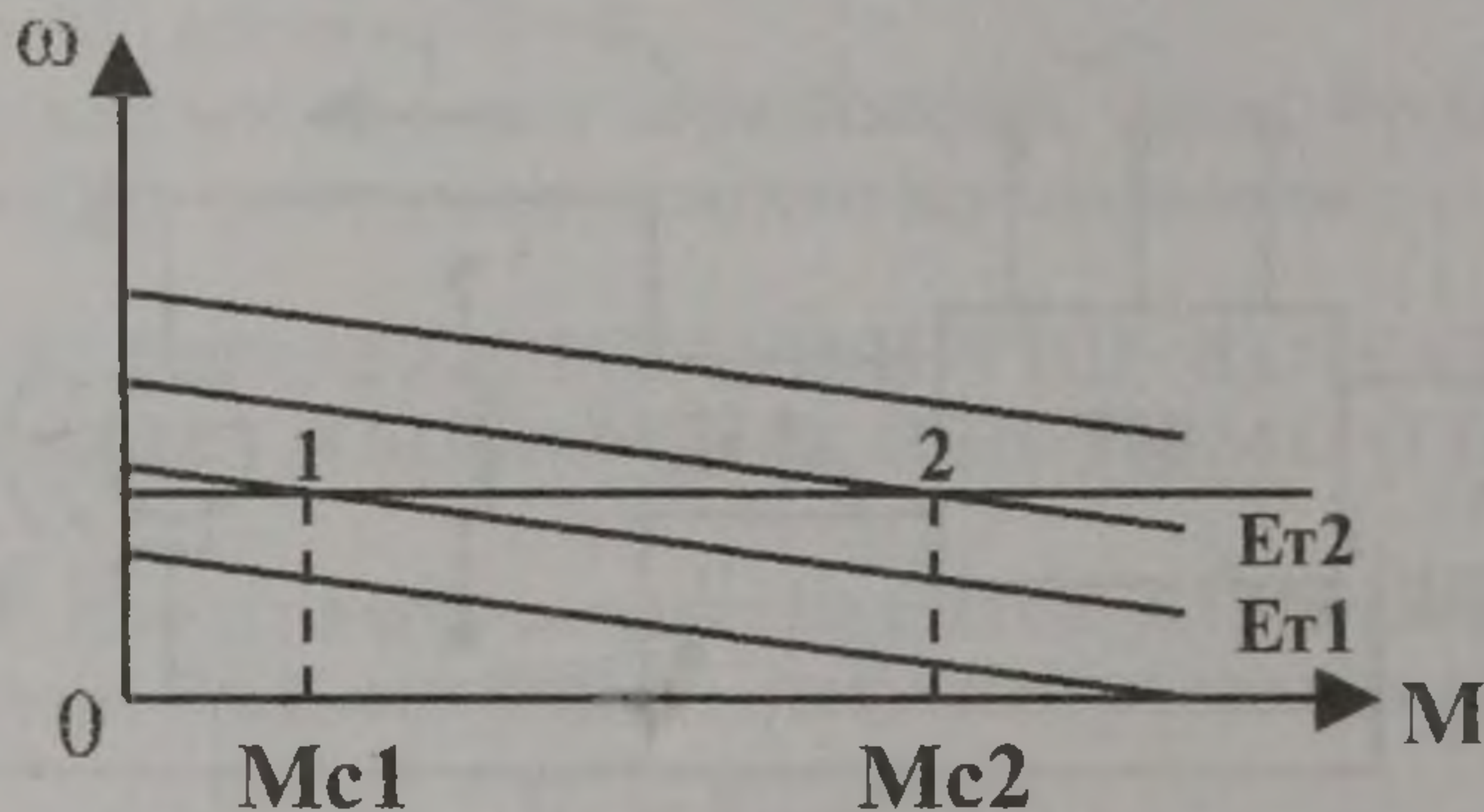
енді мұндағы $U_{\text{кір}}$ —дің орнына $U_{\text{кір}} = U'_{\text{бер}} - \frac{K_n U_{\text{бер}}}{C} - \frac{M(R_s + R_{\text{мг}})}{C^2} \omega$ мөнін қойып, қарапайым түрлендіруден кейін

$$\omega = \frac{K_T U'_{бер}}{C \left(1 + \frac{K_T \gamma}{C}\right)} - \frac{MR_{\Sigma}}{C^2 \left(1 + \frac{K_T \gamma}{C}\right)} \quad /2-19/$$

формулаларды теңестіріп ажыратылған және тұйықталған жүйедегі үшін алатынымыз:

$$U'_{бер} U_{бер} (1 + K_T \gamma / C)$$

яғни бір ғана ω_0 —ді қайта-қайта алу үшін тұйықталған сүбеде берілетін кернеуді үлкенірек алу керек.



2-25 сурет. ҚБТ-Б жүйесінің сипаттамаларына мысал.

Формулаларды салыстырып $\Delta\omega$ үшін алатынымыз

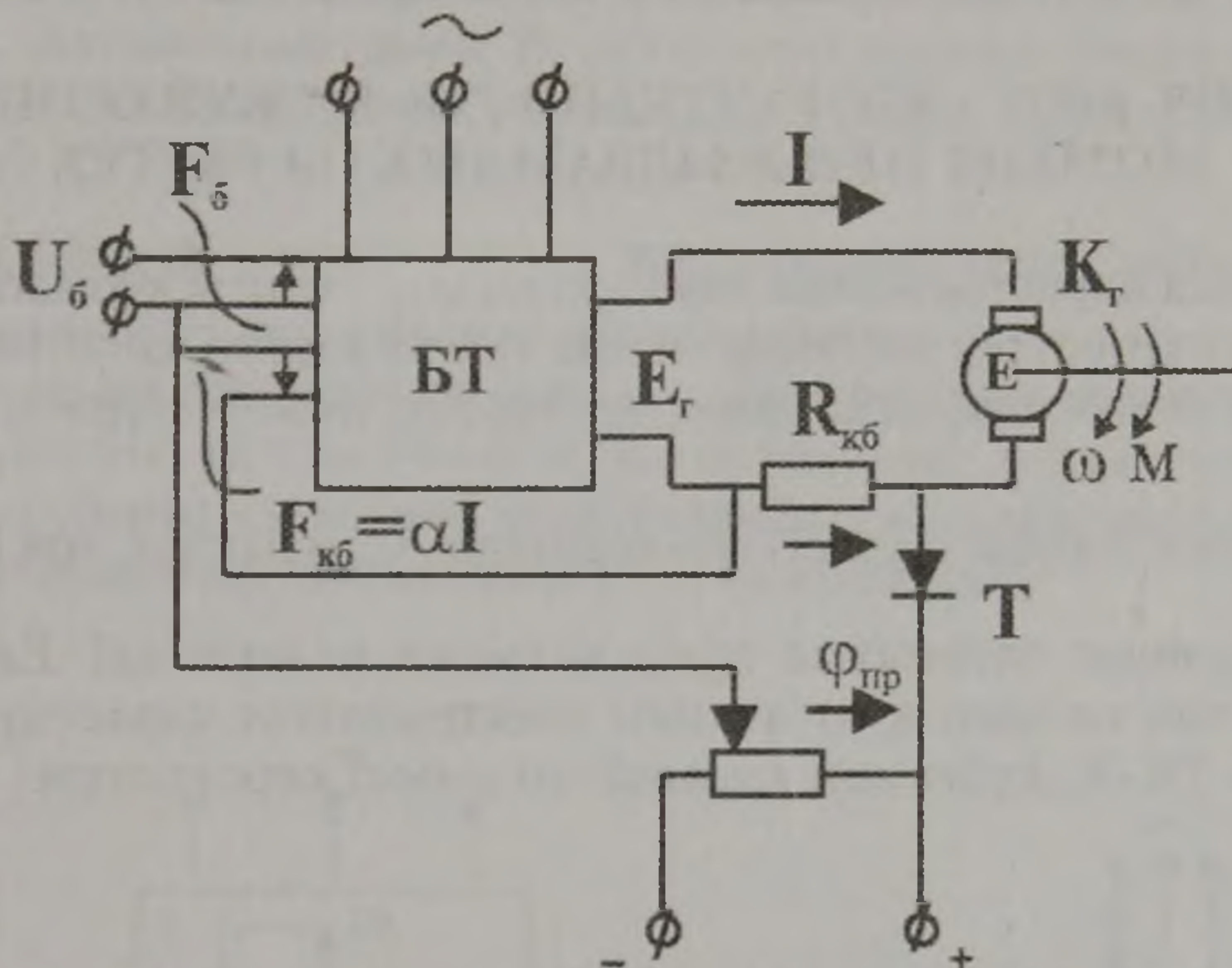
$$\Delta\omega_{Туй} = \frac{\Delta\omega_{рет}}{1 + \frac{K_T \gamma}{C}}$$

яғни, тұйық жүйедегі жылдамдық құлауы бірдей жүктеме кезінде

$\left(1 + \frac{K_T \gamma}{C}\right)$ рет азайған.

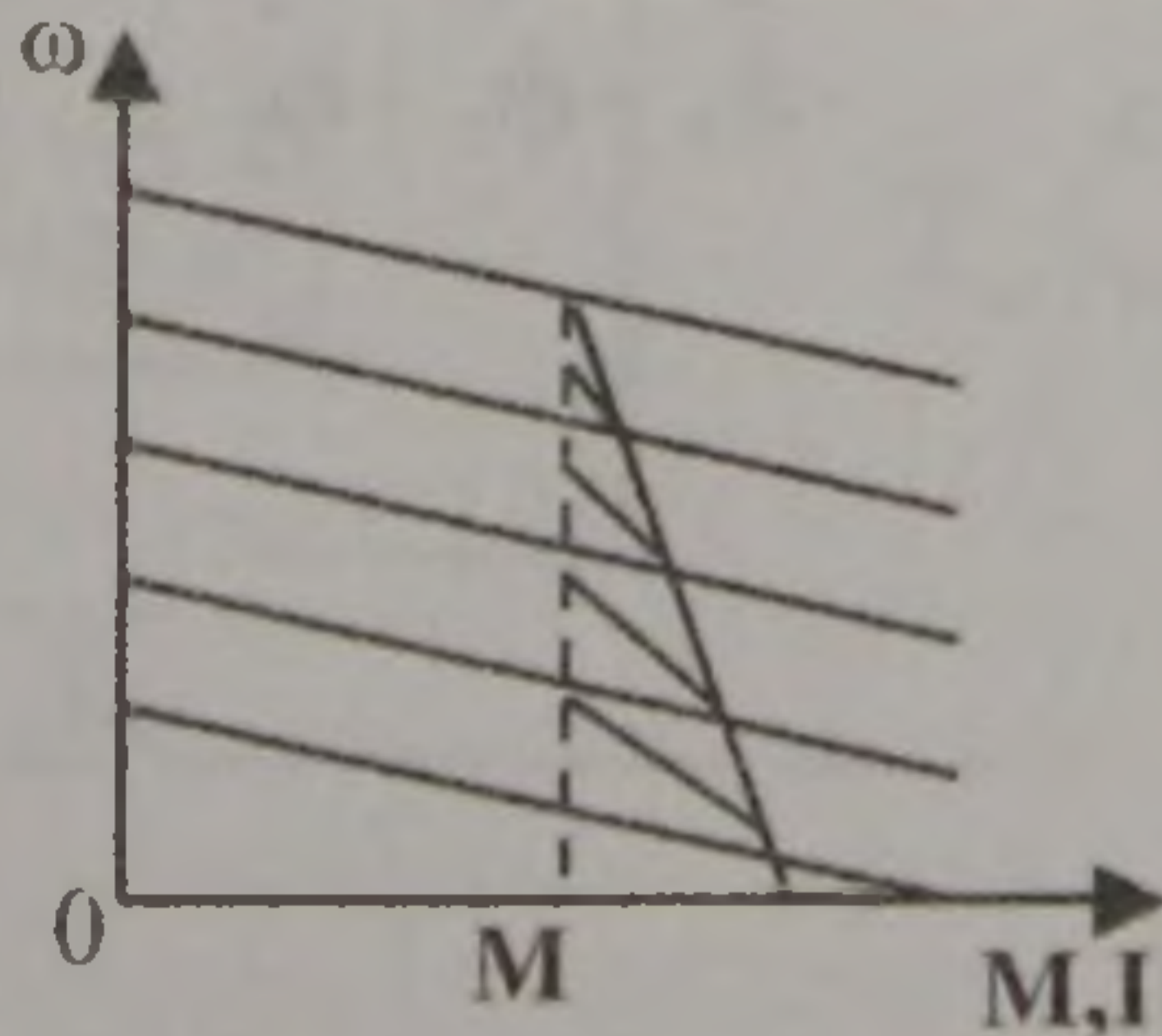
б/. Тоқ бойынша теріс кері байланысты басқарылатын түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесі; жетек моментін реттеу. Қозғалтқыштың көмегімен дамытылған моментті қандай да бір $M_{шек}$ жектік шамамен шектеу керек болсын. Бұл мәселені БТ-Қ жүйесінде момент $M_{шек}$ шамасына жеткен кезде түрлендіргіштің ЭҚК азайту арқылы шешуге болады. Жоғарыда көрсетілгендей бұл мәселені автоматты түрде, осыған сәйкес кері байланысты қолданып шешуге болады. Бұндай жағдайда оған пропорционал болатын ($\Phi = const$) момент немесе тоқ бойынша кері байланысты қолданған жөн және де бұл байланыс қандай да бір берілген мәнге жеткен кезде ғана іске қосылуы керек. Бұндай кері

байланыстарды түзу сызықсыз немесе байқағышты байланыс деп атайды. 2-26 сурет байқағышты тоқ бойынша теріс кері байланыстағы БТ-Қ жүйесінің қарапайым сүбесі көрсетілген. Басқарылатын түрлендіргіштің екі кірісі /мысалы екі басқару орамы магниттік күшейткіш



2-26 сурет. Теріс кері байланысты БТ-Қ жүйесінің сүбесі.

қолданылады/. Олардың біреуіне магниттік күш $F_{бер}$ құрайтын, берілген сигнал $U_{бер}$, ал екіншісіне-кері қатынас сигналы $F_{к.к}$ қосылады. Кері қатынас сигналы якорьге тізбектеліп қосылған резистордағы $R_{к.к}$ кернеудің құлауы мен тірек кернеуі $U_{тпр}$ тірек айырмашылығы болып табылады. Егер $IR_{к.к} < U_{тпр}$ болса, онда В вентилі тоқтың кері байланыс орамы арқылы өтуіне кедергі жасайды да $F_{к.к} = 0$ болады. Егер $IR_{к.к} > U_{тпр}$ болса, онда $F_{к.к} \neq 0$ болады да $F_{бер}$ -ден алынып тасталады, осыған сәйкес $F_{ж} = F_{бер} - F_{к.к}$ пен E_T төмендейді. 2-27 сурет осындай байланыстағы жетек сипаттамасы көрсетілген.



2-27 сурет. Угер ті өзгерту арқылы жылдамдықты реттеу.

$U_{\text{тір}}$ - ті өзгерту арқылы, кері қатынасты іске қосатын тоқ шамасын, яғни $M_{\text{шек}}$ шамасын өзгертуге болады.

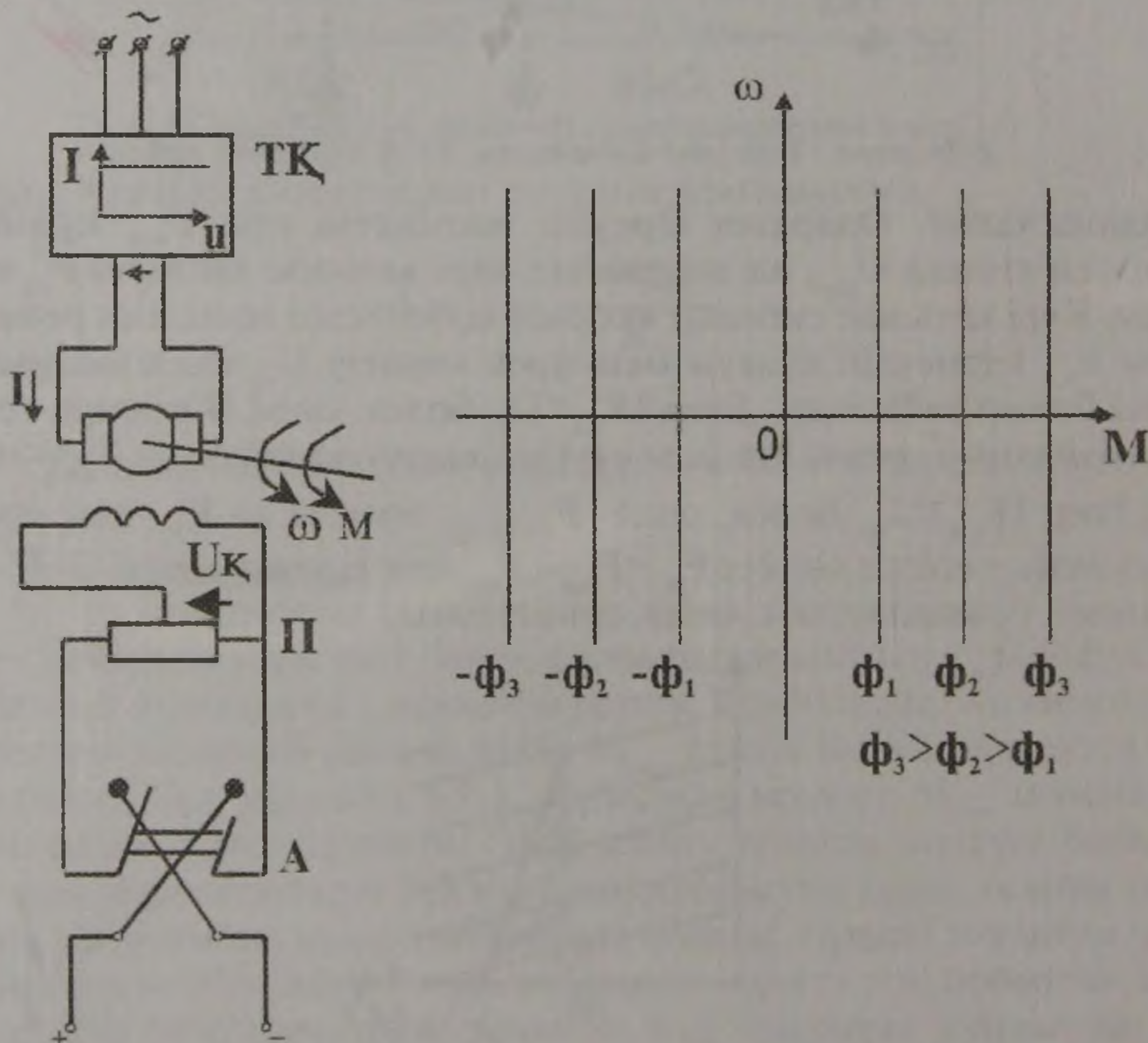
Әр түрлі кері қатынастағы тұйық жүйе электржетегіндегі кеңінен қолданылады, өйткені кері қатынас ауыспалы және бірқалыпты режимде кез-келген сипаттамаларды алуға мүмкіндік туғызады.

2.8. ТОҚ КӨЗІ – ҚОЗҒАЛТҚЫШ /ТҚ-Қ/ ЖҮЙЕСІНДЕГІ МОМЕНТ ПЕН ЖЫЛДАМДЫҚТЫ РЕТТЕУ

Жоғарыда қарастырылған тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу тәсілінде якорь тізбегі кернеу көзінен энергия алады деп есептесек, яғни желідегі кернеу немесе түрлендіргіштің

ЭҚК жүктеме тоғына тәуелсіз деп есептедік. Сондықтан, ток $I = \frac{U - E}{R}$

теңдігіне сәйкес автоматты түрде қалыпқа келетін еді. Енді якорь тізбегінің тоқ көзінен қуат алатын электржетегін қарастырайық. 2-28 суретте ТҚ-Қ жүйесінің қарапайым сүбесі көрсетілген.



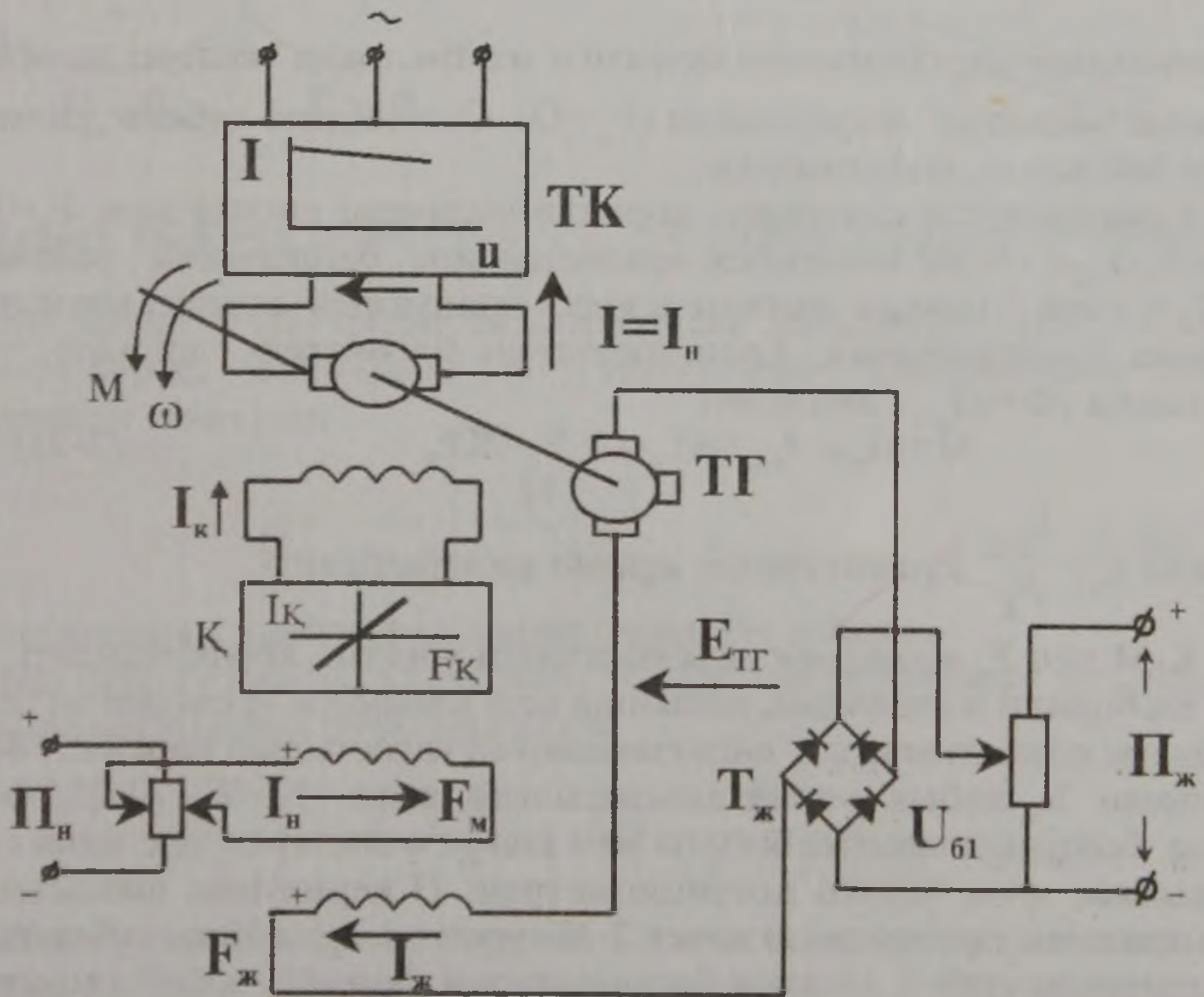
2-28. Тоқ көзі-қозғалтқыш (ТҚ-Қ). 2-29 сурет. ТҚ-Қ механикалық сипаттамалары.

Тұрақты ток қозғалтқышының якорі ток көзінен ТК қуат алады, яғни якорьдегі ток берілген $I = I_H$ және қозғалтқыштың жұмысына тәуелсіз. Қоздыру орамына таңбасын ажыратқышпен А өзгертуге болатын, патенциометрмен П реттелетін кернеуі беріледі. Бұндай жетекті механикалық сипаттамалар вертикаль түзулерден тұрады, өйткені /2-29 сурет/.

$M = KI\Phi \equiv \Phi$ және айналу жылдамдығына тәуелсіз.

Сүбе моментті реттеуге жағдай туғызады.

Кері қатынасты қолдану арқылы вертикальды сипаттамалардан ТТ-Қ жүйесіне тән кез-келген сипаттаманы алуға болады. 2-30 суреттегі сүбенің көмегімен осы жағдайларды қарастырып көрейік. Якорь жоғарыда айтқанымыздай ТТ-ға қосылған,



2-30 сурет. ТК-Қ-тың күрделі түрі.

ал қоздыру орамы кіріс-шығыс түзу сызықты сипаттамасы бар К күшейткіштен қоректенеді. Бұл күшейткіштің кірісінде екі сигнал қосылады. Олардың біріншісі - D_m – потенциометрдің көмегімен алынатын моменттің беріліс сигналы $F_m = I_m \omega_m$, екіншісі сол F_m – ге қарсы бағытталған жылдамдық бойынша кері байланыс сигналы $F_x = I_x \omega_x$; Жылдамдық бойынша кері байланыс тізбегі тахогенератор ТГ және потенциометрден Π_x басқа түзетуші көпірден V_x мосттан тұрады. Осы түзетуші көпірдің арқасында жылдамдыққа пропорционал F_x сигналы $|E_{ТГ}| > U_{бер,ж}$ болған кезде ғана пайда болады,

яғни жылдамдық $|\omega| > \frac{U_{адд,е}}{\gamma}$ болғанда γ - тахогенератордың ЭҚК

мен оның айналу жылдамдығы арасындағы пропорционалдық

коэффициенті $\gamma = \frac{E_{ТГ}}{\omega}$ /. Жылдамдық баяу болған кезде V_x

вентильдері $\omega_{ж}$ орамының бойымен өтетін токқа кедергі жасайды да кері байланыс қосылмайды ($F_x = 0$). Сол себепті сүбеде үзілмелі кері байланыс қолданылған.

Күшейткіштің кірісіндегі қорытындылаушы сигнал мен $F_E = F_m - F_x = F_m - k_{кк} \omega$ /2-20/ моменттің аралығындағы байланысты табайық. $I = I_n = const$ болғанда жоғарыда көрсеткеніміздей момент магниттік ағынға пропорционал. Қозғалтқыштың магниттелу қисығы, түзу сызықты $\Phi = \alpha I_{коз}$ / деп алып

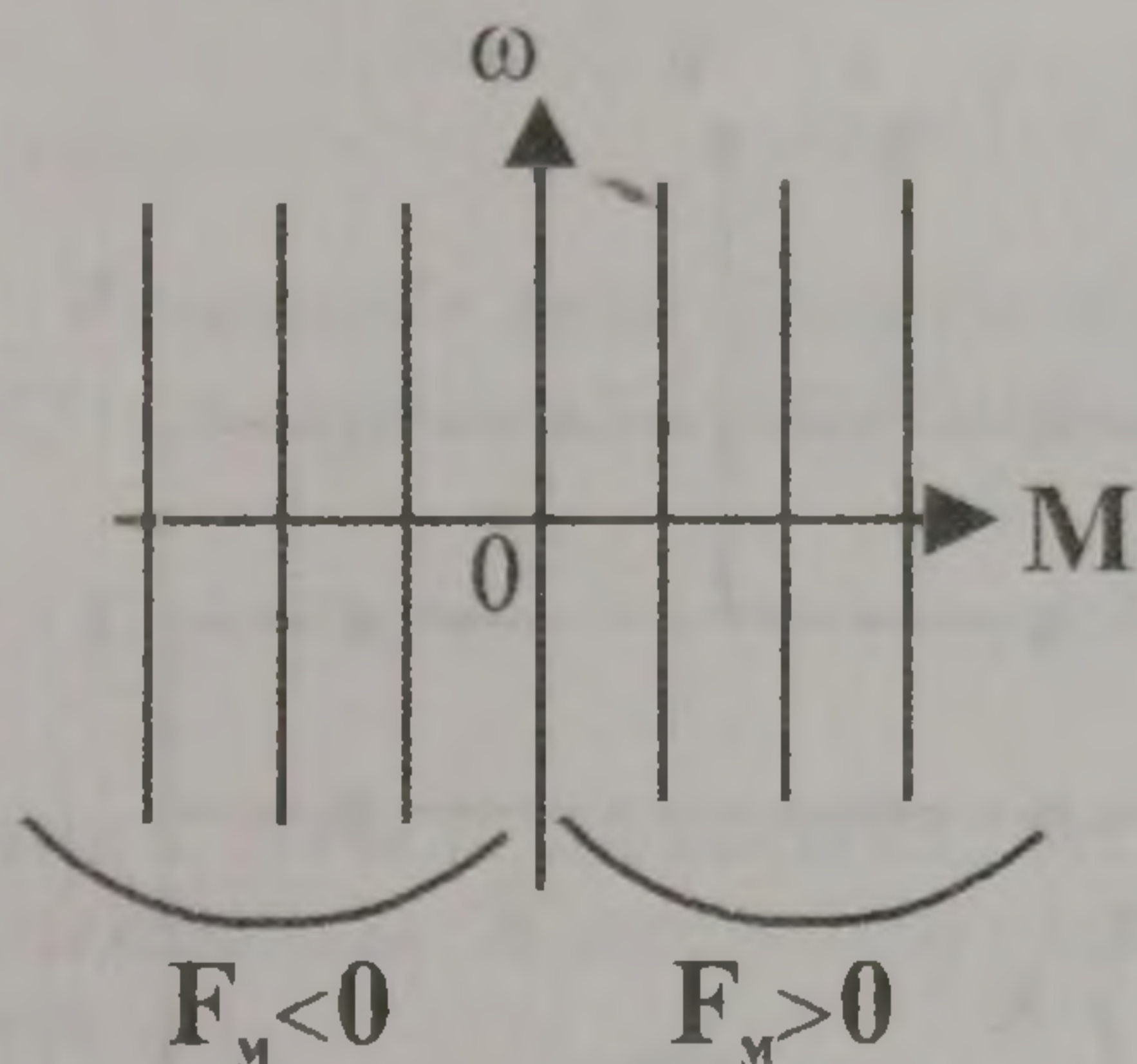
$$M = k I_n \alpha I_{коз} = k I_n \alpha k_k F_E = K F_E \quad /2-21/$$

мұнда $k_k = \frac{I_{коз}}{F_\Sigma}$ күшейткіштің күшею коэффициенті.

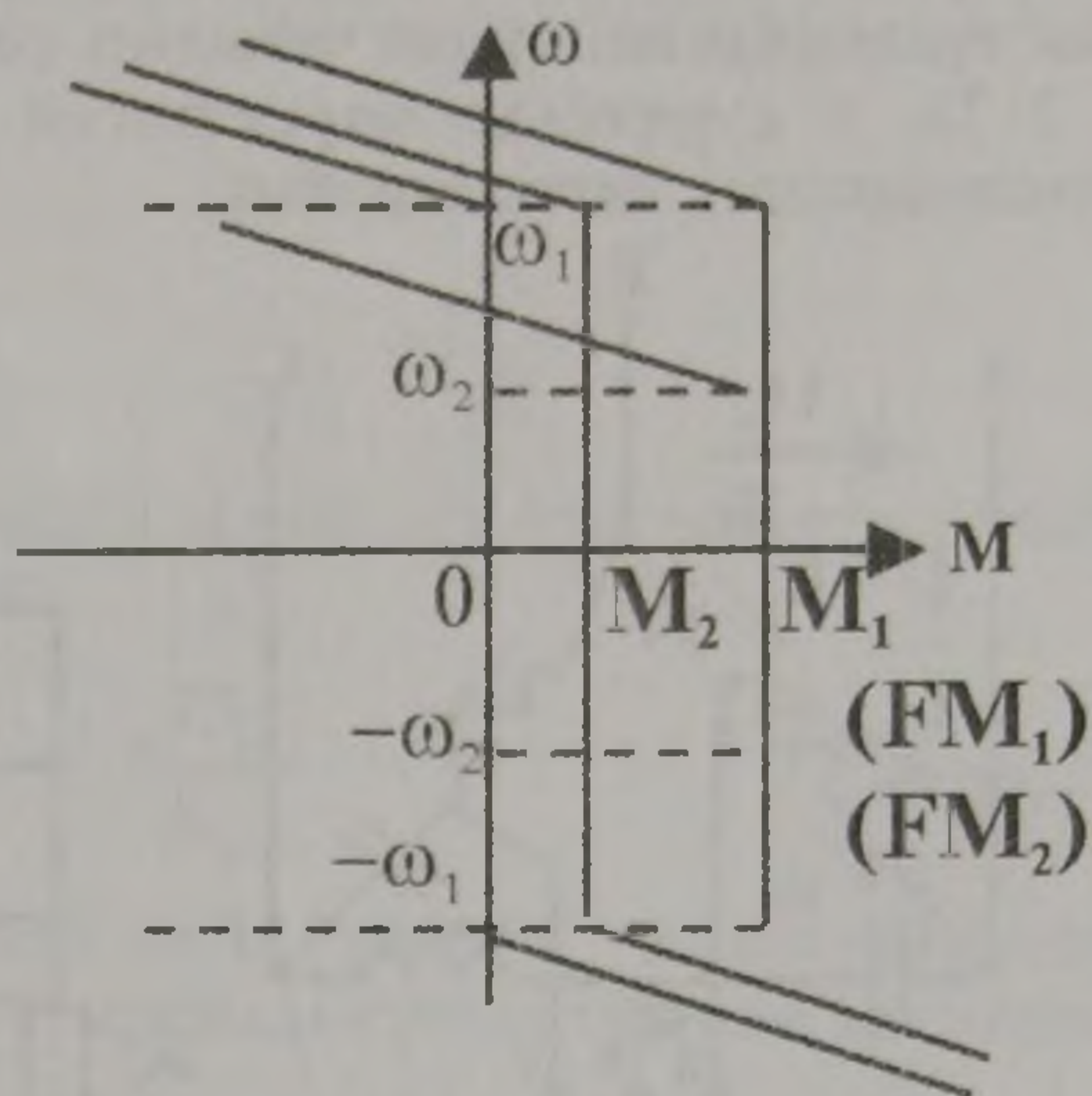
К-М пен F_x аралығындағы пропорционалдық коэффициенті.

Ең бірінші жылдамдық бойынша кері қатынасы қосылмаған жағдайдағы қозғалтқыштың сипаттамаларын қарастырып көрейік. /Вентильмен V_x жабық немесе ажыратылған, яғни $F_E = F_m$ /2-21/ формула бойынша момент бағыты мен шамасы жағынан тек қана сигналымен, яғни беруші потенциометрдің Π кернеуінің шамасымен анықталады. Бұл жағдайда жетек 2-28 суреттегі қарапайым сүбедегідей қоздырғыш тізбегі арқылы басқарылатын “момент көзі” қасиетіне ие, яғни берілген моментті айналу жылдамдығы тәуелсіз дамытады /2-31 сурет/. Бұндай сипаттамаларды қажет ететін есептерді, біз жоғарыда қарастырғанбыз /§§ 1-4, 1-13 сур./. Қарастырылған сүбелер ол сипаттамаларды қарапайым тәсілмен алуды қамтамасыз етеді.

Енді $U_{\text{бер.ж}}$ арқылы анықталатын ω_1 жылдамдығы кезінде /2-20/ формуласына сәйкес жылдамдық бойынша кері қатынас және $[\omega] > [\omega_1]$ болғанда F_{Σ} бет нәтижелік сигналы пайда болсын делік.



2-31 сурет. ТК-Қ-тың сипаттамасы.



2-32 сурет. ТК-Қ-тың сипаттамасы.

Бұл кезде /2-21/ формуласына сәйкес жылдамдық өскен сайын M азая береді. /2-20/-ға /2-21/-ді қойып және жылдамдыққа салыстырмалы шығарып

$$\omega = \frac{F_{\text{жс}}}{k_{\text{к,к}}} - \frac{M}{k_{\text{к,к}} \cdot K} \quad /2-22/$$

механикалық сипаттамаларының теңдеуін аламыз.

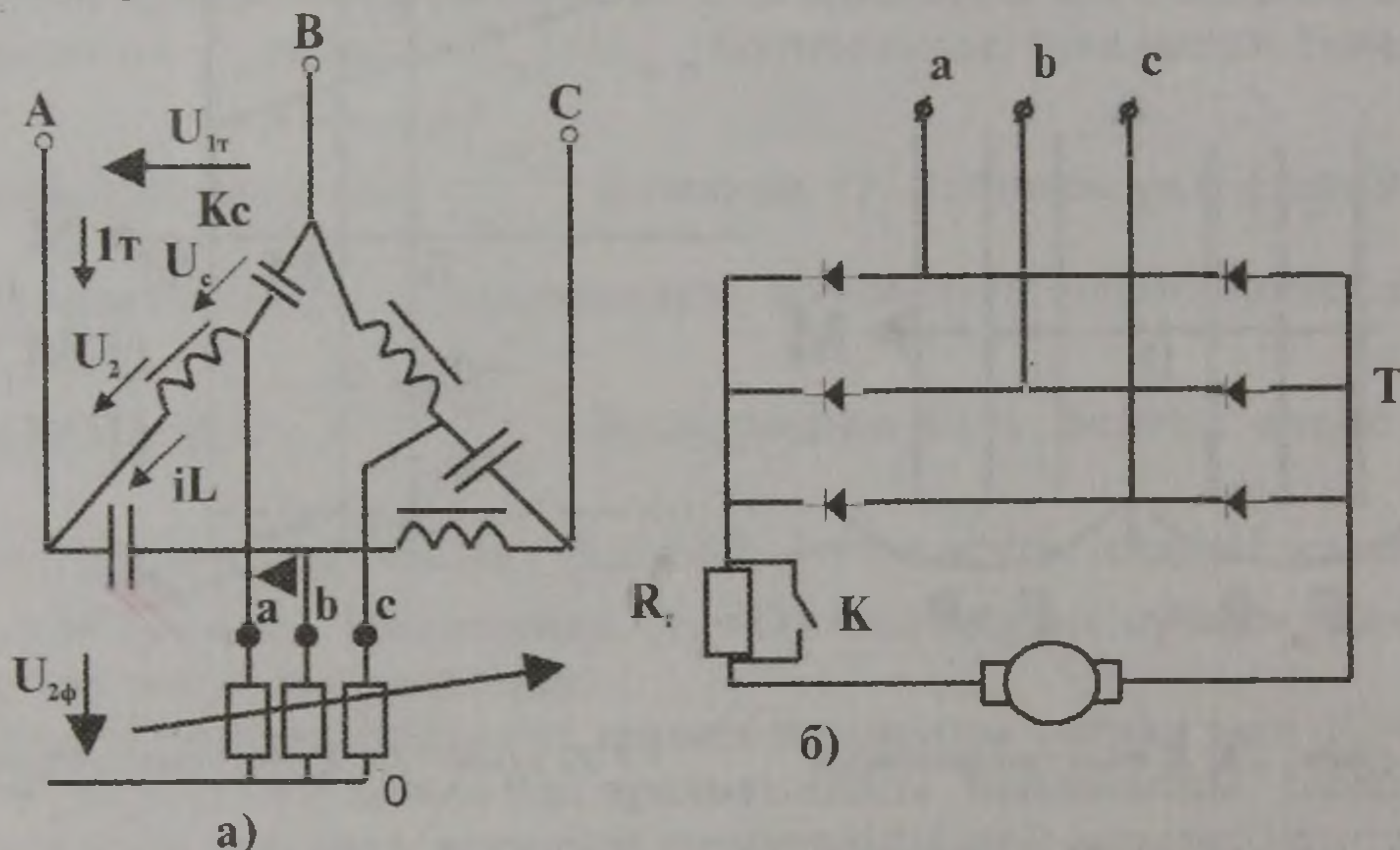
Бұл теңдеу іске қосудың қалыпты сүбесінде алынған механикалық сипаттамалар теңдеуіне ұқсас

$$/\omega_0 = \frac{F_M}{k_{\text{к,к}}}; \Delta\omega = \frac{M}{k_{\text{к,к}} \cdot K}/$$

Және оған бір-біріне параллель сипаттамалардың жылдамдығы сәйкес келеді /2-32 сур/. Берілу сигналының $U_{\text{бер.с}}$ негізгі мәндерін өзгерту арқылы жылдамдықтың басқа деңгейінде $[\omega_2]$ 2-32 сур/ осыған ұқсас сипаттамалар аламыз. Қарастырылған жүйенің кең реттеу мүмкіндіктері бар. Бір канал арқылы $/\Pi_M/$ моментті екінші канал

/ Π_k / арқылы - жылдамдықты реттеуге болады. Якорі тоқ көзінен қуат алатын жүйелер бұрыннан белгілі. Оның кең түрде тарауына қарапайым, сенімді және тиімді тоқ көздерінің жоқтығы кедергі болады. /Күрделі машиналық агрегаттар қолданылған/. Қазір қарапайым кернеу көзін тоқ көзіне айналдыратын индукциялық-сыйымдылық түрлендіргіші ойлап табылып қолданылуда /ИСТ/.

2-33, а суретінде көрсетілген қарапайым сүбеде осындай түрлендіргішті қарастырайық.



2-33 а) сурет. Индуктивті-сыймдылық түрлендіргіші
2-33 б) сурет. Басқармайтын түзеткіш (БТ). (ИСТ).

Сүбе реактивтік X_L кедергісі бар айнымалы токтың үш бірдей дросселінен және X_C реактивтік кедергісі бар үш бірдей конденсаторлар батареясынан тұрады. А, В, С нүктелері I_m болатын симметриялы үш фазалы айнымалы токқа қосылған: а, в, с нүктелеріне жүктеме қосылған. 2-33, а-суретінде жүктеме ретінде жұлдыз тектес қосылған, үш бірдей резисторлар қолданылған, және олардың кедергілерінің шамалары нольден $R_{2\text{мун}}$ - ға дейін өзгеруі мүмкін. Қарастырылып отырған қолдануларды басқарылмайтын түзеткіш Т арқылы қосылған қозғалтқыштың якорі жүктеме болып табылады /2-33, б сурет/. ИСТ-тің жұмыс істеу принципі L-C тізбегінде резонанс кернеуінің болуына қатысты. Дроссель мен сыйымдылықтың активті кедергісін ескермей, $U_{1я} = \text{const}$, $f = \text{const}$, $X_L = X_C = X_{pэ}$ болсын. Сүбе симметриялы болғандықтан, бір фазаны ғана қарастырайық: басқа фазадағы ток пен кер-

неудің амплитудалары бірдей, бірақ фазалары $\frac{2\pi}{3}$ - ке жылжыған.

2-33 сур. а сүбесі үшін комплекстік шамамен жазылған мынадай теңдеулер сәйкес

$$\dot{W} = \dot{W}_c + \dot{W}_L \quad \dot{I}_c = \frac{\dot{U}_c}{-jX_c}$$

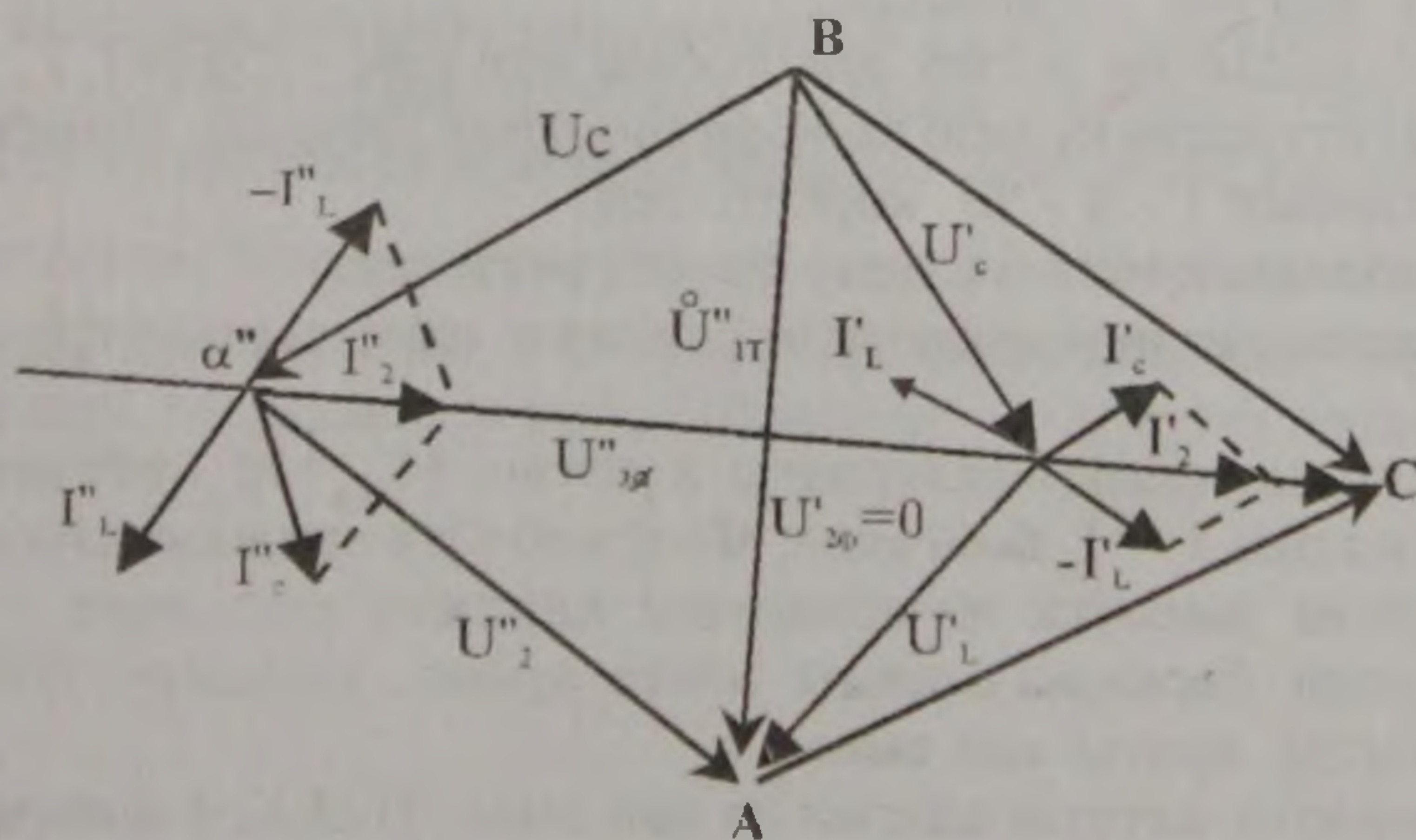
$$\dot{I}_2 = \dot{I}_c - \dot{I}_1 \quad \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{jX_1}$$

Реактивтік кедергілердің теңдігін есепке ала отырып, осы теңдеулерден шығарып, алатынымыз:

$$\dot{I}_2 = j \frac{U_{1л}}{X_{р.э}} \quad /2-23/$$

яғни I_2 тоғы R_2 шамасына тәуелсіз, ол $U_{1л}$ және $X_{р.э}$ шамасымен ғана анықталады. Жүктемемен салыстырғанда сүбеде тоқ көзі қасиеттері бар.

Сүбенің жұмысын векторлық диаграммаға салайық /2-34 сур./. Ең бірінші $R_2 = 0$, яғни а, в, с нүктелері О нүктесімен беттеседі деп алайық. Диаграммада бұл режимге штрихпен белгіленген шамалар сәйкес келеді. I_2 тоғының векторы $U_{1л}$ векторына перпендикуляр, резонанс элементіндегі кернеу желінің фазалық кернеуіне тең $I_{1л}$ тоғы /диаграммада көрсетілмеген/ келтірілген жорамалға байланысты бұл режимде нольге тең, яғни



2-34 сурет. ИСТ сүбе жұмысының векторлық диаграммасы.

жүктеме қысқа тұйықталған кезде сүбе желіден ток алмайды. R_2 –нің өсуіне байланысты резонанс элементіндегі кернеу мен ток өзгереді, $U_{2\Phi} = I_2 R_2$ және $I_{1\prime}$ өседі, бірақ I_2 тоғы шама жағынан да фаза жағынан да өзгеріссіз қалады. Векторлық диаграммада R_2 “О” режимі үшін ток пен кернеу векторлары көрсетілген /2 штрихпен көрсетілген/.

$I_{1\prime}$ тоғы, R_2 -нің көбеюіне сәйкес өсетінін көрсетуге болады, және де $I_{1\prime}$ –дің $U_{2\Phi}$ -қа қатысы түзу сызықты, ал $I_{1\prime}$ фазасы $U_{1\Phi}$ фазасымен сәйкес, яғни $\cos=1$. Келтірілген жорамалға байланысты ПЭК бірге тең, ал іс жүзінде бірге жақын.

Қарастырылған құрылғы қарапайымдылығы, сенімділігі, жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштермен ерекшеленеді. Басқарылмайтын түзеткіште жұмыс істегенде желінің кернеуін аз ауытқытады және жүктеме мен желі кернеуін сәйкестендіру үшін трансформатор қажет етпейді /Жүктемедегі кернеу оның эквиваленттік кедергісіне тәуелді/.

Келтірілген реттеу тәсілдерінің мүмкіндіктеріне баға берейік.

1. Моментті реттеу $F(1,2 \pm 1,3)M_H$ аралығында.

$I-I_H$ болғанда машинаның магниттік тізбегінің қанығуына байланысты үлкен момент алуға болмайды. /2-13 сур. кара/. Жылдамдықты реттеу - екі зоналы $\pm \omega_{MAX}$ шегінде; ω_{MAX} шамасы якорьдегі мүмкіндік кернеумен немесе машинаның механикалық беріктілігімен анықталады. Тежеу режимінде жұмыс істеген кезде /II және IV квадратта/ якор тізбегіне қозғалтқыштың білігінен келетін энергияны тарататын резистор R_T қосылу керек /2-33,б/ сүбе энергияны желіге қайтаруға жағдай жасамайды.

2. Жылдамдықты реттеу диапазоны өте кең - /56100: 1 –ге дейін және күшейткіштің күшею коэффициентіне тәуелді. Моментті реттеу диапазонын I - § - те көрсетілген.

3. Жылдамдық пен момент жатық реттеледі.

4. Жылдамдық пен моменттің берілген шамасының тұрақтылығы жоғары .

5. Жасанды сипаттамалардағы жүктеме $M_{MTM} = M_H$, өйткені M -нің үлкен шамасын $I = I_H$ болғанда, Φ -ті көбейту арқылы алуға болады.

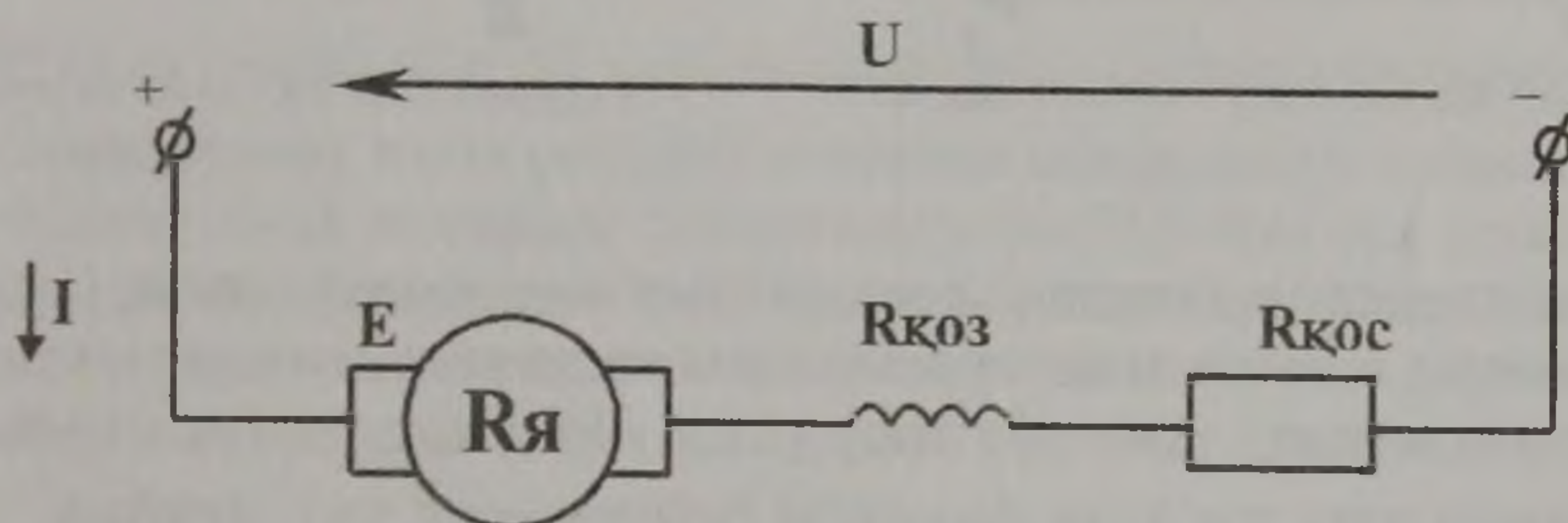
6. Жүйені жасауға жұмсалатын қаражат көп емес – күштік түрлендіргіш басқарылмайды және арзан, қоздыру тізбегіндегі күшейткіштің қуаты көп емес. »

Пайдалануға кететін шығын да көп емес /П.Э.К.-і жоғары/. Максимальлық моменттің шектелуі мен тез әсер етудің баяулығы жүйесінің кемшілігі болып табылады.

III. ТАРАУ ТІЗБЕКТЕЛГЕН ЖӘНЕ АРАЛАС ҚОЗДЫРҒЫШТЫ ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНІҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН РЕТТЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

3.1. ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТЕҢДЕУІ МЕН СИПАТТАМАЛАРЫ.

3-1 суретте тізбектеліп қосылған қоздырғышты қозғалтқыштың қарапайым сүбесі көрсетілген.

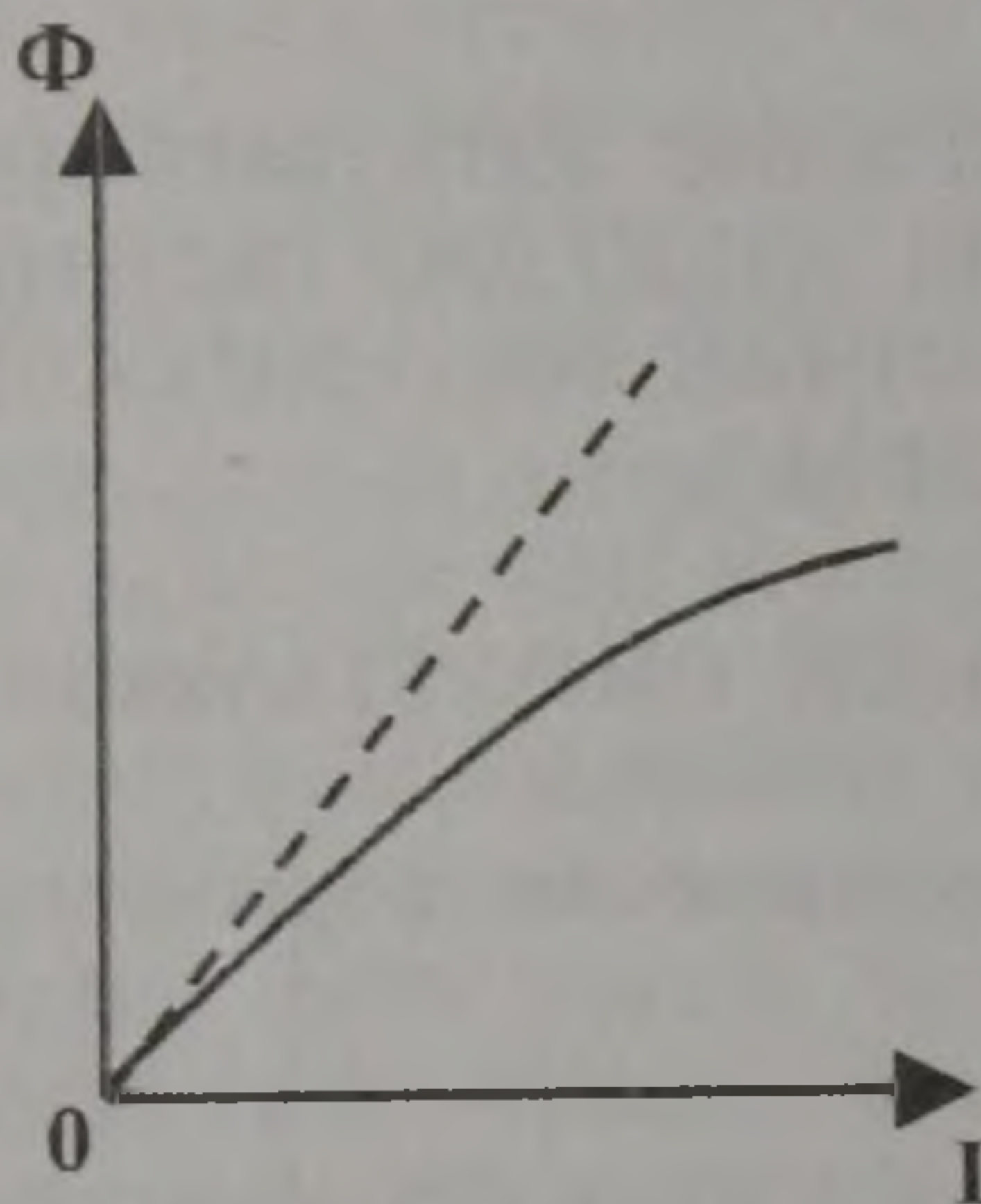


3-1 сурет. Тізбектелген қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышы (ТҚТТҚ).

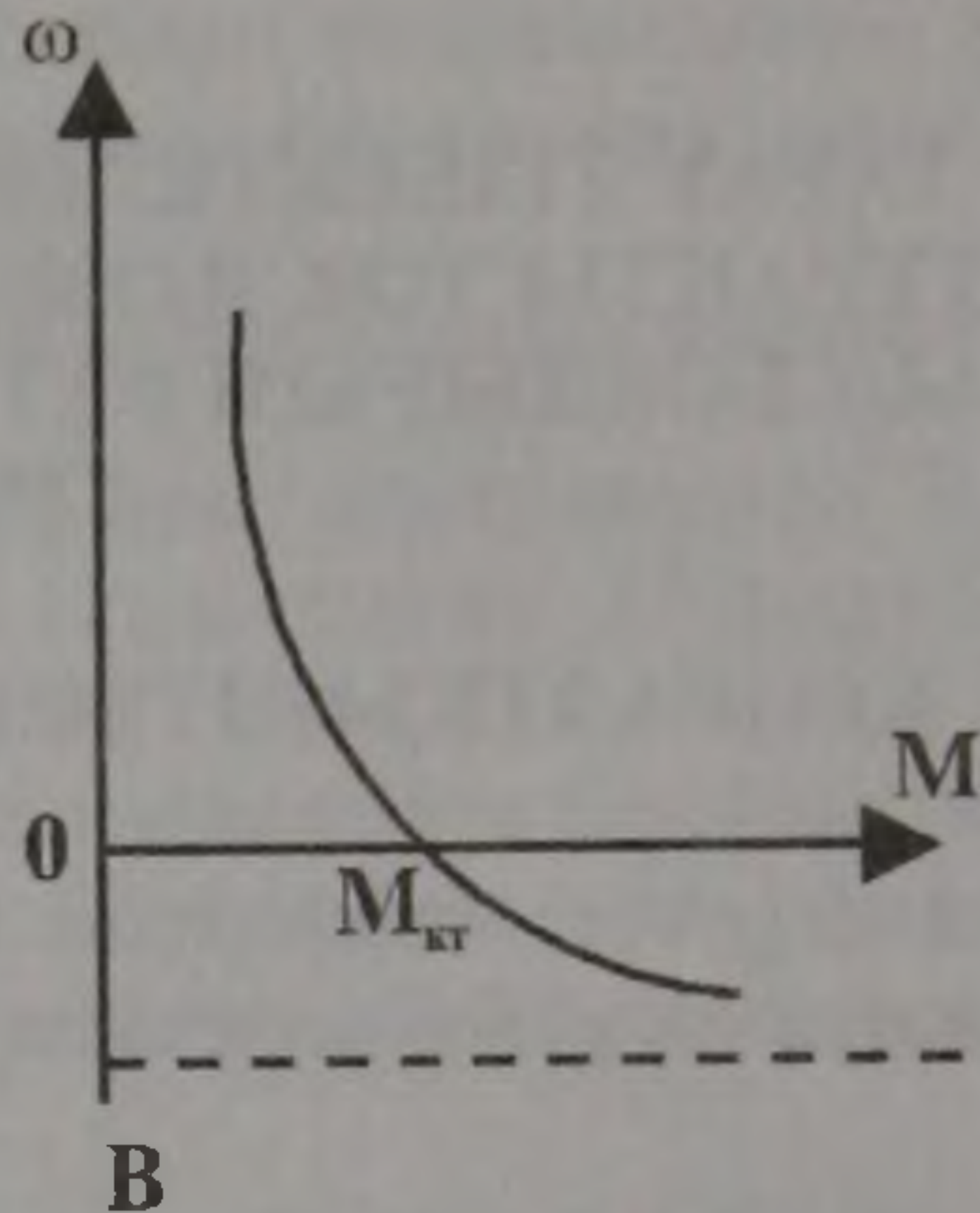
Басқа да тұрақты ток қозғалтқыштары сияқты; тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштарға да мына теңдеулер сәйкес:

$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{MR}{(k\Phi)^2}$$

Бірақ, егер осы тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштар үшін теңдеуде көрсетілген ағын жүктеме тоғына тәуелсіз болса, онда тізбектелген қоздырғышты қозғалтқыштар үшін ағым жүктеме тоғының функциясы болып табылады. $\Phi = \varphi(I)$ қатыстығы магниттелу сипаттамасы деп аталады /3-2 сур./. Бұл сипаттаманың қарапайым аналитикалық анықтамасы жоқ. Шамамен /3-2/ суреттегідей түрде болады.



3-2 сурет. Магниттелу сипаттамасы.



3-3 сурет. ТҚТҚ-тың механикалық сипаттамасы.

Бірқалыпты режимдегі қозғалтқыштың жылдамдығы мен оның дамытылған моментінің арасындағы қатынасты, яғни механикалық сипаттамасының теңдеуін табу үшін, қоздыру ағыны қозғалтқыштың якоріндегі ток түзу сызықты байланыста деп алайық. $\Phi = \alpha I$

Онда $M = k\Phi I = k\alpha I^2$ /3-1/

және $\omega = \frac{U}{k\alpha I} - \frac{R}{k\alpha}$ /3-2/

/3-2/-ге /3-1/-гі токтың мәнін қойып, механикалық сипаттамасының теңдігін аламыз:

$$\omega = \frac{A}{\sqrt{M}} - B \quad /3-3/$$

мұндағы

$$A = U / \sqrt{k\alpha}; \quad B = \frac{R}{k\alpha}$$

$R = R_{я} + R_{\text{қоз}} + R_{\text{қоз}}$ - қозғалтқыштың якорь тізбегіндегі толық кедергі. Сонымен, алынған жорамал бойынша тізбектелген қоздырғышты қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы гиперболоа болады /3-3 сур./; оның бір асимптоты ордината осі, ал екіншісі теңдеуі $\omega = -\beta$ болатын абсциссаға параллель түзу сызық.

Тізбектелген қоздырғышты қозғалтқыштың механикалық сипат-

тамасының қатаңдығы $\beta = \frac{\partial M}{\partial \omega}$ айнымалы және жүктеме көбейген

сайын өседі. Қысқа тұйықталу нүктесі M мен қарсы қосу облысы механикалық сипаттама үшін ($U=U_H, R=R_{\text{қозг}}=R_{\text{я}}+R_{\text{қозд}}$) номинал жүктемеден алыста жатыр.

Алынған теңдеулер тізбектелген қоздырғышты қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы туралы жалпылай ұғым береді, өйткені шындығында машинаның магниттік жүйесі қаныққан және магниттелу қисығы түзу сызық емес. Сондықтан іс жүзіндегі есептер үшін графикпен берілетін $\omega = F_1(I), M = \Psi(I)$ қатынастарын қолдану керек.

Егер қуат пен кернеудің кең диапазонындағы $\omega = f_1(I)$ мен $M = \Psi(I)$ сериялы бірдей машиналар үшін сипаттамаларын салыстырмалы бірлікте, негіз ретінде номинал шамаларды қабылдап салу керек болса, онда олардың сипаттамалары бір-бірімен дерлік сәйкес келеді және айырмашылықтары іс жүзіндегі дәлдіктен аспайды. Сондықтан, бұл жалпы сипаттамалар әмбебап деп аталады және әрбір машинаның сериясы үшін дайындаушы заводтың каталогында келтіріледі /3-4 сурет/. $\omega = f(I); M = \Psi(I)$ қатынастарын пайдалана отырып қозғалтқыштың абсолюттік бірліктегі электромеханикалық және механикалық сипаттамаларын салуға болады.

Белгілеу кіргізейік.

$\omega_{\text{таб}}$ – табиғи сипаттамасындағы кейбір жүктеме кезіндегі қозғалтқыштың жылдамдығы.

$\omega_{\text{ж}}$ - бұл да сол, тек жасанды /реостатты/ сипаттамада. $R_{\text{қозг}}$ - қозғалтқыштың кедергісі.

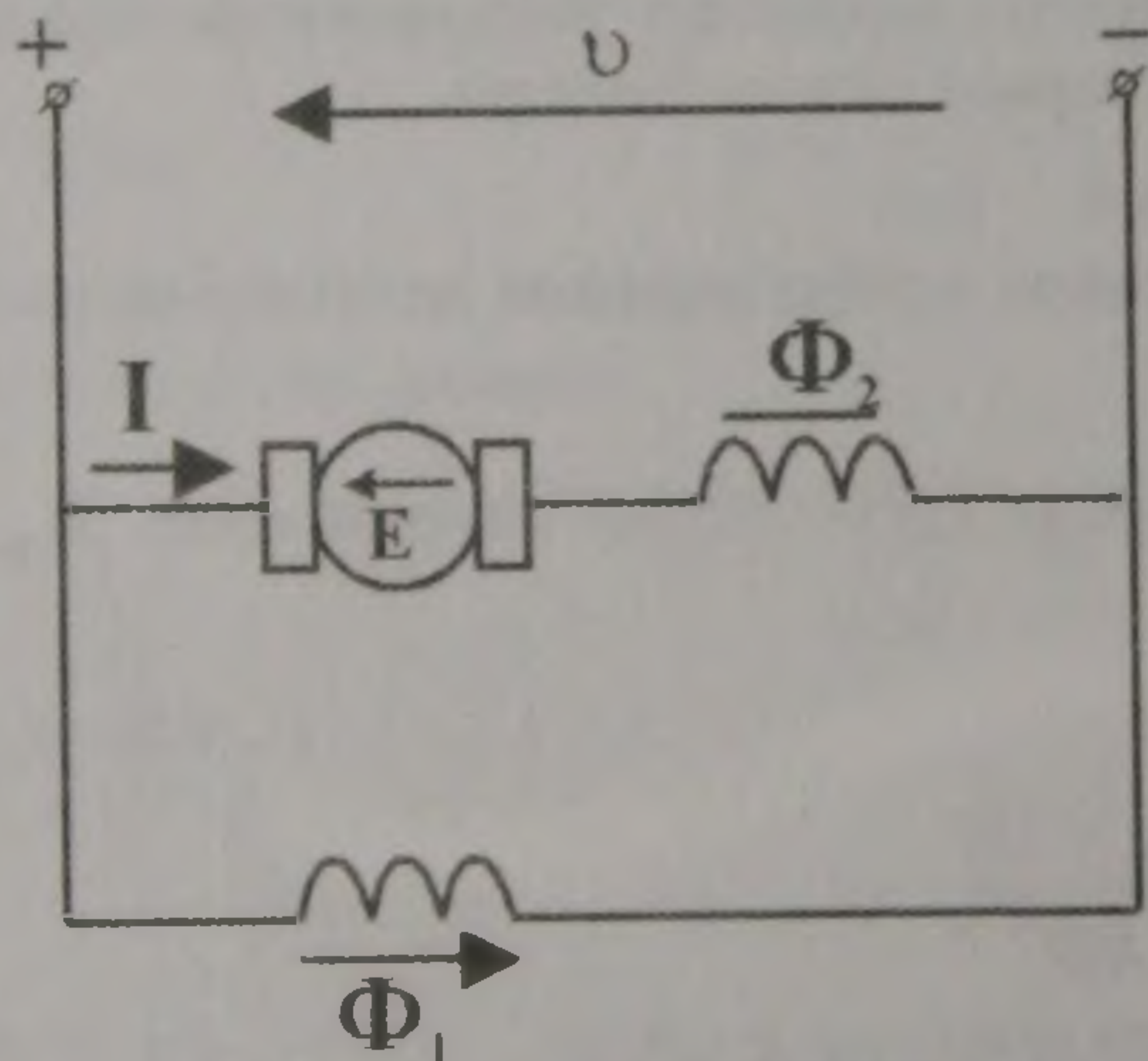
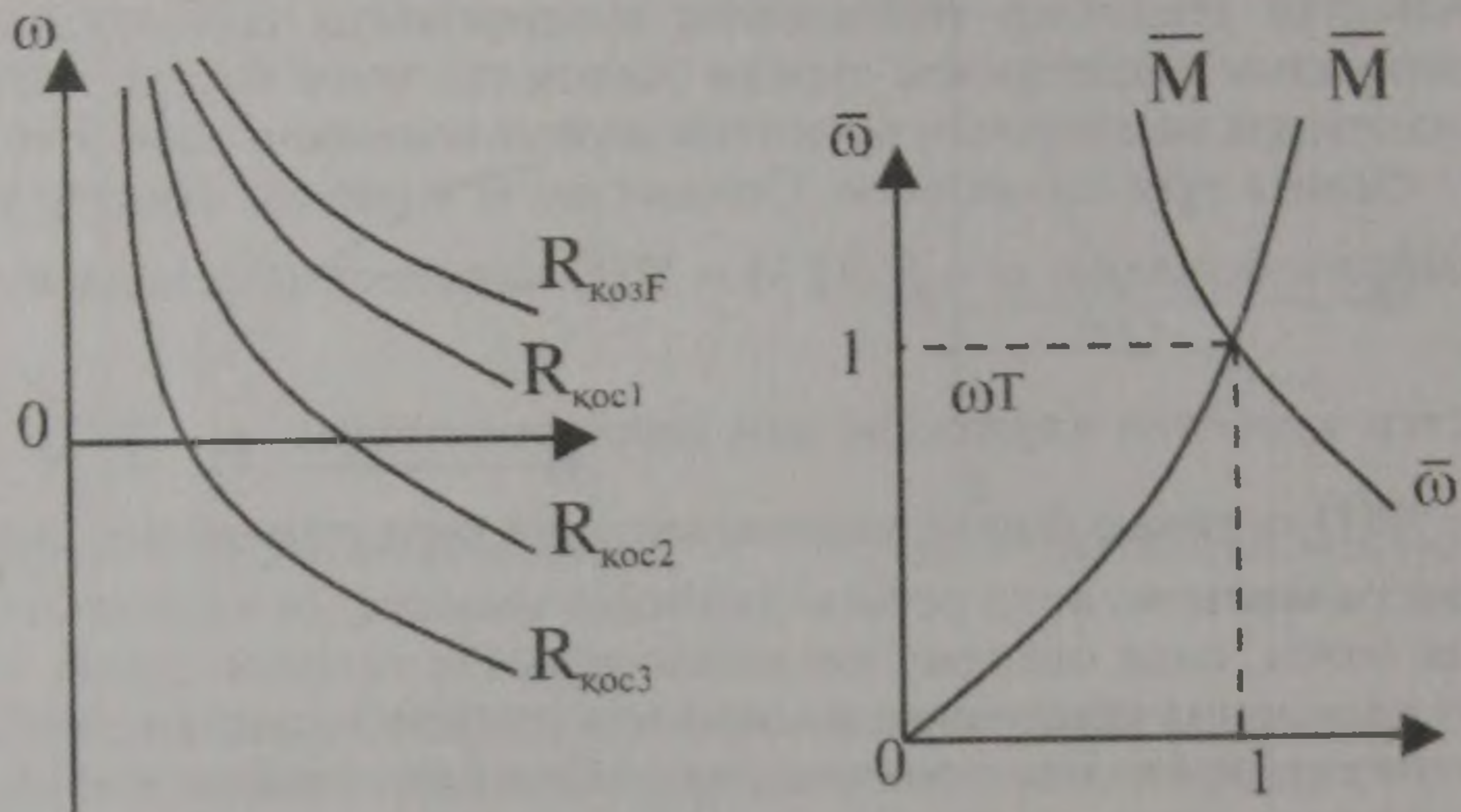
Бұлай болса

$$\omega_{\text{таб}} = \frac{U_H - IR}{k\Phi};$$

$$\omega_{\text{ж}} = \frac{U_H - I(R_{\text{қозг}} + R_{\text{қос}})}{k\Phi}$$

$$\omega_{\text{ж}} = \omega_{\text{таб}} \frac{U_H - I(R_{\text{қозг}} + R_{\text{қос}})}{U_H - IR_{\text{қозг}}} \quad /3-4/$$

Егер белгілі бір жүктеме мәнінде реостаттық сипаттамадағы жылдамдықтың шамасы берілген болса, онда /3-4/ теңдігі осыған кері есепті шығаруға, яғни сипаттама берілген нүктеден өту үшін



3-4 сурет. ТҚТТҚ-тын каталог сипаттамасы.
 3-5 сурет. ТҚТТҚ-тың реостаттық сипаттамасы.
 3-6 сурет. Аралас қоздырғышты қозғалтқыш (АКҚ).

қозғалтқышпен тізбектей қосылатын сыртқы кедергінің шамасын табуға мүмкіндік туғызады. 3-5 суретте жаратылыс және реостаттық, әртүрлі кедергідегі реостаттық сипаттамалар көрсетілген.

Аралас қоздырғышты қозғалтқыштың қарапайым іске қосу сүбесі 3-6 суретте көрсетілген.

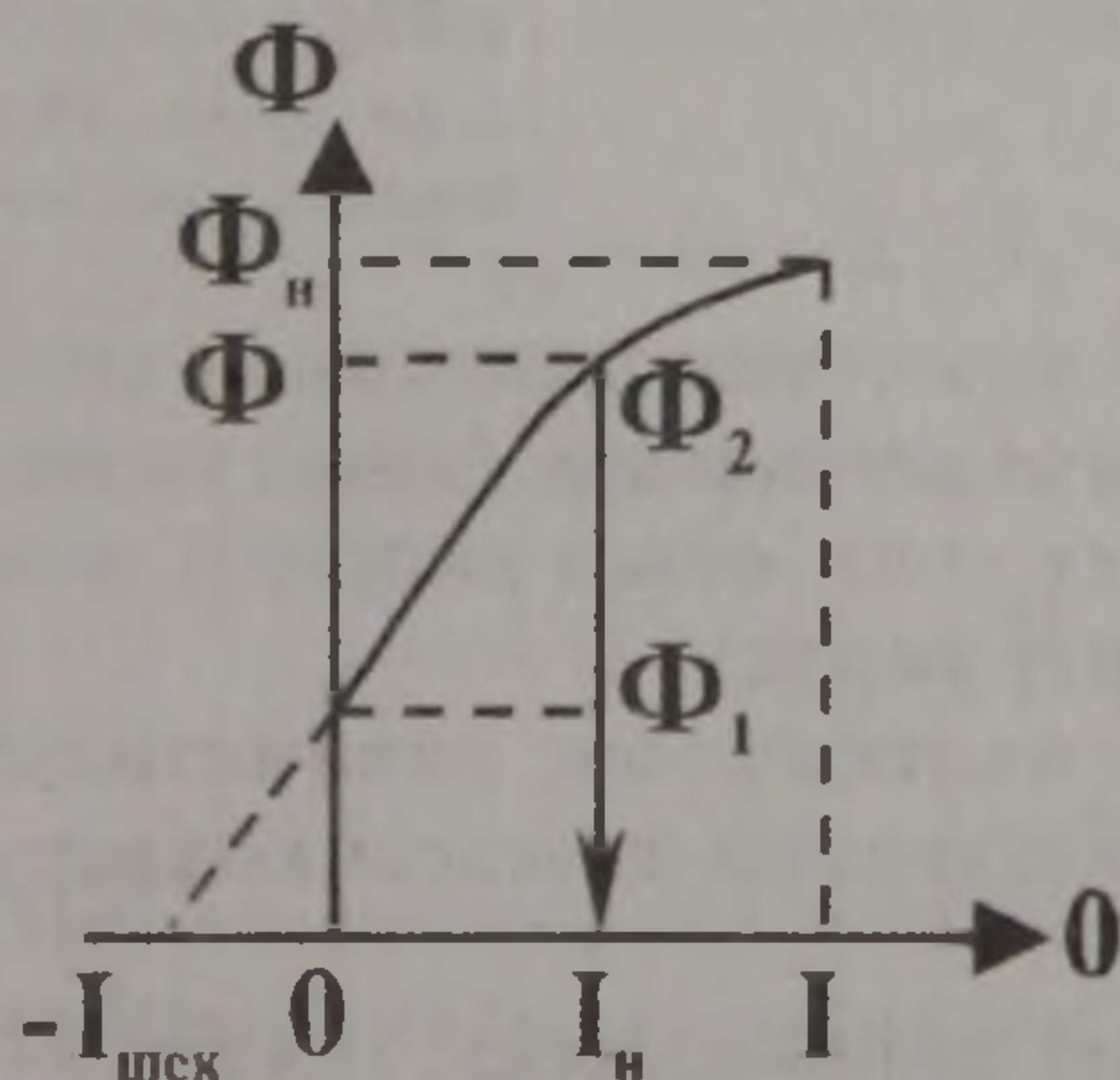
Аралас қоздырғышты қозғалтқыштың магниттік ағыны Φ_p тәуелсіз қоздырғыштың орамы Φ_1 мен тізбектес қоздырғыштың орамының Φ_2 біріккен әрекетінің қорытындысымен анықталады. 3-7 суретте аралас қоздырғышты машинаның қозғалтқыштық және генераторлық жұмыс режиміндегі, қозғалтқыштық режимде номинал тоқ Φ_{1-2} болған жағдайдағы қорытынды ағынның қатынасы көрсетілген. Генераторлық режимге өткен кезде тізбектелген қоздыру орамының ағыны Φ_2 Φ_3 -ге қарсы бағытталған және қандай да бір топтың $I_{шк}$ – шектелу шамасында машина түгелдей магнитсізденеді.

Идеал бос жүріс кезінде қозғалтқыштың ЭҚК берілген кернеуге тең

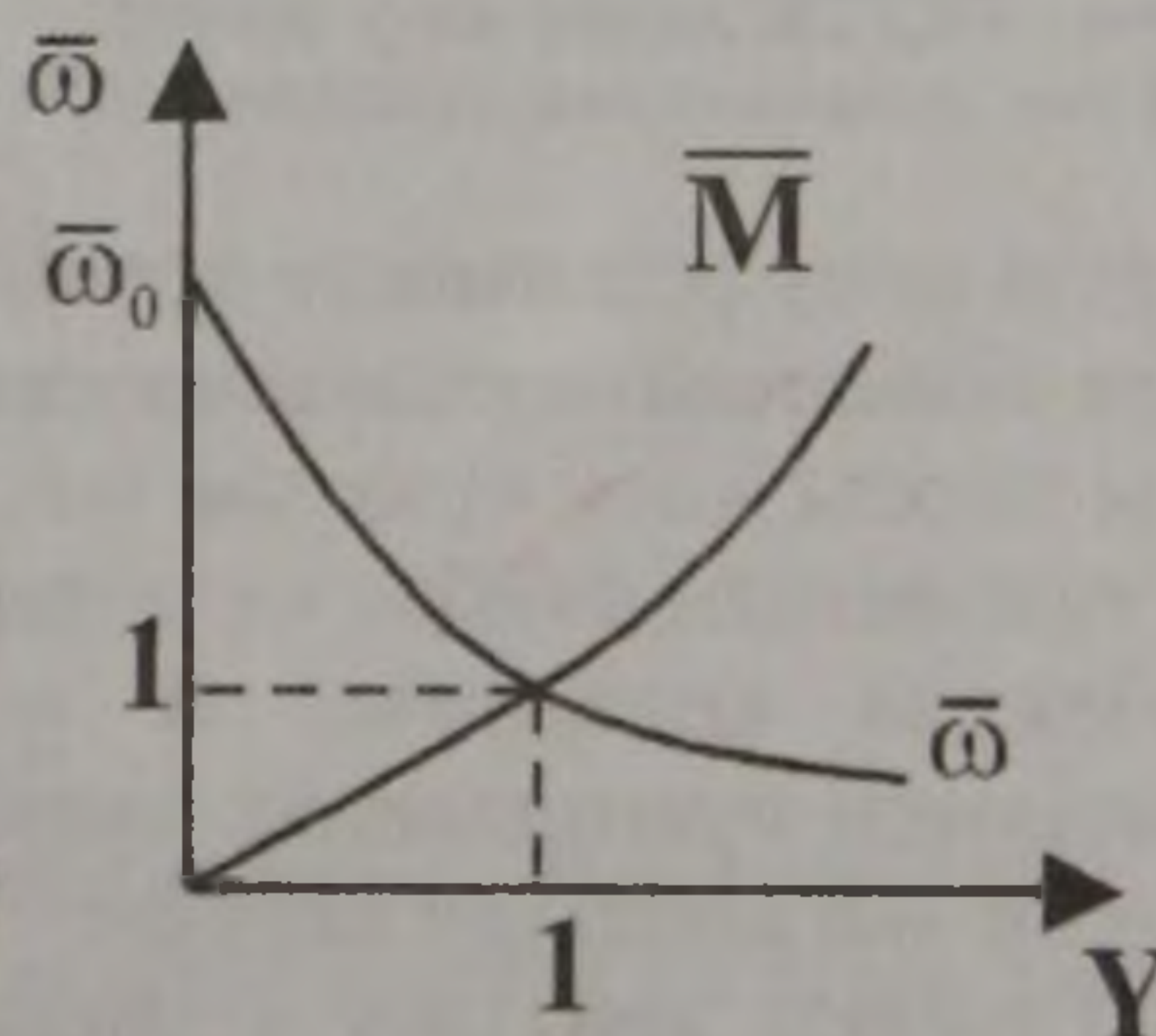
$$U = E = k\Phi_1\omega_0$$

Олай болса идеал бос жүрістің жылдамдығы $\omega_0 = \frac{U}{k\Phi_1}$

Қозғалтқыштық жұмыс режимде якорьдің тоғы $I \in I_n$ болған кезде машинаның магниттік жүйесінің қаныққаны анық байқалады. Сондықтан сипаттамалардың қарапайым аналитикалық машиналары жоқ болғандықтан әмбебап сипаттамалар түрінде каталогтарда беріледі /3-8 сурет/.



3-7 сурет. АҚК қорытынды ағынның қатынасы.



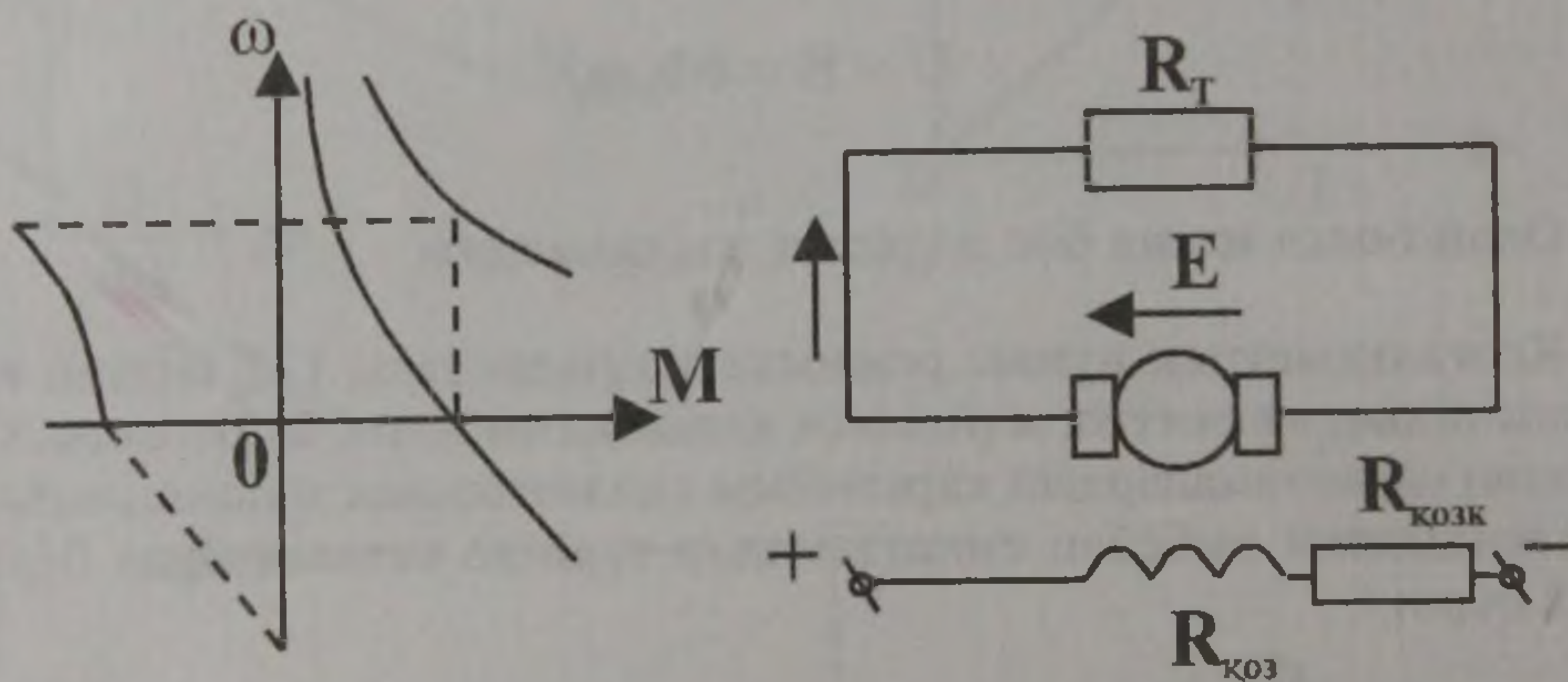
3-8 сурет. АҚК әмбебап каталог сипаттамасы.

Аралас қоздырғышты қозғалтқыштардың реостаттық сипаттамаларын құру тізбектелген қоздырғышты қозғалтқыштар сипаттамаларының методы бойынша әмбебап сипаттаманың көмегімен салынады.

3.2. ТЕЖЕУ РЕЖИМІНДЕГІ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ЖҰМЫСЫ

Тізбекті қоздырғышты желімен тізбектесе генераторлық /тежеу/ режимінде қарсы қосу және желіге тәуелсіз /динамикалық тежеу/ жұмыс істей алады. Тізбектей қоздырғыш машинасы желімен параллель /рекуперативтік тежеу/ генераторлық режимде жұмыс істей алмайды, өйткені қозғалтқыштың сипаттамасы қандай жылдамдықта болмасын ордината осін киып өте алмайды, және іске қосудың қалыпты сүбесінде қозғалтқыштың ЭҚК қосылған кернеуден көп болмайды.

Қозғалтқыштың қарсы қосу режиміндегі жұмысы кезінде, оның механикалық сипаттамасы теріс жылдамдық аймағындағы қозғалтқыштық режим сипаттамасының жалғасы болып табылады /3-9 сурет/.



3-9 сурет. ТҚТТҚ қарсы қосу тежеу режиміндегі механикалық сипаттамасы.

3-10 сурет. ТҚТТҚ динамикалық тежеу сүбесі.

Қарсы қосу режимінде тоқты мүмкіндік шектермен шектеу үшін якорьге тізбектей қосымша кедергі қойылады. Айналадағы қозғалтқышты қарсы қосу арқылы тежеу үшін оның якорінің немесе қоздыру орамының таңбасын өзгерту керек.

Тізбектей қоздырғышты қозғалтқыштың динамикалық тежеуі екі тәсілмен орындалады: қозғалтқышты тәуелсіз қоздыру кезінде және өзін-өзі қоздыру кезінде.

а/. Тәуелсіз қоздыру кезіндегі динамикалық тежеу /3-10 сур./.

Мұнда қоздыру орамы якорден ажыратылады да тоқты жетектейтін $R_{\text{Коз.К}}$ кедергісі арқылы кернеу көзіне қосылады, ал якорь сыртқы кедергімен жалғастырылады.

Бұл жағдайдағы тежеу сипаттамасы, тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштың динамикалық тежеу сипаттамасымен бірдей.

Қоздыру орамымен тізбектей қосылатын, $R_{\text{Коз.К}}$ кедергісін қоздыру орамындағы ток номинал мәнінен аспайтындай етіп алады, яғни

$$R_{\text{қоз,к}} = \frac{U_{\text{н}}}{I_{\text{н}}} - R_{\text{қоз}}$$

бұл жағдайда қозғалтқыштың ЭҚК-і тежеудің бастапқы кезеңінде мынадай қатынаспен аныкталады.

$$E_{\text{макс}} = E_{\text{н}} \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_{\text{н}}}$$

Машинаның якорь тізбегіндегі $R_{\text{т}}$ кедергінің шамасы, қалыпты коммутация шарты бойынша мүмкіндік ток дүмпуінің шартынан есептеледі. Бірақ есептеулерде машинаның жоғарғы жылдамдықтарда жұмыс істеу мүмкіндігін ескере отырып, ол жылдамдықтарда максимал токты мына қатынас сақталатындай етіп төмендету қажет:

$$I_{\text{мұм}} \omega_{\text{max}} = I_{\text{мұм,н}} \omega_{\text{н}}$$

мұндағы $I_{\text{мұм,н}} = (2 \div 2,5) I_{\text{н}}$ қозғалтқыштың - номинал жылдамдығындағы мүмкіндік ток.

$I_{\text{мұм}}$ — бұл да сол, тек жылдамдық $\omega_{\text{max}} > \omega_{\text{н}}$ болған кезде

Сонымен, динамикалық тежеудің кедергісін $R_{\text{т}}$ есептеу үшін қозғалтқышты тежеу режиміне өткізе алатын минимал моментті $M_{\text{мин}}$ және осыған сәйкес максимал жылдамдықты ω_{max} білу керек.

Сонда
$$I_{\text{мұм}} = (2 \div 2,5) I_{\text{н}} \frac{\omega_{\text{н}}}{\omega_{\text{max}}}$$

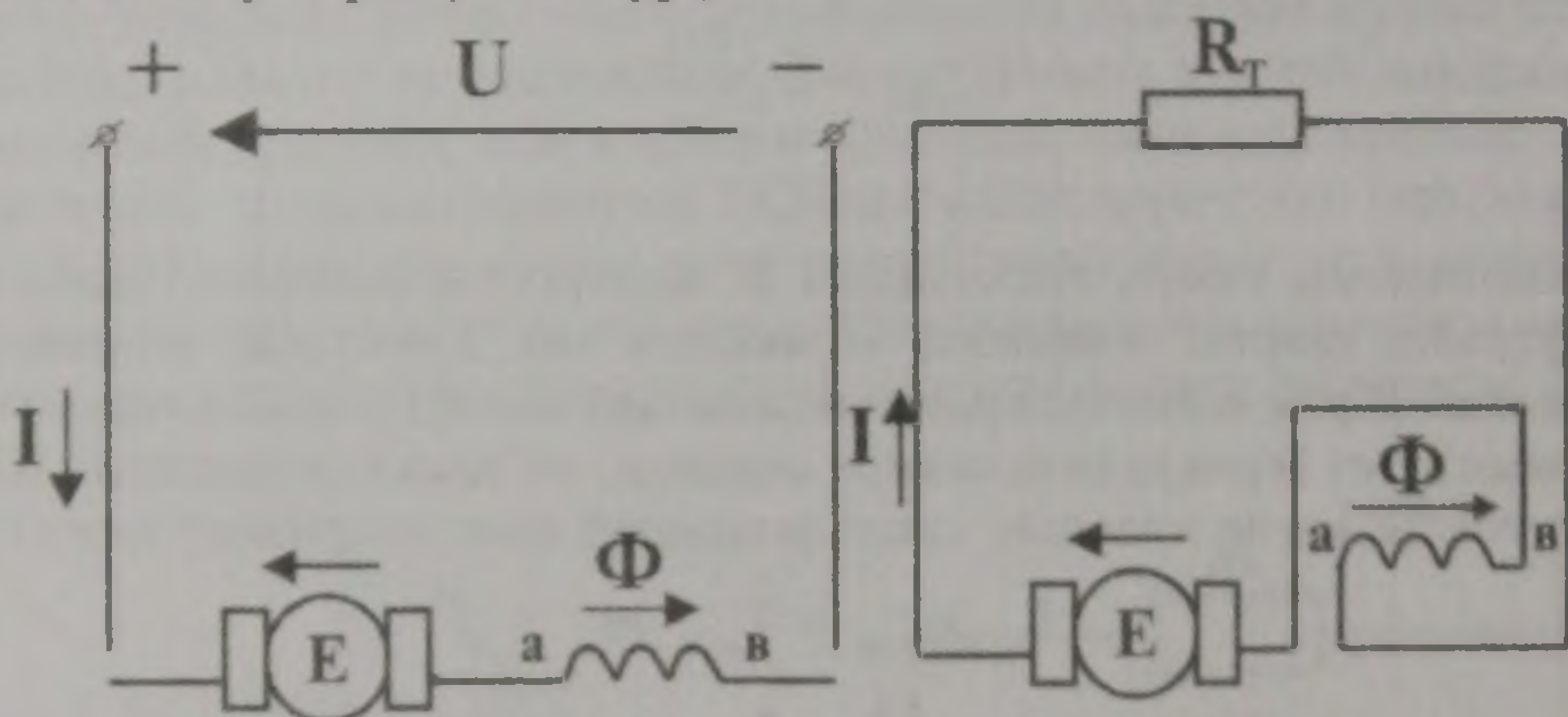
Ізделіп отырған кедергі мына қатынастан табылады.

$$R_{\text{т}} = \frac{E_{\text{MAX}}}{I_{\text{мұм}}} - R_{\text{я}}$$

б/. Өзін-өзі қоздырған кездегі машинаның динамикалық тежеуі.

Егер айналыстағы машинаның якорін кернеу кезінен ажыратып, сыртқы кедергіге қосса, онда қалдық магнетизм ағынының әсерінен якорь өткізгіштерінде біраз ЭҚК пайда болып, ол якорьдің тұйықталған тізбегінде ток тудырады. Бұл ток қоздыру орамымен қозғала отырып сәйкес келетін жағдайларда қалдық магнетизмнің ағымын күшейтетін ағым туғызады және ЭҚК одан әрі өсуіне жағдай жасайды, яғни машинаның өзін-өзі қоздыру процесін қамтамасыз етеді. Қалдық магнетизмінің ағыны мен жұмысшы ағынының бағыттары

ның бірдей болуы үшін, қоздыру орамын ток қозғалтқыштық режимінде қалай бағытталса тежеген кезде де солай бағыттау керек. Бұл ток берілген кернеуге қарсы бағытталған ЭҚК-нің әсерінен пайда болғандықтан қоздыру орамындағы токтың бағытын сақтау үшін, тежеу режиміне ауысқан кезде қоздыру орамының ұштарын ауыстырып жалғау керек /3-11 сур./.



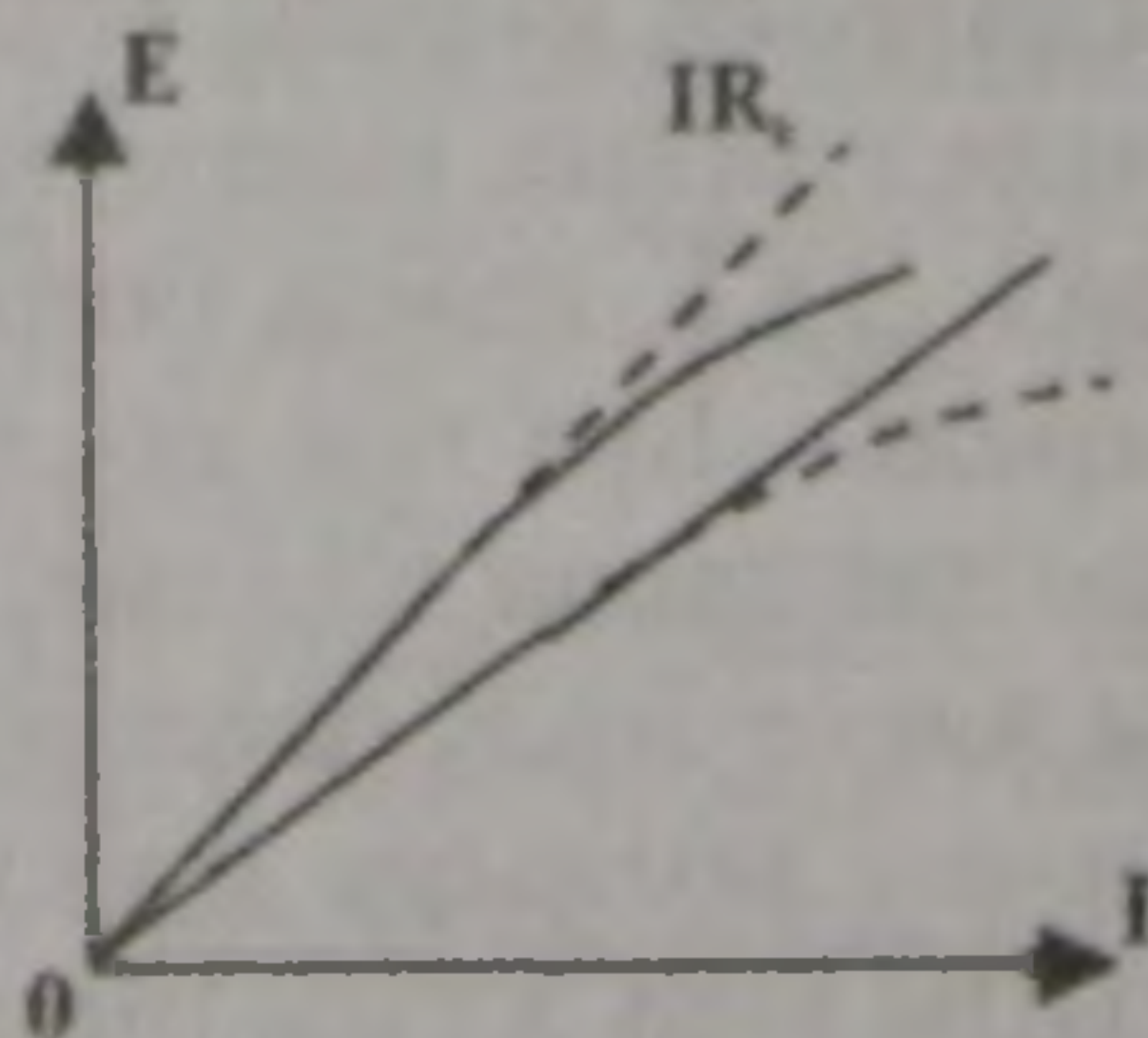
3-11 сурет. ТҚТҚ қарсы қосу тежеу режимінің сүбесі.

Осыған сәйкес қоздыру орамындағы ток өзінің бағытын сақтап қалады да якорь орамындағы токтың бағытын өзгертеді, бұл өз кезегінде жылдамдыққа қарсы бағытталатындай етіп моменттің таңбасын өзгертеді, яғни тежеу моменті пайда болады. Өзін-өзі қоздыратын тұрақты ток машинасының жұмысы белгілі бір жағдайларда ғана болуы мүмкін, атап айтқанда жылдамдық пен якорь тізбегінің кедергісінің шамалары мына теңдік орындалатындай шамада болғанда болады:

$$E = IR \quad /3-5/$$

График түрінде көрсеткенде бұл теңдік $E = \varphi(I)$ қисық сызығы мен $IR = f(I)$ түзуінің аралығында қиылысу нүктесі болғанда орындалады.

Неғұрлым, R өскен сайын, машинаның өзін-өзі қоздыруы соғұрлым жоғарғы жылдамдықта пайда болады /3-12 сур./



3-12 сурет. Машинаның өзін-өзі қоздыру $E=f(I)$ сипаттамасы.

Машинаның өзін-өзі қоздыра алатын төменгі жылдамдығы $R_r = 0$ болған кезде, яғни машинаның якорь тізбегі қысқа тұйықталған кезде болады. Өзін-өзі қоздыру кезіндегі тежеу режимінің механикалық сипаттамасын күш балансы теңдеуінен шығарып алуға болады.

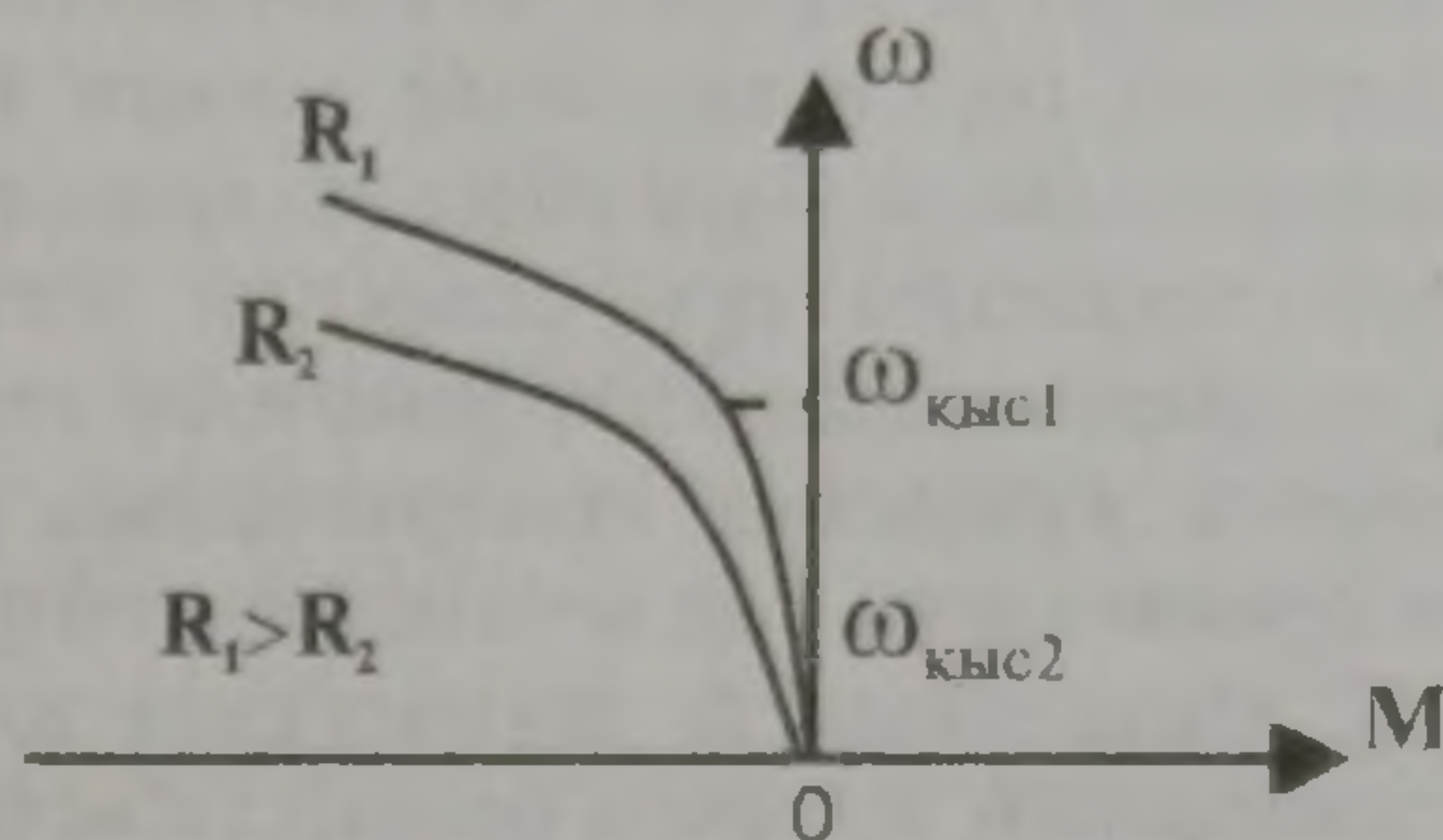
Динамикалық тежеу режиміндегі қозғалтқышпен дамытылатын қуат түгелімен якорь контурының кедергісіне ыдырап кетеді, яғни

$$I^2 R = M \omega$$

бұдан
$$\omega = \frac{I^2 R}{M} \quad /3-6/$$

I тоғын беріп, және $R = R_{кор} + R_r$ — ны біле отырып, әмбебап сипаттамасы бойынша осы тоққа сәйкес моментті M , /3-6/.

Формуласы бойынша жылдамдықты ω анықтайды. 3-13 суретте тежеу режимінің өзін-өзі қоздыру кезіндегі $\omega = f_2(M)$ қатынасы көрсетілген.



3-13 сурет. Тежеу режимінің өзін-өзі қоздыру негізіндегі $\omega = f_2(M)$ қатынасы.

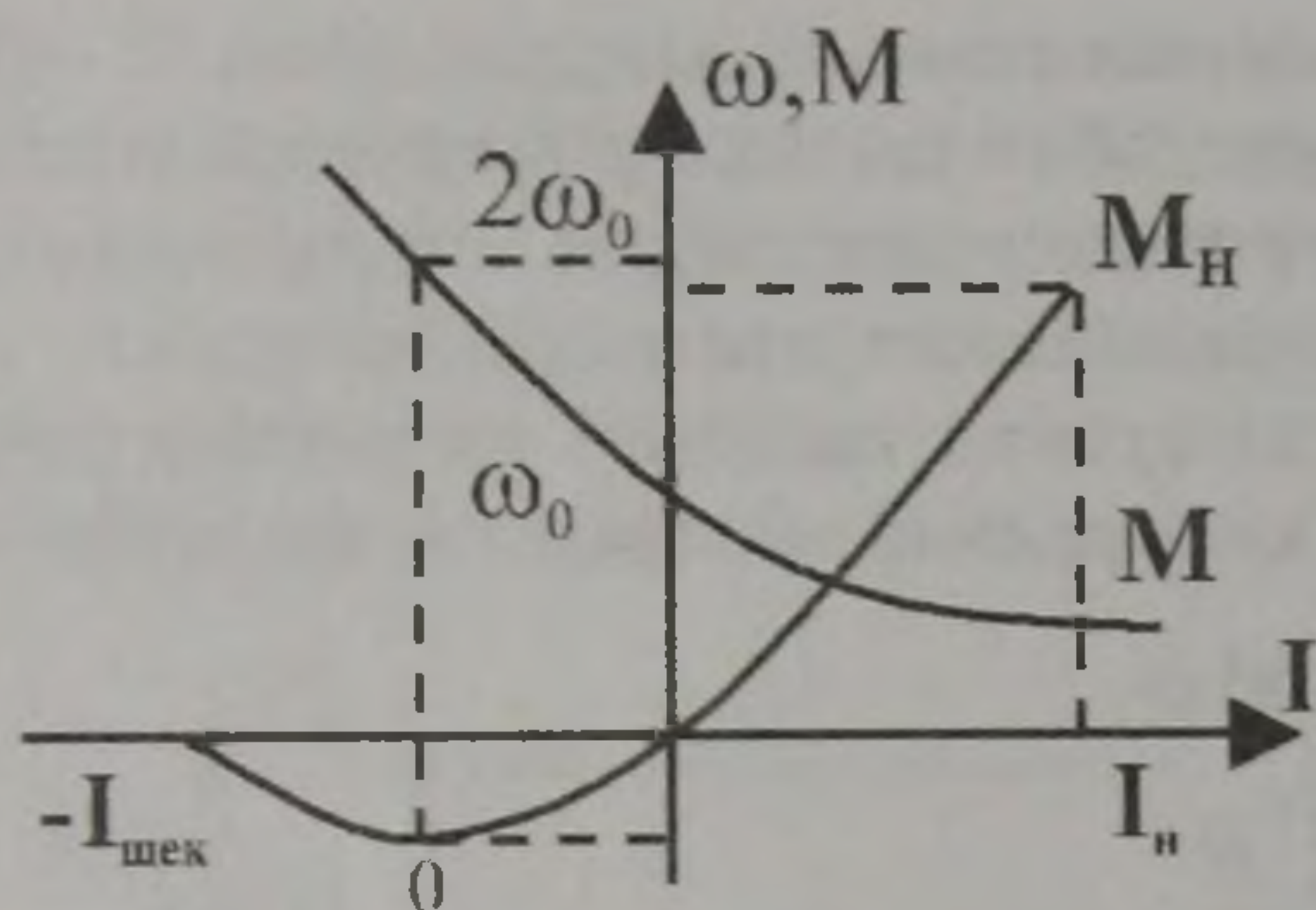
Аралас қоздырғышты қозғалтқышты тежеудің 3 түрі бар: желіге параллель, желіге тізбектеле және желіге қатыссыз генераторлық тежеу.

Желіге параллель генератор режимінде $\omega > \omega_0$ болғанда қозғалтқыштың ЭҚК $E > U$ болған кезде, тізбектей қоздыру орамындағы якорьдегі ток өзінің таңбасын өзгертеді. Қозғалтқыш моменті

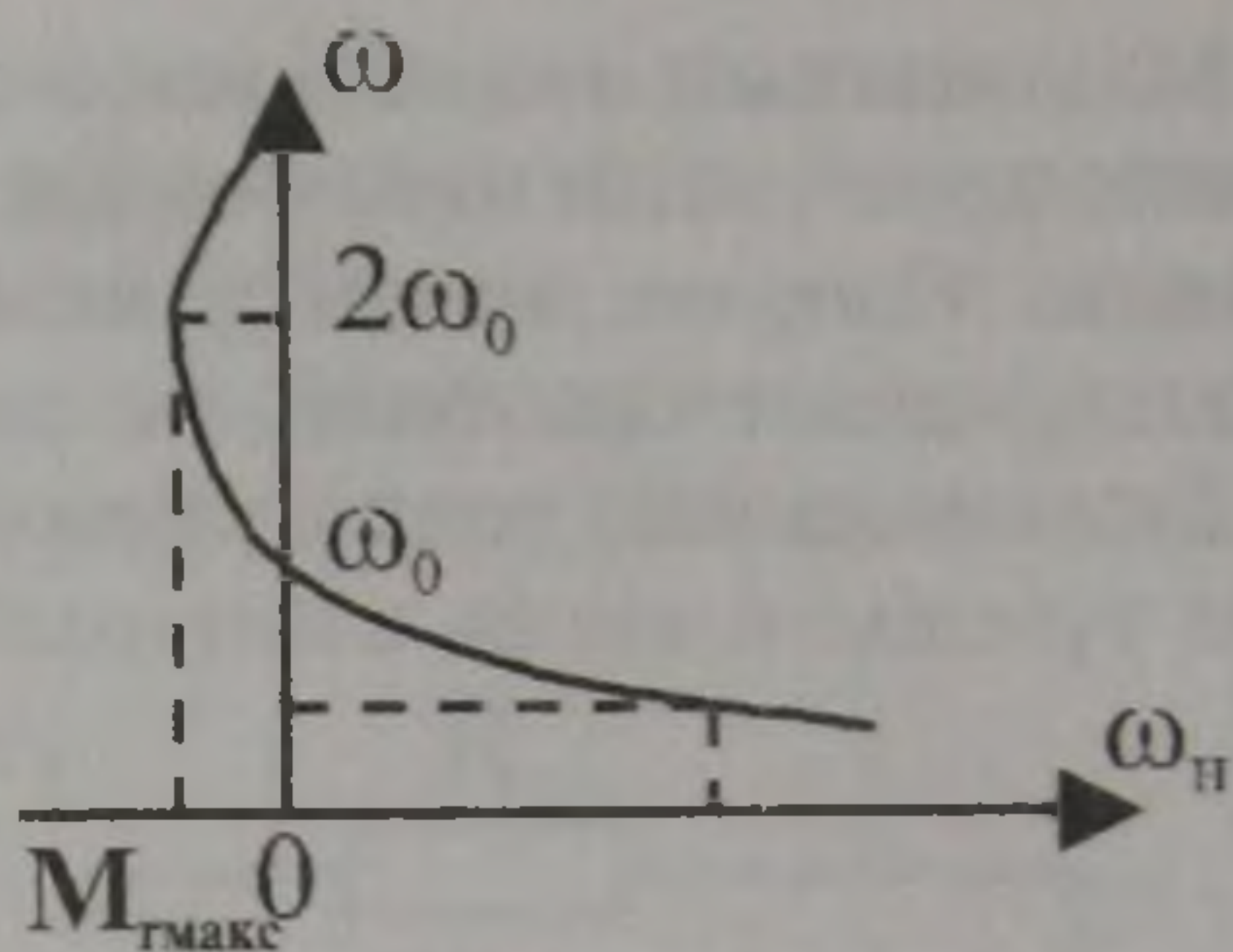
$$M = R \Phi I = R (\Phi_1 - \Phi_2) I$$

Магниттік жүйесі қанықпаған машина үшін генератор аймағында якорьдің тоғы $I = -0,5I_n$ болған кезде, тежеу моменті $M = 2M_n$ жылдамдығы кезінде $0,125M_n$ тең болатын максимал мәніне жетеді. Шындығында қанығуды есепке алсақ максимал тежеу моменті бұдан да аз.

$M = \varphi(I)$, $\omega = f(I)$ және $\omega = f_2(M)$ қатынастары 3-14, 3-15 суреттерде көрсетілген.



3-14 сурет. Жылдамдық пен электр тоғы арасындағы байланыс.



3-15 сурет. Жылдамдық пен момент арасындағы байланыс.

Сонымен тізбекті қоздырғыш орамы қосулы аралас қоздырғышты қозғалтқышты тежеу, тежеу моментін тез төмендеткенде жүзеге асады. Бұны генераторлық режимге өткен кезде тізбекті қоздырғыш орамын ауыстырып қосу арқылы болдырмауға болады. Бірақ бұл сүбені күрделілендіреді. Сондықтан іс жүзінде қозғалтқыштың жұмысының тежеу режимінде желімен параллель және желіге тәуелсіз тізбекті қоздырғыш орамы ажыратылады. Бұндай кезде қозғалтқыштың қозуы тәуелсіз, тежеу сипаттамалары түзу сызықты, сипаттамалардың теңдеулері тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштың теңдеуімен бірдей болады. Желіге тізбекті жұмыстың генераторлық режимі кезінде тізбекті қоздырғыш орамындағы ток өзінің бағытын өзгертпей сақтайды және тежеу сипаттамасы жұмыстың қозғалтқыштық режиміндегі сипаттамасының жалғасы болып табылады.

3.3. ҚОСУ КЕДЕРГІЛЕРІНІҢ ЕСЕБІ

Желіден қоректенетін $U=U_H$ кернеуі бар тізбектей және аралас қоздырғышты қозғалтқыштарды тежеу үшін немесе қосқан кезде тоқты шектеу үшін, якорьмен тізбектей тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштағыдай етіп қосымша резисторлар қосу керек. Іске қосу диаграммасын құру тәсілдері, қарастырылып кеткен тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштардікімен бірдей бірақ, сипаттамасының қисықтығы біраз өзгерістер енгізеді.

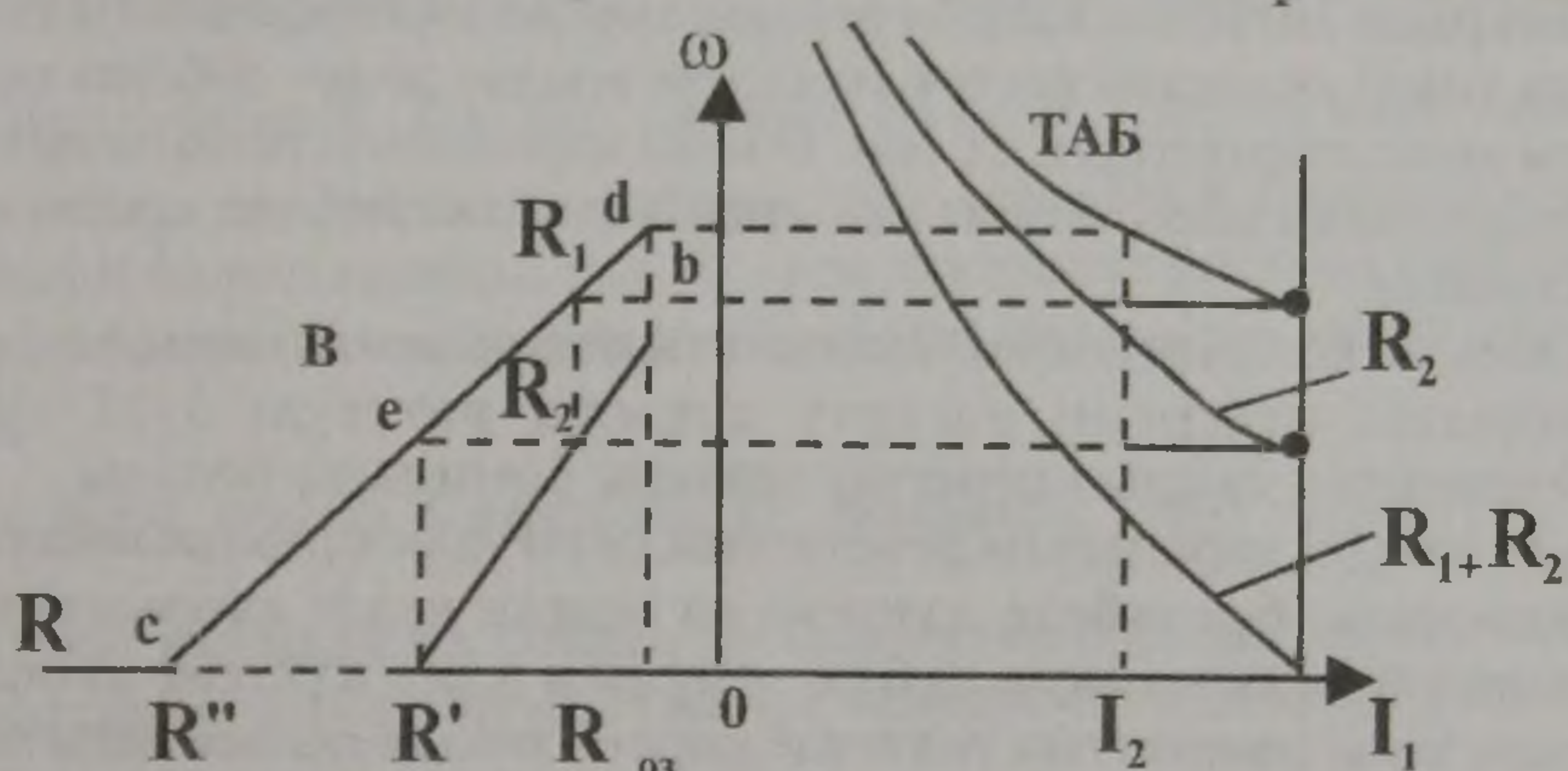
Реостаттық сипаттамаларынсыз тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштың іске қосу кедергілерін есептеуге жағдай туғызатын әдісті қарастырып көрейік.

Бұл әдіс, бірқалыпты кернеу мен берілген якорь тізбегіндегі ток кезінде жылдамдық пен якорьлік тізбектің кедергісі түзу сызықты қатынаста болатындығына негізделген. Оны мына теңдіктен көруге болады.

$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{IR}{k\Phi} = A - BR$$

Есептеу жолдары мынандай тәртіппен жүргізіледі: бірінші квадратта табиғи сипаттама салынады /3-16 сур./ және қажетті іске қосу режиміне байланысты тоқтың максимал дүмпуінің шамасы I_1 және шамамен ауыстырып қосу тоғы I_2 алынады. Содан соң екінші квадратта қабылданған $I_1 = const$, $I_2 = const$ тоқ мәндері үшін $\omega = \varphi(R)$ қатынасы құрылады.

Бұл екі байланыс екі түзу болғандықтан, оның әрқайсысын салу үшін нүктенің координатасын білу керек. Бұндай екі нүкте үшін табиғи сипаттаманың 2 нүктесін алған ыңғайлы. Бұл сипаттамада



3-16 сурет. ТКТТК реостатын есептеу графигі.

қозғалтқыштың ішкі кедергісі якорь тізбегінің кедергісіне тең. Ал жылдамдықты /а,в – нүктелері/ қарапайым құру арқылы табамыз, а

және с іске қосу нүктелері үшін $\omega = 0$, ал $R' = \frac{U}{I_1}$ осыған орай R''

$$= \frac{U}{I_2}$$

Іске қосу процесінде кедергі сатылай өзгереді, ал тоқ I_1 мен I_2 аралығында болады.

Тыныштықтағы қозғалтқышты іске қосқан кезде қозғалтқыштың якорь тізбегіндегі кедергісі ae бөлігінде тұрақты және R – ге тең, ал тоқ I_1 шамасынан I_2 -ға дейін азаяды. e нүктесінде іске қосу реостатының R_1 бірінші сатысы тұйықталады, ал K нүктесінде шамасы 3-16 суреттегі графиктен табылатын оның R_2 екінші сатысы тұйықталады.

Егер реостаттың соңғы қосу сатысын тұйықтаған кезде табиғи сипаттамаға $I=I_1$ болған кезде шығатын болса, онда I_2 тоғының шамасын өзгертіп табиғи сипаттамаға шыққанда $I=I_{11}$ болатындай етіп графикты қайтадан салу керек. Егер қажет болса табылған кедергілердің шамасы бойынша реостаттың сипаттамасын салуға болады.

3.4. ЖЫЛДАМДЫҚТЫ РЕОСТАТТЫҚ РЕТТЕУ ЖӘНЕ ЯКОРІ ШУНТТАЛҒАН СҮБЕ

Қарапайым жағдайларда реостаттық реттеу якорь тізбегіне қосымша реостат қосу арқылы іске асады. Бұндай кездегі сипаттаманың түрі 3-5 суретте көрсетілгендей тізбекті қоздырғыш қозғалтқышының кіндей болады.

Жоғарыда айтылып кеткен барлық тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқышқа тиісті осындай реттеу тәсілдері аралас және тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштарға да тән. Өзінің қарапайымдылығы арқасында айтарлықтай тиімсіз болса да кран электржетегінде кеңінен қолданылуында.

Тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштың жылдамдығын якорь тізбегіндегі кедергіні өзгерту арқылы реттеуді 3-17 суретте көрсетілгендей якорьді шунттау арқылы орындауға болады.

Бұл тәсілдің қарапайым реостаттық реттеуден принципиалдық айырмашылығы, бұл сүбеде жүктеме аз болған кезде якорьдегі кернеу номинал кернеуден едәуір аз болуы мүмкін және жүктеме аз болғанда қыздыру тоғы реостаттық реттеуде көрсетілгенде нольге бағытталмай

$$I_{\text{коз}} = \frac{U}{R_{\text{тіз}} + R_{\text{ш}} + R_{\text{коз}}}$$

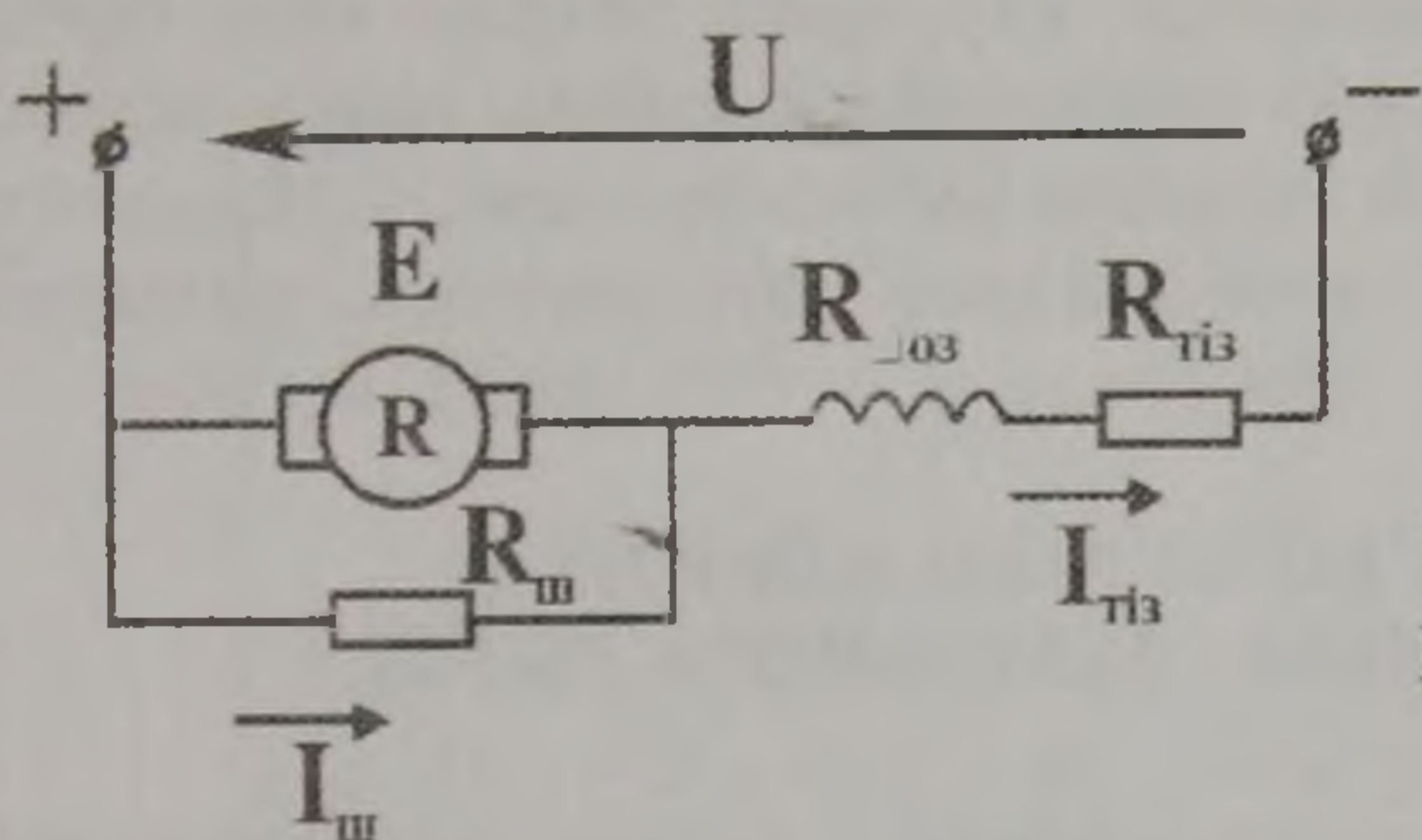
шамасына бағытталады.

Сондықтан 3-17 суреттегі сүбеде идеал бос жүріс кезінде қозғалтқыштың жылдамдығы қандай да бір мәнге тең болады және кәдімгі реостаттық реттеудің механикалық сипаттамасына қарағанда мұның механикалық сипаттамасының қатаңдығы анағұрлым жоғары болады.

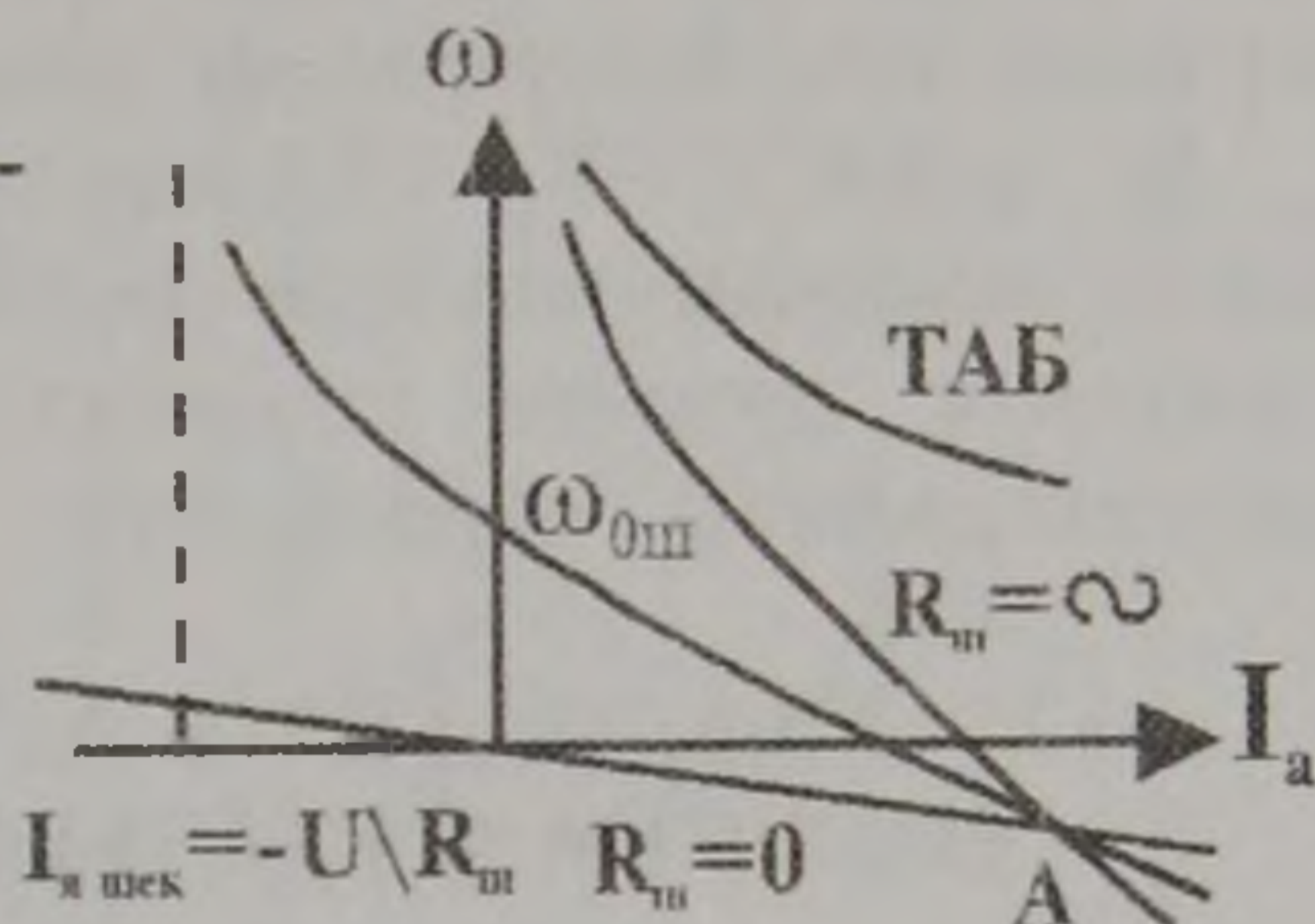
3-18 суретте $R_{\text{ш}}=0$, $R_{\text{ш}}=\infty$ шектелген жағдайлар және $R_{\text{тіз}}=\text{const}$ болған кездегі $R_{\text{ш}}$ үшін электромеханикалық сипаттамалар көрсетілген. $R_{\text{ш}}=\infty$ болған сипаттама кәдімгі реостаттықтай болады. $R_{\text{ш}}=0$ болғанда шунттау сипаттамасы тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштың динамикалық тежеу сипаттамасындай координата басы арқылы өтетін сызық болады.

Бұл екі шектік сипаттамалар берілген $R_{\text{к}}$ шамасындағы басқа да барлық шунттау сипаттамалары өтетін бір А нүктесінде қиылысады.

R_{III} – мен R_{TIZ} соңғы шамаларындағы сипаттама ордината осін толық белгілі бір идеал бос жүріс ω_{0III} жылдамдығында қиып өтеді.



3-17 сурет. ТҚТТҚ якорьды шунттау арқылы жылдамдықты реттеу сүбесі.

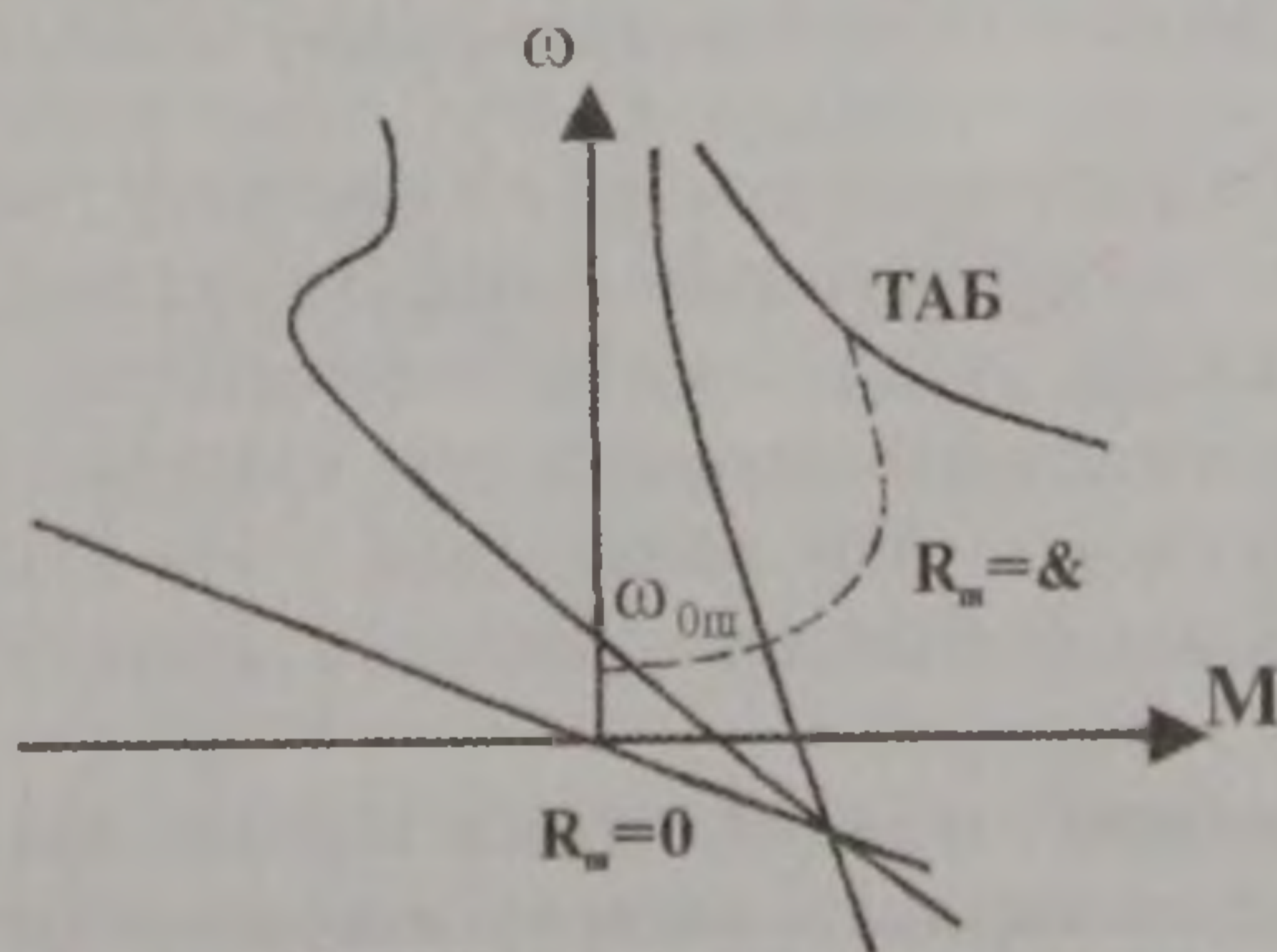


3-18 сурет. ТҚТТҚ якорін шунттау арқылы жылдамдықты

реттеу механикалық $\omega \triangleright \omega_{0III}$ болған кезде R_{III} - кедергісіне генераторлық тежеу режимі пайда болады. Бұл кезде ЭҚК берілген кернеуден төмен болып қалады, тек $\infty \rightarrow \infty$ болған кезде ғана кернеумен теңеседі. Мұндай жағдайларда желіден тұтынатын ток және оған тең

қоздыру тоғы нольге ұмтылады, ал якорьдегі ток $I_{я.шек} = -\frac{U_H}{R_{III}}$ 3-

18 суреттегі қисықтарға сәйкес келетін механикалық сипаттамалар 3-19 суретінде көрсетілген. Тежегіш момент екінші квадратта



3-19 сурет. ТҚТТҚ якорін шунттау арқылы жылдамдықты реттеу механикалық сипаттамасы.

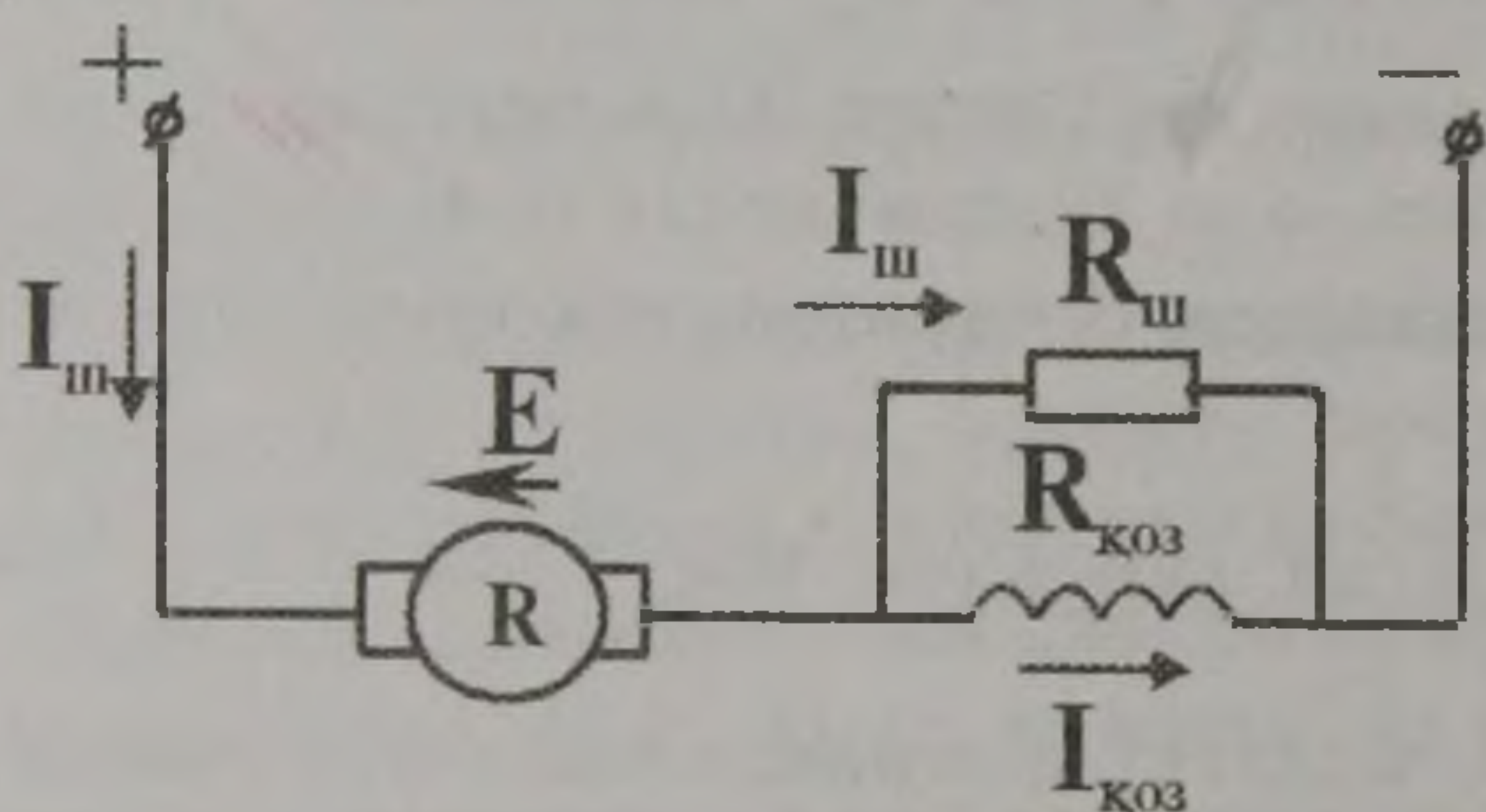
максимумға жетеді де содан кейін асимптотты түрде нольге ұмтылады. Бұл моментті құрайтын көбейткіштің бірі – ток - $I_{я.шек}$ – ке, екіншісі - ағын - нольге ұмтылуына байланысты болады.

Бұл қарастырылған реттеу тәсілі де тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштың сүбелеріндегідей көрсеткіштермен сипатталады /2-4 қара/.

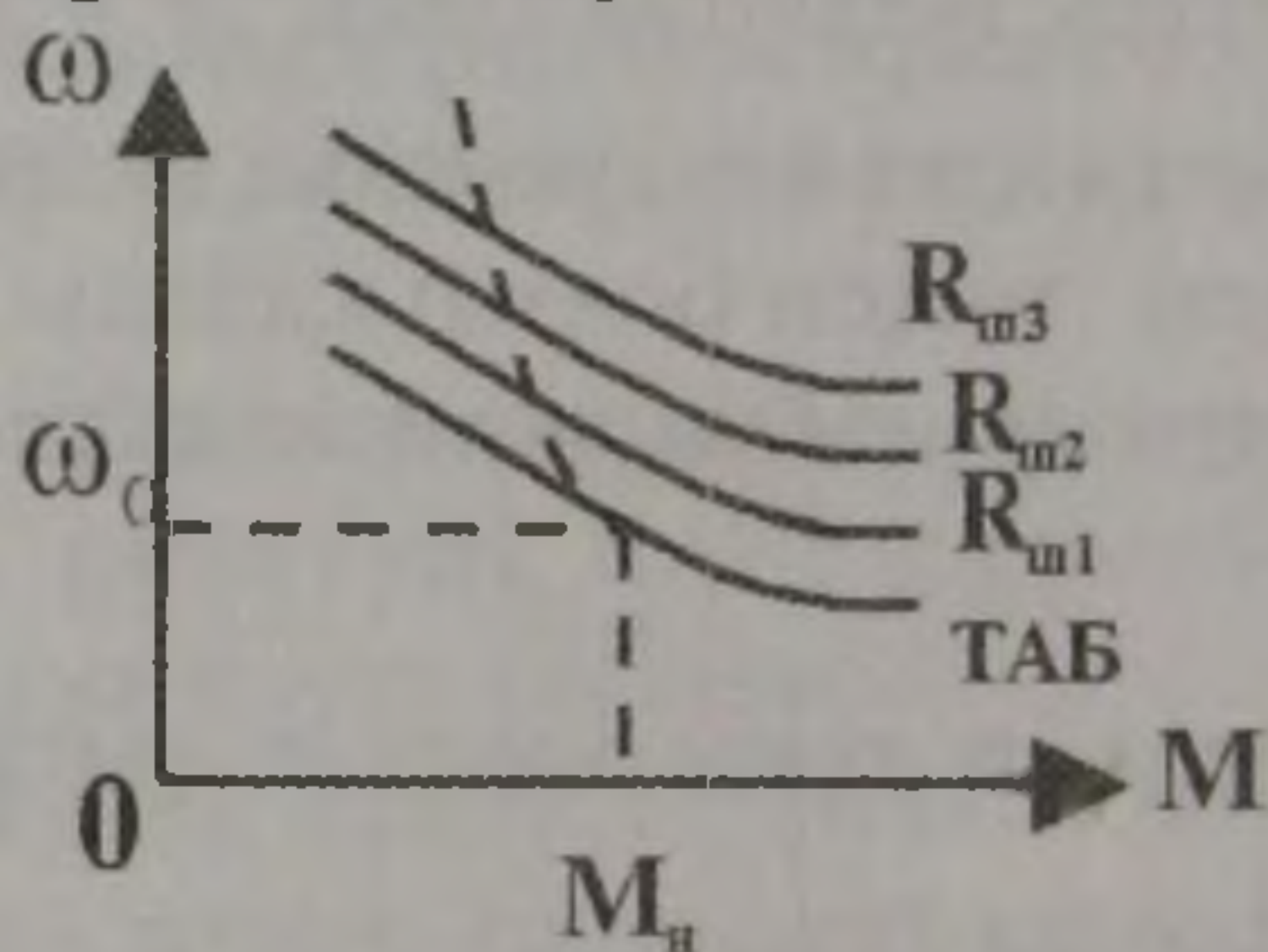
Өзгешелігі тек қана жасанды сипаттамадағы мүмкін болатын жүктемесінде. Бұл жағдайда машинаның жүктемесін шектейтін элемент якорь емес, қоздыру орамы болып табылады. Қоздыру орамындағы ток қозғалтқыш режимінде якорьдегі тоқтан көп. Әрбір $R_{ш}$, $R_{Г}$ үшін $I_T = I_{қоз} = I_{II}$ болғанда жылдамдық табуға және осыған сәйкес номинал мәннен төмен момент табуға болады. 3-19 суретте мүмкіндік момент /штрихталған сызық/ қисығының шамамен алынған сипаты көрсетілген. Бұл кезде $R_T = \text{const}$ және $R_{II} = \text{var}$

3.5. МАГНИТ АҒЫНЫ МЕН КЕРНЕУДІ ӨЗГЕРТУ АРҚЫЛЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ РЕТТЕУ

Тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштарда табиғи сипаттамадан жоғары орналасқан сипаттама алу үшін 3-20 суретте көрсетілген сүбені қолданады. Қоздыру орамын шунттау арқылы жылдамдықты реттеу өзінің қасиеттері жағынан жоғарыда қайырылған тәуелсіз



3-20 сурет. ТҚТТҚ магнит ағынын өзгерту сүбесі.



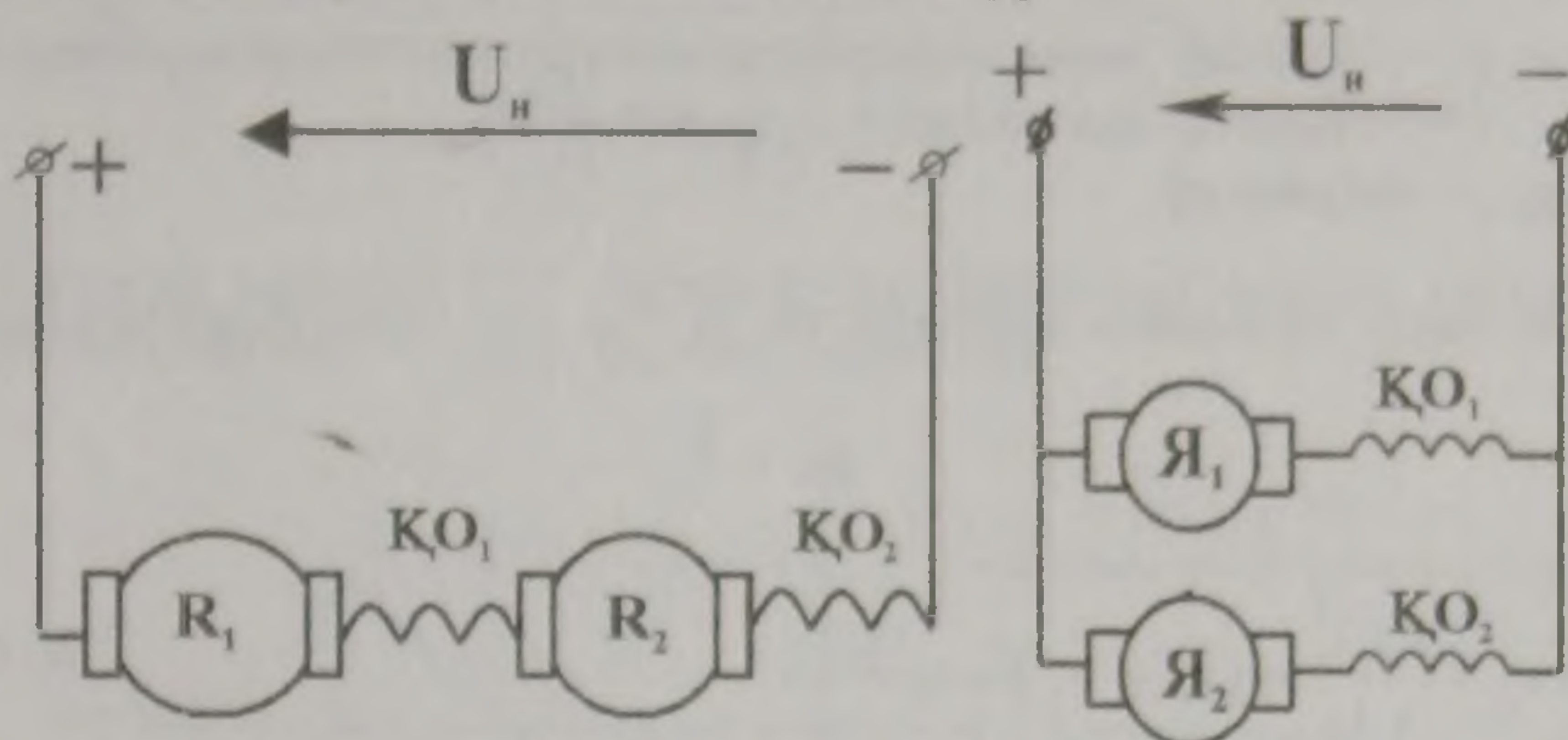
3-21 сурет. ТҚТТҚ магнит ағынын өзгерту арқылы алынған механикалық сипаттамалары.

қоздырғышты қозғалтқыштағы өрісті әлсірету тәсілімен бірдей. 3-21 суретте тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштың өрісті әлсіреткен кездегі механикалық сипаттамасы көрсетілген. Бұл тәсіл тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштағыдай тек қана негізгі жылдамдықтан жоғары орналасатын бір аймақтық /зоналық/ реттеуге ғана қолданылады. Қызу бойынша мүмкіндік момент жылдамдық өскен сайын азаяды /3-21 сурет./

Тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштардың жылдамдығын қозғалтқышқа келтірілген кернеуді өзгерту жолымен реттеуге болады.

Кейбір жағдайларда жұмыс механизмін ортақ білікке жұмыс істейтін бір емес, екі тізбекті қоздырғышты қозғалтқыштың көмегімен қозғалысқа келтірген тиімді. Бұндай текті жетек электрлік тартқыштарда кеңінен қолдау тапқан. Ондағы ортақ механизмге жұмыс істейтін қозғалтқыштардың саны сегізге жетеді. Мұндай жағдайларда қозғалт-

қыштарды тізбектей-параллель қосу жолымен олардың жылдамдығын өте тиімді реттеуге болады /3-22 сурет/.

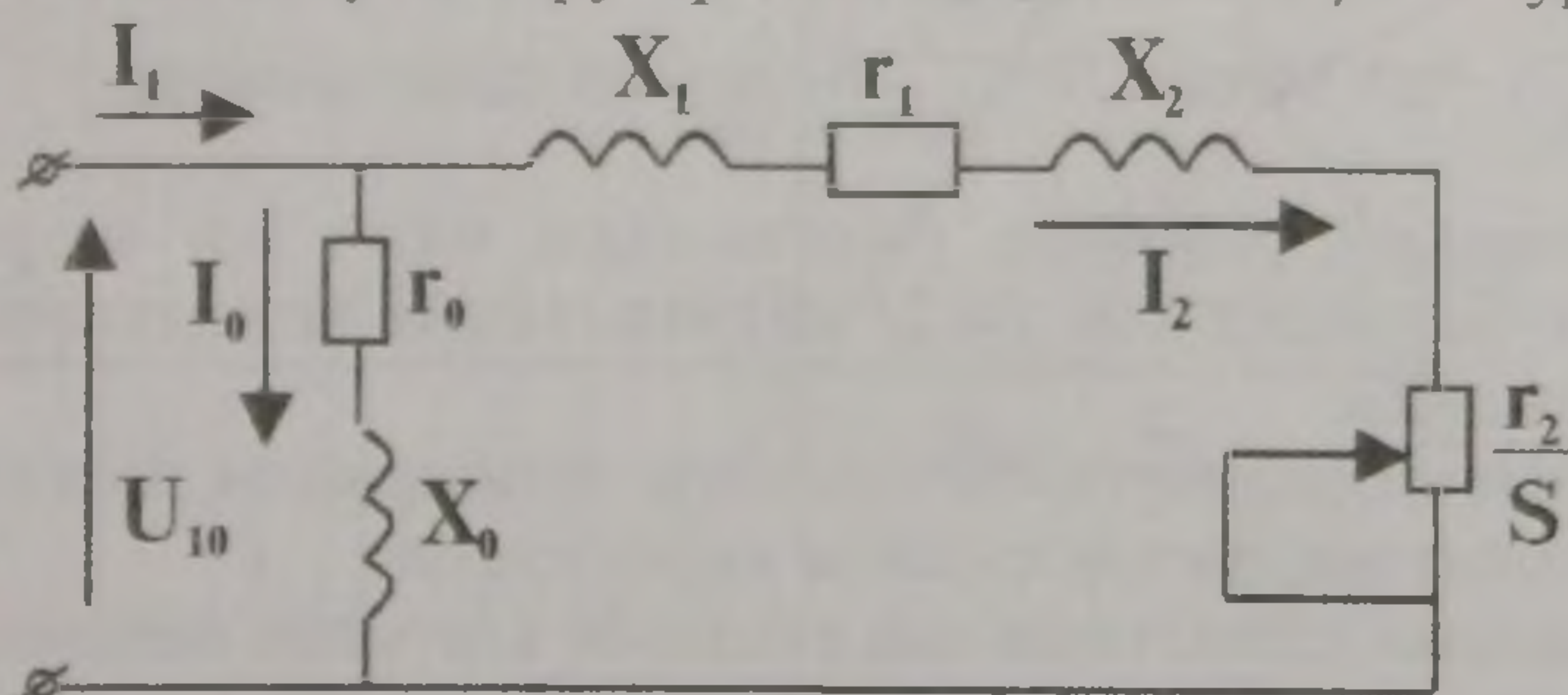


3-22 сурет. Қозғалтқыштарды тізбектей-параллель қосу арқылы жылдамдықтарды реттеу.

IV. АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН РЕТТЕУ

4.1. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ТЕНДЕУЛЕРІ МЕН СИПАТТАМАЛАРЫ

Симметриялы асинхронды қозғалтқыштың электромеханикалық және механикалық сипаттамаларын зерттеу үшін бір фазаға арналған, оңайлатылған ауыстыру сүбесін қолданамыз /4-1 сурет/.



4-1 сурет. Асинхронды қозғалтқыштың (АҚ) оңайлатылған ауыстырған сүбесі.

Белгілеулер енгізейік :

$U_{1\phi}$ – бірінші фазалық кернеу. (В)

I_1 – статор тоғы. (А)

I_2 – ротордың келтірілген тоғы. (А)

I_0 – магниттеу тоғы. (А)

X_1 және X'_2 – бірінші және келтірілген екінші реактивті ыдырау

r_1 және r'_2 – бірінші және келтірілген екінші активті кедергілер. (ОМ)

Жалпы жағдайда $r'_2 = r_2 \text{ рет} + R_{2 \text{ коз}}$

$S = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$ – сырғанау.

Ауыстыру сүбесінен келтірілген ротор тоғының формуласын аламыз.

$$I_2 = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left(r_2 + \frac{r'_2}{S}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}} \quad /4-1/$$

4.1. формуласы асинхронды қозғалтқыштың электромеханикалық сипаттамасының теңдеуі болып табылады. Бұл теңдеуден шығатыны: сырғанау өскен сайын екінші тізбектегі ток көбейеді және $S \rightarrow \infty$ болғанда ол өзінің шегіне жақындайды. Келтірілген екіншілік токтың, шектік мәні

$$I'_{2\text{шеч}} = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}} \quad /4-2/$$

Теріс сырғанау кезінде /генераторлық режим/ екіншілік ток O -ден максимал мәнге дейін өзгереді.

$$I_{2\text{max}} = \frac{U_{1\phi}}{x_1 + x_2'} \quad \text{бұл теңдік } S = \frac{r'_2}{r_1} \text{ болғанда орындалады.}$$

Генераторлық режимде сырғанауды одан әрі өсірген кезде келтірілген екіншілік ток /4-2/ қатынасымен анықталатын шектік мәніне ұмтылады.

4-2 суретте сырғанауға байланысты асинхронды қозғалтқыштың екіншілік тоғының өзгеру сипаты көрсетілген.

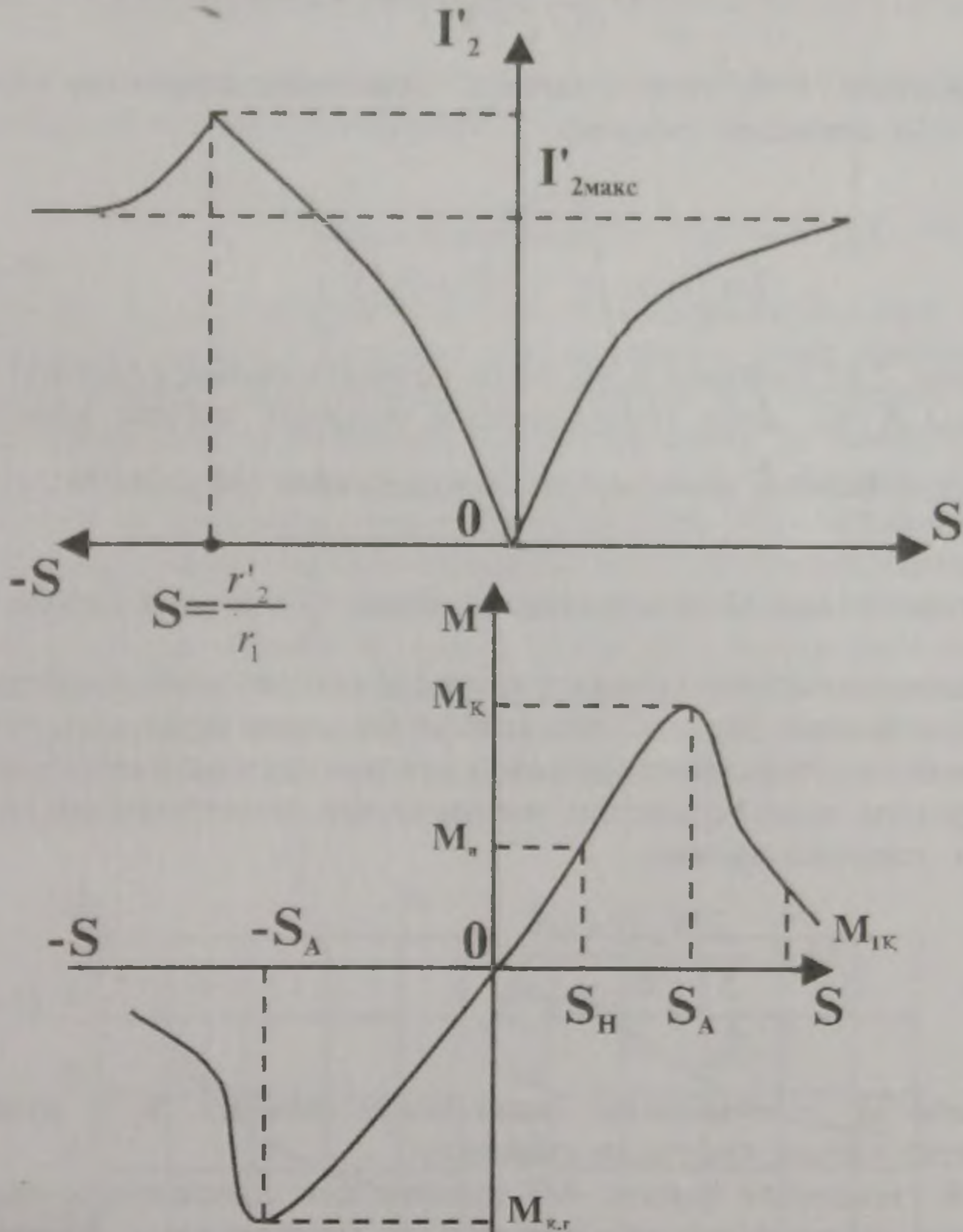
Механикалық сипаттаманың теңдеуін алу үшін роторға берілетін электромагниттік қуаттың формуласын жазайық:

$$P_{эм} = M\omega_0 = 3(I_2')^2 r_2' / S \quad /4-3/$$

Осыдан электромагниттік момент мынаған тең:

$$M = \frac{3(I'_2)r'_2}{\omega S} = \frac{3U_{1\Phi}^2 r'_2}{\omega S \left[\left(r_1 + \frac{r'_2}{S} \right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right]}; \quad (4.4.a)$$

Бұл теңдік момент пен сырғанауды байланыстырып, механикалық сипаттаманың теңдеуі болып табылады.



4-2 сурет. АҚ сырғанауға байланысты екіншілік тоғының өзгерту сипаты.

4-3 сурет. АҚ механикалық сипаттамасы.

қисығының екі максимумы бар. Бұған көз жеткізу үшін функцияларды зерттеудің жалпы ережесі бойынша максимумге $\frac{dM}{dS}$ туындысын

алып нольге теңестіріп, алынған квадраттық теңдеуін S – ке салыстырмалы түрде есептеу керек. S функциясындағы өзінің өзгеруі барысында моменттің максимал мән арқылы өтуі кезіндегі сырғанау ауыспалы сырғанау S_2 деп аталады. Мұндағы “+” таңбасы қозғалтқыштық режимге, ал “-” таңбасы генераторлық режимге сәйкес келеді.

$$S_A = \pm \frac{r_2^1}{\sqrt{r_1^2 + (X_1 + X_2^1)^2}} \quad /4-4/$$

(*) теңдігіне $S=S_2$ мәнін қойып, ауыспалы сырғанау кезіндегі моменттің шамасын табамыз:

$$M_A = \frac{3U_{\text{кр}}^2}{2\omega_o \left[r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + (X_1 + X_2^1)^2} \right]} \quad /4-5/$$

Мұндағы, “+” таңбасы $S_A > 0$, яғни қозғалтқыштық режимге, ал “-” таңбасы $S_A < 0$, яғни генераторлық режимге сәйкес келеді. Бұл

теңдеудегі барлық шамалар оң болғандықтан $|M_{A.Г}| > |M_{A.К}|$ бола-

ды. Егер M -ның M -ға қатынасын алып, $\frac{r_1}{r_2} = a$ деп белгілесек (*)

механикалық сипаттама теңдеуін өте қарапайым және қолайлы түрде келтіруге болады. $M_{\text{л}}$ -ның мәні каталог бойынша берілгендіктен бұлай ету өте тиімді. Осылай ете отырып, аралық түрлендірілерді ескермей, асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының қорытынды теңдеуін аламыз :

$$M = \frac{2M_A (1 + aS_A)}{\frac{S}{S_A} + \frac{S_A}{S} + 2_a S_A} \quad /4-6/$$

мұндағы $M_{\text{л}}$ – ауыспалы /максимал/ момент. $S_{\text{л}}$ – ауыспалы моментке сәйкес ауыспалы сырғанау.

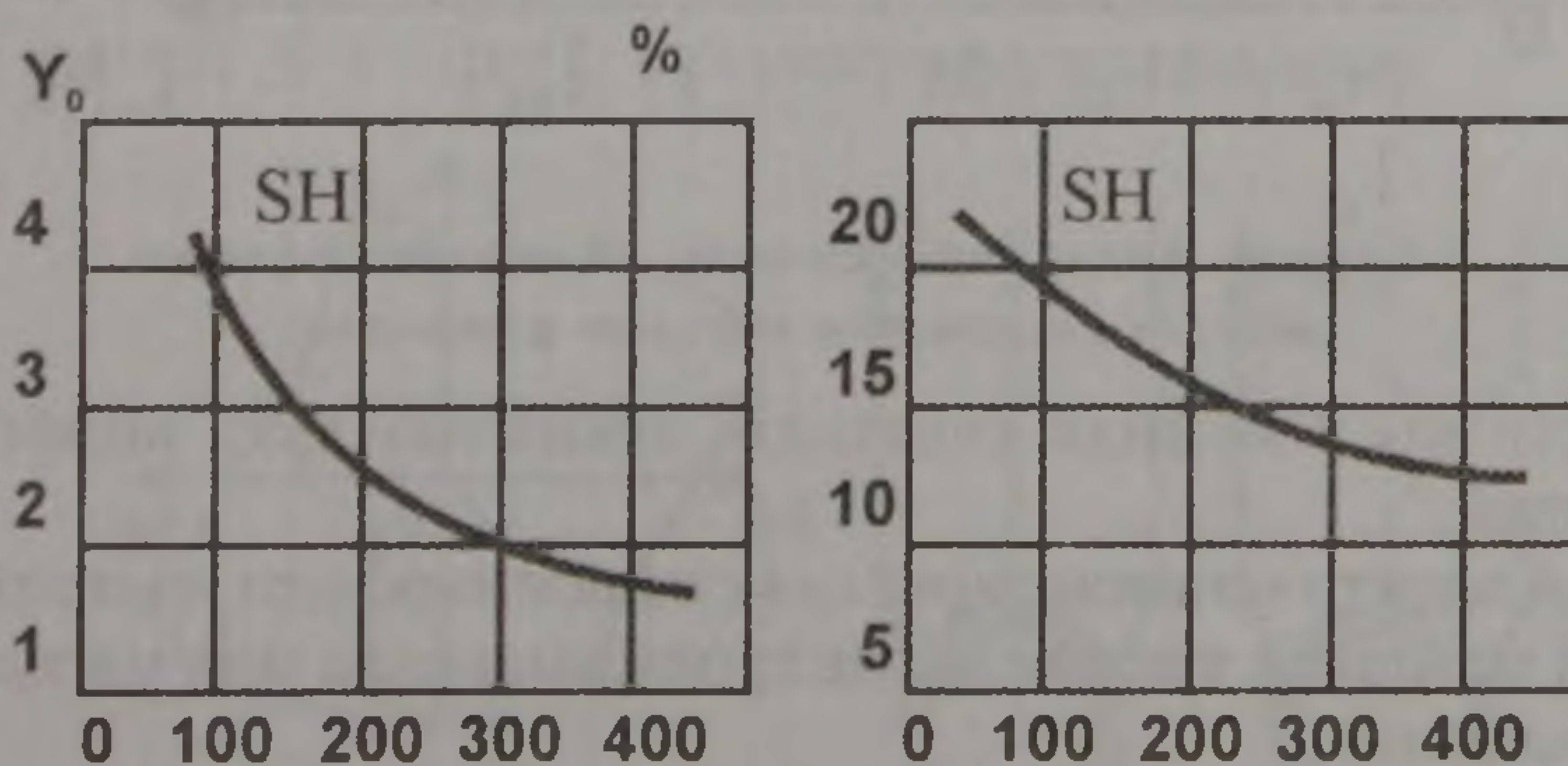
/4-6/ теңдеуіне сәйкес 4-3 суретте кең диапазонды сырғанау кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы көрсетілген. S_A - шамасы /4-6/ теңдігінің алымында да, бөлімінде де басқа мүшелердің қосындысынан өте аз болғандықтан оны елемеуге болады. Бұл кезде механикалық сипаттама қарапайым түрге келеді:

$$M \approx \frac{2M_A}{\frac{S}{S_A} + \frac{S_A}{S}} \quad /4-7/$$

Бұл теңдеудегі S -тің шамасы S_A шамасына қарағанда аз болған жағдайда $\frac{S}{S_A}$ мүшесін елемеуге болады. Ол кезде асинхронды қозғалтқыштың S_A механикалық сипаттамасы өзінің жұмыс істейтін бөлігінде түзу сызық теңдеуімен жазылады:

$$M \approx \frac{2M_A}{S_A} * S \quad /4-8/$$

Асинхронды қозғалтқыштың сипаттамасындағы бұл түзу сызықты бөлігін бірқалыпты режимде жұмыс істеген кезде пайдаланады және бұл бөлікте қозғалтқыштың номинал берілістеріне сәйкес келетін нүкте бар. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының қатандығы $S > S_A$ болғанда оң, $S = S_A$ болғанда нольге тең, және $S < S_A$ болғанда теріс таңбалы болады. Жұмыстық бөліктегі механикалық сипаттама түзу сызықты, яғни қатандық тұрақты болады. Асинхронды қозғалтқыштың қуаты өскен сайын номинал және ауыспалы азаяды. Қалыпты орындаудағы машиналар үшін қозғалтқыштың қуатына номинал сырғанаудың тәуелділігі 4-4 суретте, ауыспалы сырғанаудың тәуелділігі 4-5 суретте көрсетілген. Асинхронды қозғалтқыштың артық жүк жағдайындағы мүмкіншілігі ауыспалы моменттің



4-4 сурет. АҚ қуатына номинал сырғанаудың тәуелділігі.

4-5 сурет. АҚ қуатына ауыспалы сырғанаудың тәуелділігі.

шамасымен шектелген. Қозғалтқыштың режимдегі ауыспалы моменттің асинхронды қозғалтқыштың номинал моментіне қатынасы **АРТЫҚ ЖҮКТІК ҚАБІЛЕТТІЛІК** деп аталады.

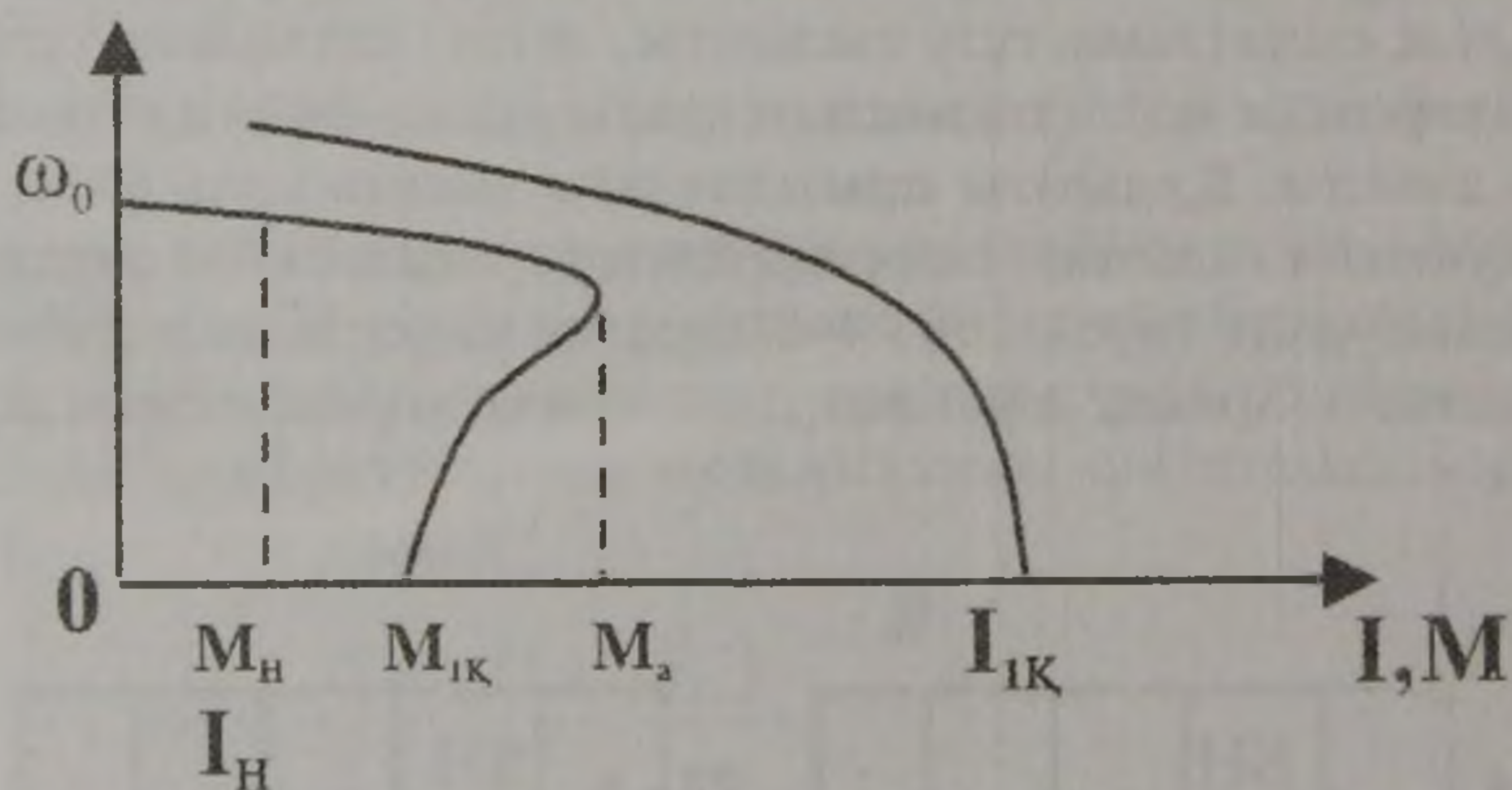
$$\lambda = \frac{M_{A.к}}{M_H} = 1,8 \div 3,0$$

η -ның аз мәні баяу жүрісті қозғалтқыштарға, ал көп болса жылдам жүрісті және магниттік жүйесінің қанығуы жоғары, арнайы қозғалтқыштарға сәйкес келеді.

Эксплуатация қасиеттері жағынан алғанда қысқа тұйықталған роторлы қозғалтқыштар үшін номинал момент пен токқа қатынасы бойынша іске қосу моменті мен тоғы еселігінің маңызы зор. Бұл қозғалтқыштарда іске қосу тоғының үлкен мәнінде іске қосу моменті өте аз болады:

$$\frac{I_{iк}}{I_H} = 5 \div 7 \qquad \frac{M_{iк}}{M_H} = 1,2 \div 1,6$$

/4-6/ суретте дөңгелек фазалы қысқа тұйықталған қозғалтқыштың жылдамдық функциясындағы момент пен статор тоғының қатынасы көрсетілген. Іске қосу облысында ток пен момент пропорционал емес,



4-6 сурет. Қысқа тұйықталған АҚ жылдамдығының момент пен статор тоғымен қатынасы.

өйткені іске қосу кезінде екіншілік тізбектегі қуат коэффициенті едәуір азаяды.

Басқа да электр машиналары сияқты асинхронды қозғалтқыштың да моменті екіншілік токтың актив құрамдамалары мен магнит ағысына пропорционал.

$$M = k' \Phi I_2 \cos \varphi_2 \qquad /4-9/$$

$$U_{1\Phi} \approx E_1 = 4,44 f \Phi \omega_1 k_{op} \qquad /4-10/$$

қатынасқа сүйене отырып магнит ағынын жуықтап $I_1 Z = 0$ тұрақты деп алуға болады. Мұндағы f_1 - қоректендіру желісі кернеуінің жиілігі.

ω = статор пазасындағы тармақтар саны.

$k_{>@}$ - орамдық коэффициент.

Олай болса M мен I_2 арасындағы пропорционалдық коэффициентіне сырғанауға тікелей тәуелді $\cos \varphi_2$ кіреді.

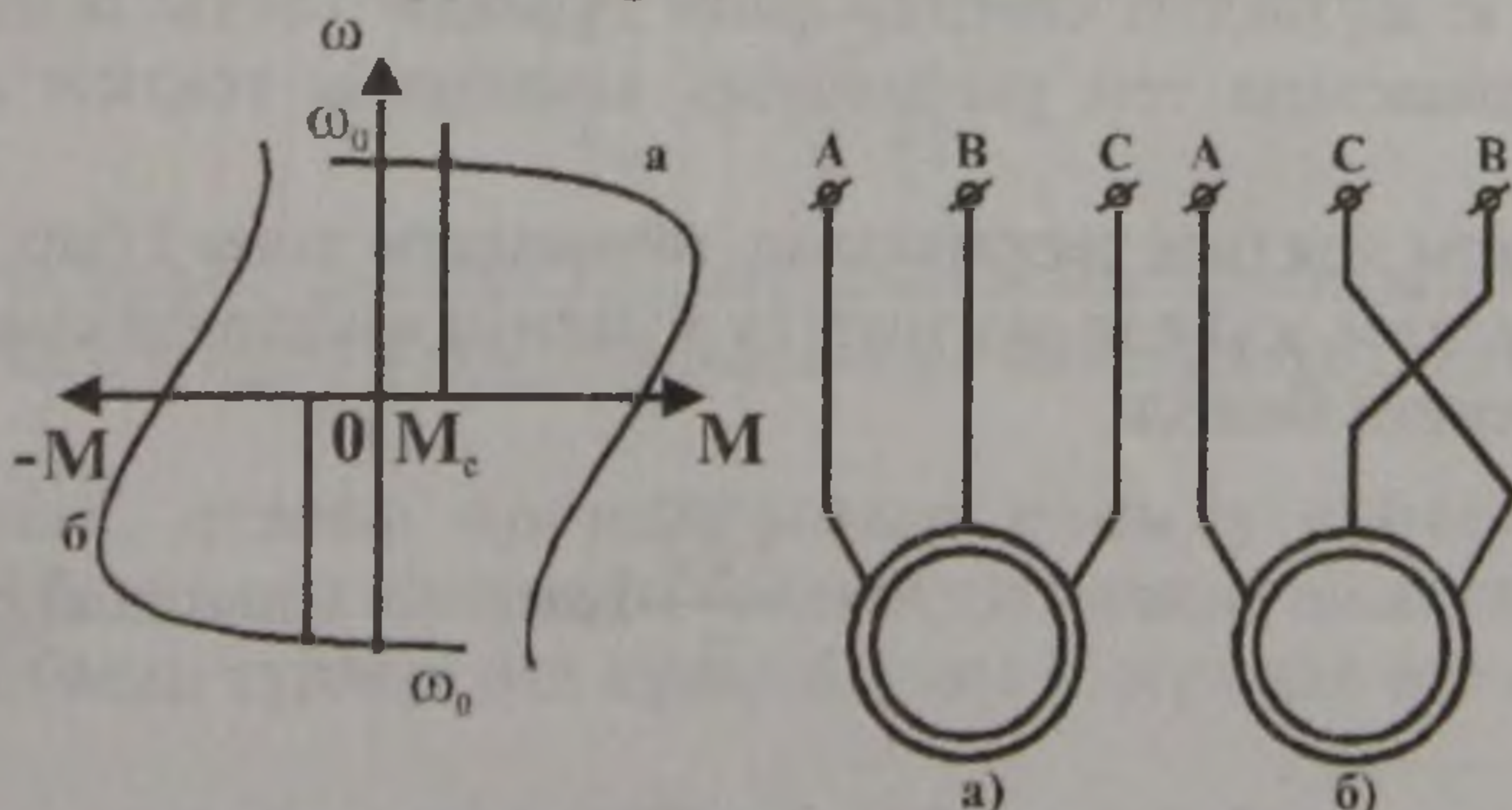
Іске қосу моментін күшейту және іске қосу тоғын азайту үшін терең пазалы арнаулы серия қозғалтқыштары шығарылады. Бұл кезде жоғарғы сырғанау аймағында ротор пазасына тоқты ығыстырып кіргізеді. Бұл екіншілік кедергіні көбейткенмен бірдей. Нәтижеде қозғалтқыштың іске қосу тоғы төмендеп, іске қосу моменті күшейеді.

4.2. ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТЕЖЕУ РЕЖИМІ

Асинхронды қозғалтқыштар мынадай тежеу режимдерінде жұмыс істейді: энергияны желіге беретін рекуперативтік тежеу, қарсы қосу арқылы тежеу және динамикалық тежеу.

Қозғалтқыш активтік моментпен $\omega > \omega_0$ жылдамдықпен айналған кезде рекуперативтік тежеу орындалады. Егер ω жылдамдықпен айналған кезде ω_0 өрісінің айналу жылдамдығы төмендетсе де осы режим орындалады. Мұнда активтік моменттің рөлін айналыстағы ротордың инерциялық моменті атқарады. Қарсы қосу тежеуін орындау үшін 4-7 суретінде көрсетілгендей кез келген екі фазаның орнын ауыстыру қажет. Бұл кезде өрістің айналу бағыты өзгереді де машина қарсы қосу режимінде тежеледі, содан соң реверс /кері айналыс/ болады.

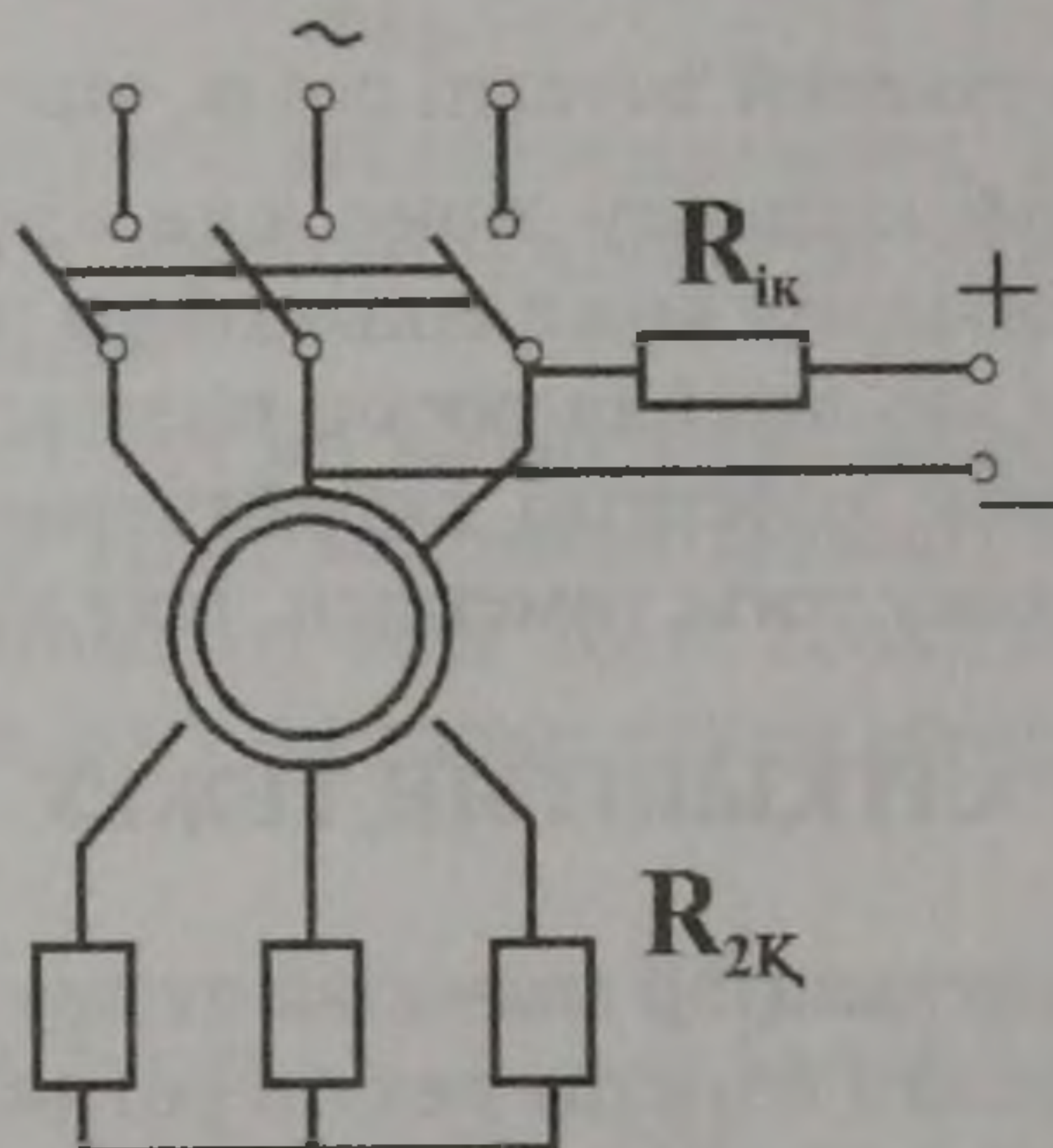
Динамикалық тежеу бұларға қарағанда өзгеше. Мұнда ротор кедергіге қосылады, ал статор айнымалы желідегі ажыратылып оған тұрақты ток беріледі. Қозғалтқыш айнымалы желіден ажыратылғасын генераторлық режимге көшеді /4-8 сурет/. Бұл режим қозғалтқышты



4-7 сурет. АҚ қарсы қосу тежеуді көрсететін сүбе және оның механикалық сипаттамасы.

желіден ажыратқаннан кейін реверссіз тез тоқтату керек болған жағдайларда қолданылады.

Статордың орамына берілген тұрақты ток кеңестікте тыныштықтағы өрісті тудырады. Ротор айналысқа келген кезде оның орамында айнымалы ЭҚК пайда болады да осының әсерінен айнымалы ток



4-8 сурет. АҚ генераторлық тежеуі сүбесі.

жүре бастайды. Бұл ток та тыныштықтағы өріс тудырады.

Статордың өрісі мен ротордың өрісі қосылып, қорытынды өріс тудырады, ал бұл өріс пен ротор тоғының әсерінен тежеу моменті пайда болады. Қозғалтқыштың біліктерінен келетін энергия бұл кезде ротор тізбегінің кедергілерінде ыдырап кетеді. Асинхронды машина динамикалық тежеу режимінде ротор тізбегінің кедергілеріне бағынған синхронды генератор секілді жұмыс істейді.

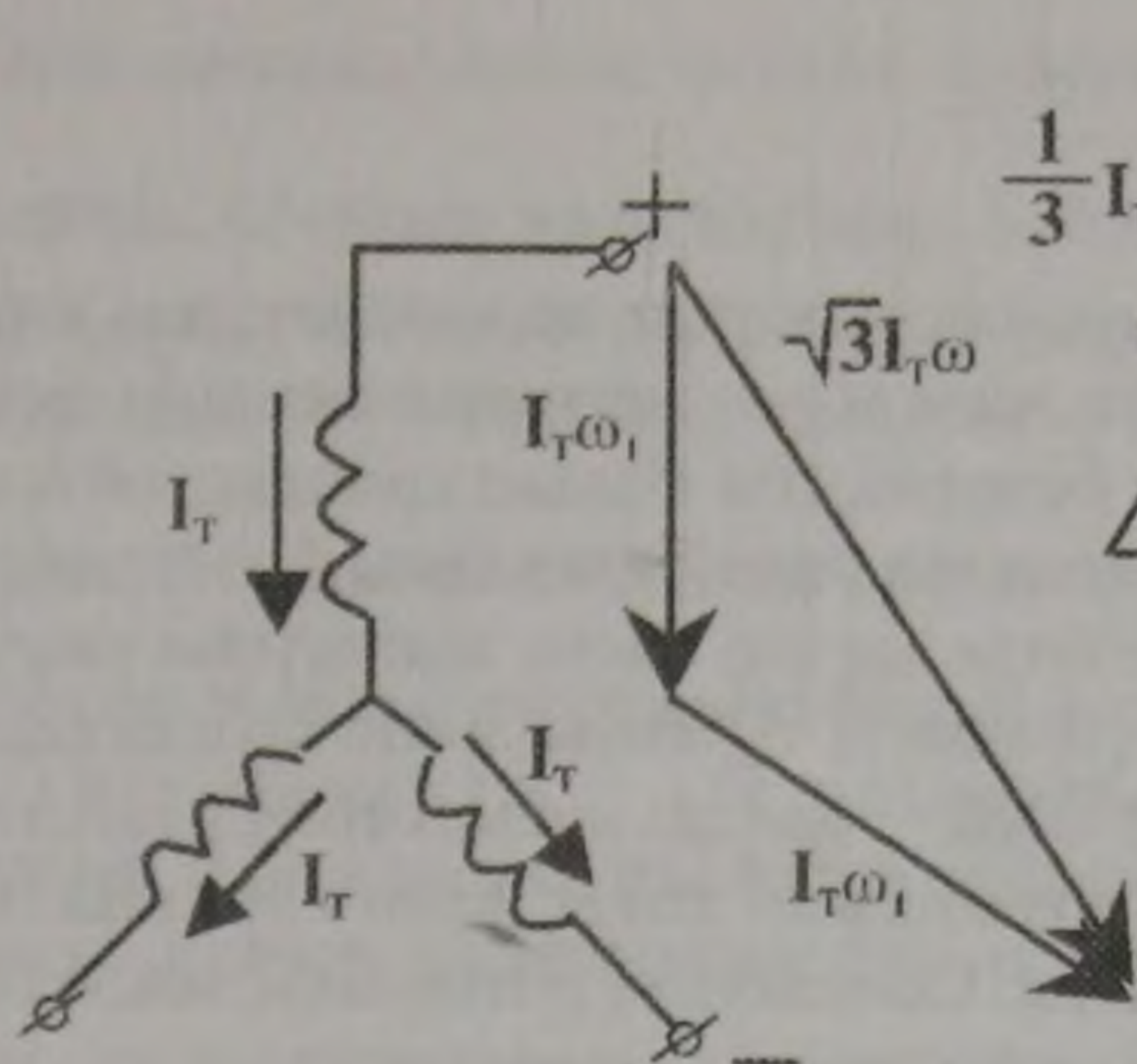
Тұрақты ток статор орамдарының бойымен жүрін, индукциялары синусоидалы түрде тараған, қозғалыссыз полюстер жүйесін құрайтын өріс тудырады. 4-9 және 4-10 суреттерде статор тізбегінің тұрақты токпен қоректенуінің ең көп тараған екі сүбесі көрсетілген.

Алдағы іс жүзіндегі есептер үшін тұрақты токты оған магниттеу күшінің шамасына тең үшфазалық айнымалы токпен ауыстырған қолайлы.

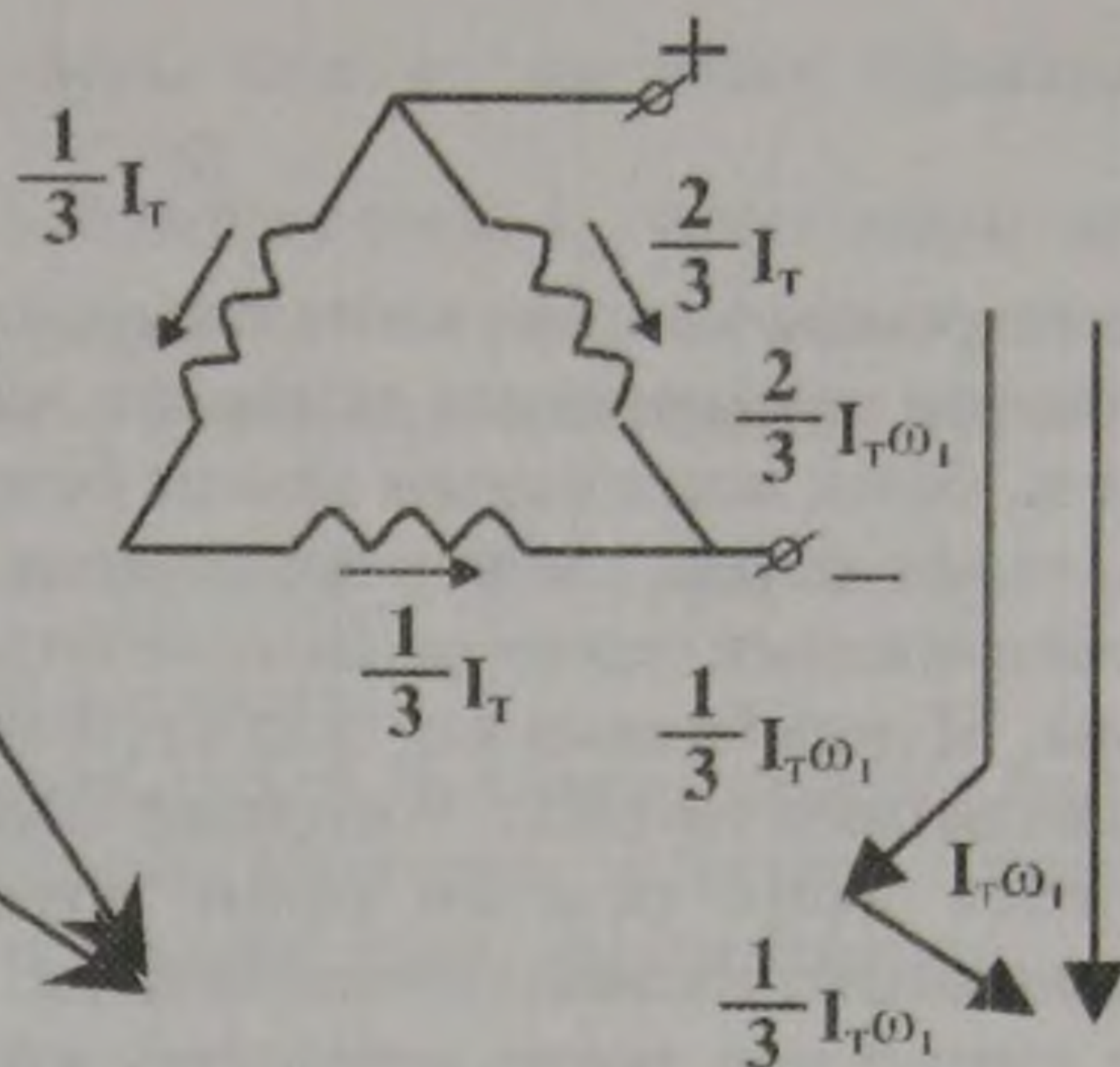
Айнымалы токтың теориясына айнымалы тоғы I бар, симметриялық үшфазалы жүйеде магниттеу күшінің амплитудалық мәні мынаған тең екені белгілі:

$$F = \frac{3\sqrt{2}}{2} I \omega$$

Айнымалы токты I_{10} деп белгілеп, тұрақты және эквиваленттік



4-9 сурет. АҚ тұрақты ток пен қоректендірудің динамика тежеуінің 1-түрі.



4-10 сурет. АҚ тұрақты ток пен қоректендірудің динамика тежеуінің 2-түрі.

айнымалы токпен жасалатын магниттеу күшінің мәндерін теңестірін λ мен Δ сүбелері үшін алатынымыз: λ сүбесі үшін /4-9 сурет/

$$\frac{3\sqrt{2}}{2} I_{бал} \omega_1 = \sqrt{3} I_T$$

бұдан $I_{бал} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_T$

Δ сүбесі үшін /4-10 сурет/

$$\frac{3\sqrt{2}}{2} I_{бал} \omega_1 = I_T \omega_1$$

бұдан

$$I_{бал} = \frac{\sqrt{2}}{3} I_T$$

Сонымен, тежеу сүбесін таңдап алып және тұрақты ток шамасын беріп, магниттеу күші жағынан баламалы айнымалы токты есептеуге болады.

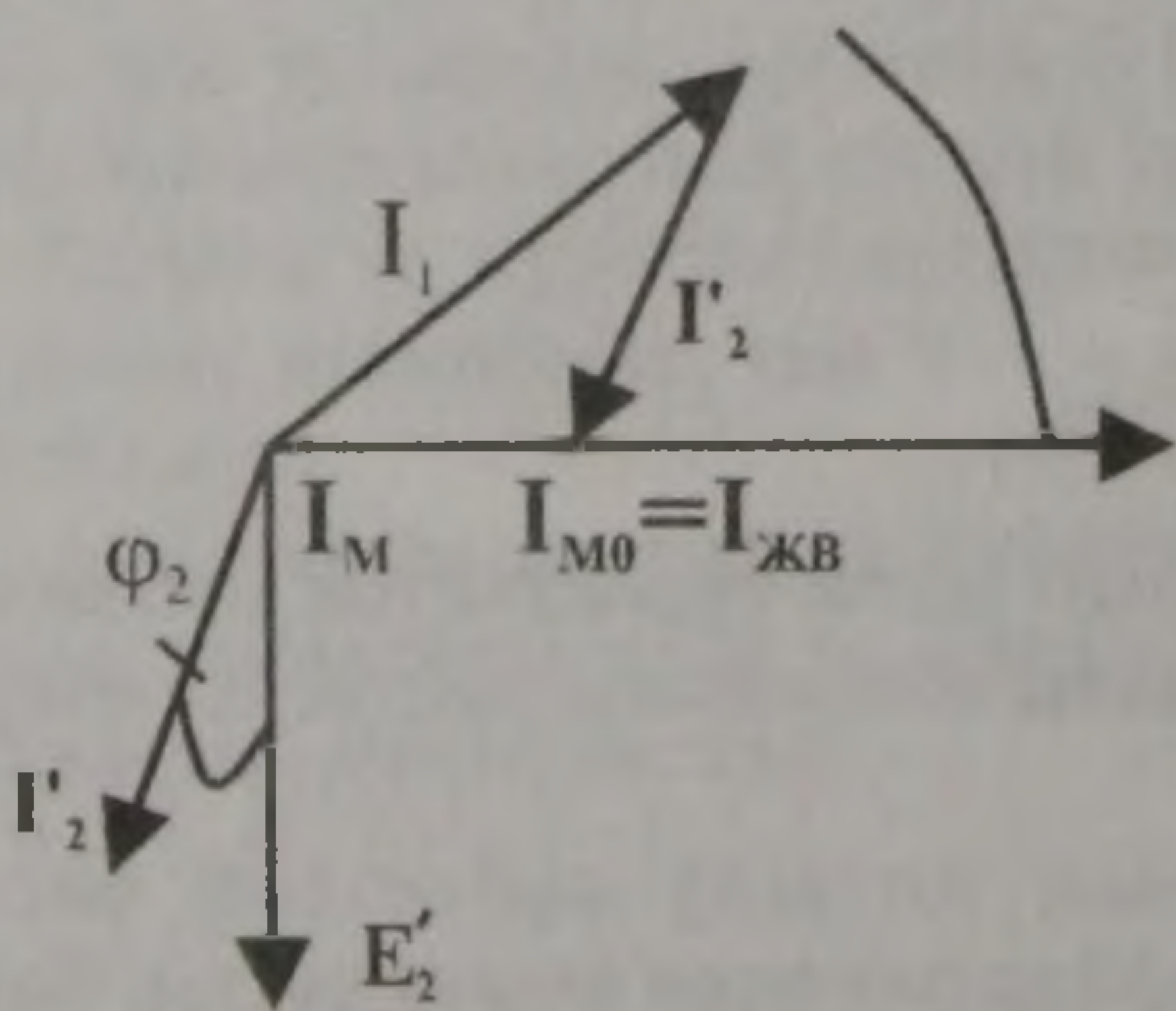
Осылайша, статор орамдарының қосылу сүбесінің басқа түрлеріндегі баламалы айнамалы токтың шамалары анықталады, бірақ бұл сүбенің басқа түрлері өте күрделі және іс жүзінде өте сирек қолданылады.

Динамикалық тежеу кезінде статордың өрісі қозғалыссыз болғандықтан сырғанау мына формуламен анықталады:

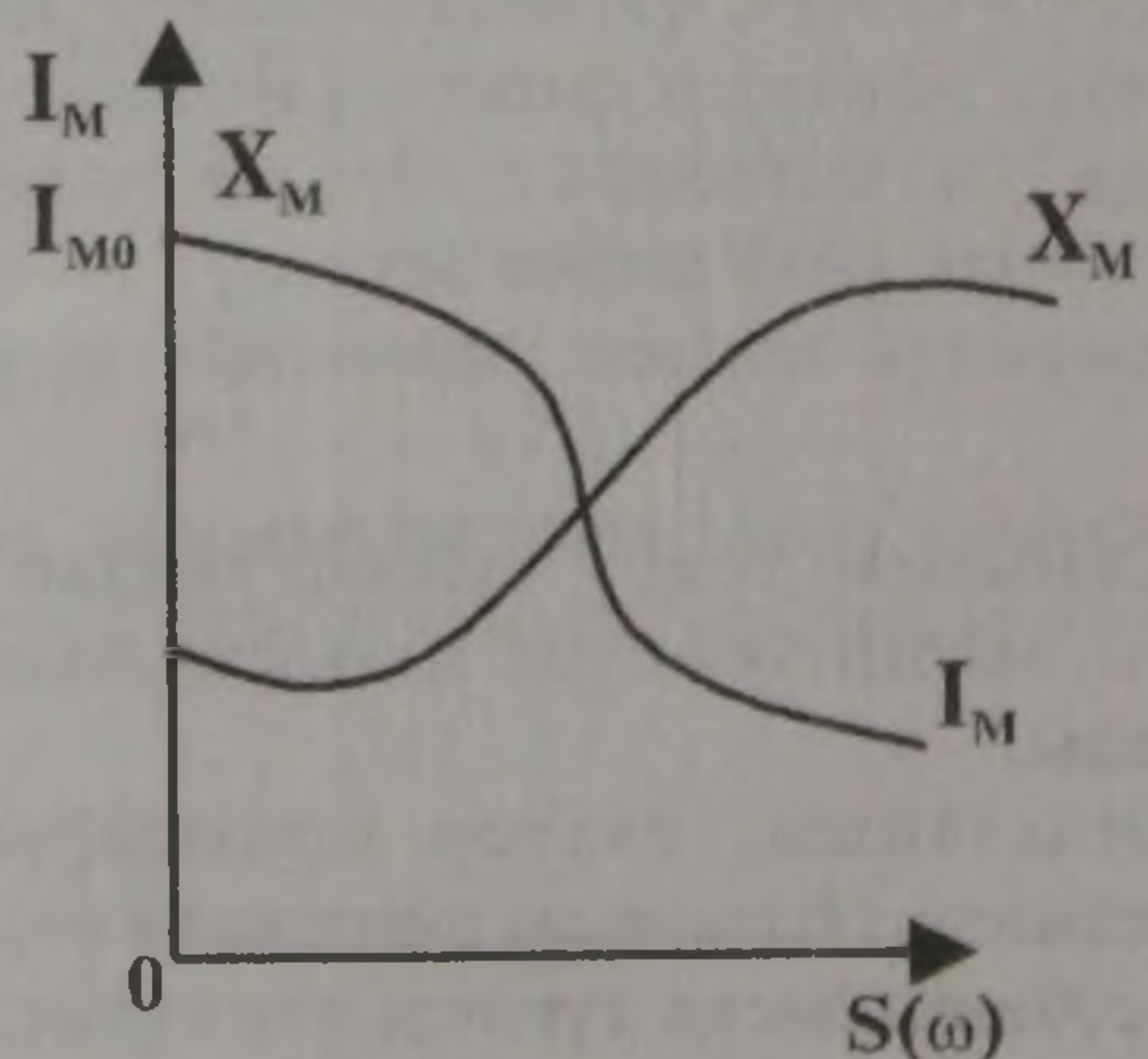
$$S = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Асинхронды машина қозғалтқыштық режимде жұмыс істеген кезде жүктеменің өсуімен оның екіншілік тоғы және магнитсіздендіру әсері де өседі, бірақ машинаның ағыны бірқалыпты болып қалады, өйткені ток I_2 –ның өсуіне сәйкес пропорционал статордың тоғы I_1 – де өседі.

Динамикалық тежеу режимі кезінде мүлде басқа жағдайды көруге болады. Мұнда баламалық тоқтың шамасы тұрақты және қозғалтқыш жылдамдығына тәуелсіз. Ротордың ЭҚК – нің шамасы, оның реактивті кедергісі және осыған орай ротордың тоғы қозғалтқыштық жылдамдығына тікелей тәуелді болады. Сондықтан ротордағы ток өскен кезде статор мен ротор магниттеу күштерінің геометриялық қосындысына тәуелді болатын қорытынды ағын кең шектерде өзгереді. Ротор тыныш тұрған кезде оның орамындағы ток нольге тең болады және магниттік ток I_μ , $I_{\text{бак}}$ тоғына тең болады. Ротордың айналыс жылдамдығы аз болған кезде, яғни осыған орай екіншілік тоқтың жиілігі аз болғанда, омдық кедергіге қарағанда ротор тізбегінің реактивтілігі аз, және екіншілік ток I_2 фазасы жағынан екіншілік ЭҚК –і E_2 –мен сәйкес келеді, яғни магниттеу тоғына I_μ –ға перпендикуляр. Сондықтан баламалылық тоқтың $I_{\text{бол}}$ векторы шамасы жағынан өзгермей-ақ I_μ тоғына қарағанда қандай да бір бұрышқа бұрылады және әрі қарай ротордың жылдамдығы өскен сайын $I_{\text{бол}}$ векторының ұшы шеңбер доғасы бойымен төмен қарай сырғанайды /4-11 сурет/.



4-11 сурет. АҚ динамикалық тежеудегі векторлық диаграммасы.



4-12 сурет. Магниттік ток пен реактивті кедергінің АҚ-тың сырғанауынан байланыстылығы.

Жылдамдық өскен сайын I_2 тоғы мен φ_2 фазалық бұрышы да көбейеді, осының нәтижесінде магниттеу тоғы I_μ және қорытынды ағын шұғыл төмендейді /4-12 сурет/.

Статордың баламалы тоғы мен ротордың келтірілген тоғы векторлық формуламен байланысты. $\bar{I}_\mu = \bar{I}_{бол} + \bar{I}'_2$ Мұндағы $I_{бол} = const$ және ротордың жылдамдығына тәуелсіз.

Тежеу процесі кезінде қозғалтқыштың білігімен келетін барлық энергия, кейін толық жылуға айналатын электрлік энергияға түрленеді. Осыған сәйкес қуаттардың баланс теңдігі мына түрде болады.

$$M\omega = 3(I'_2)^2 r'_a$$

немесе

$$M\omega_o S = 3(I'_2)^2 r'_2$$

Ротордағы ток
$$I'_2 = \frac{E'_{2к} \cdot S}{\sqrt{(r'_2)^2 + (x'_2 \cdot S)^2}} (*)$$

мұнда $X'_2 \rightarrow f = 50_{гн}$ болған кездегі ротор фазасының келтірілген реактивтік кедергісі.

$E'_{2к}$ — магнит ағыны мен синхронды жылдамдық кезінде роторда болатын келтірілген екіншілік ЭҚК.

Синхронды жылдамдықта екіншілік ЭҚК —ні анықтау үшін

$$E_{2к} = E_1$$

болатынын еске ала отырып машинаның магниттеу қисығын қолдануға болады.

Біріншілік орамы ЭҚК—нің магниттеу тоғына қатынасы магниттеудің реактивтілігі деп аталады.

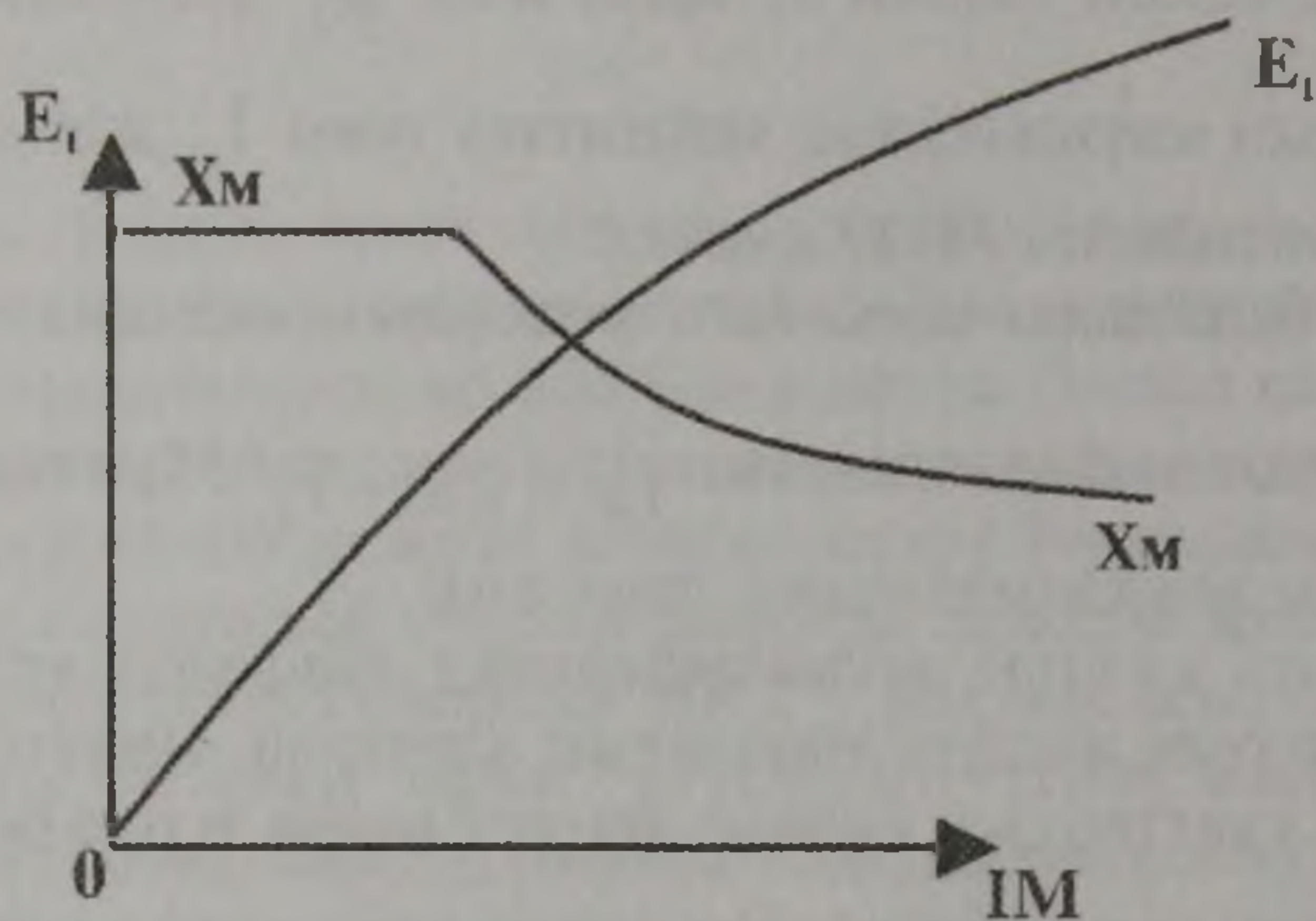
$$X_\mu = \frac{E_1}{I_\mu} = \frac{E_{2к}}{I_\mu} \quad /4-13/$$

4-13 суретте шамамен алынған X_μ —нің I_μ —ге қатынасы көрсетілген.

/4-13-тегі $E_{2к}$ —ні /*/ - ға қойып

$$I'_2 = \frac{I_\mu X_\mu S}{\sqrt{(r'_2)^2 + (X'_2 S)^2}} (**)$$

аламыз.



4-13 сурет. ЭҚК мен X_{μ} реактивті кедергінің магниттік токпен байланыстылығы.
4-11 суреттегі векторлық диаграммадан шығатыны:

$$I_{\text{бал}}^2 = (I_2')^2 + 2I_2' I_{\mu} \sin \varphi_2 + I_{\mu}^2 \quad (***)$$

/***/ - дағы I_2 шамасын және

$$\sin \varphi_2 = \frac{X_2' S}{\sqrt{(r_2')^2 + (X_2' S)^2}}$$

/***/- ға қойып

$$I_{\text{бал}}^2 = \frac{I_{\mu}^2 X_{\mu}^2 S^2}{(r_2')^2 + (X_2' S)^2} + \frac{2I_{\mu}^2 X_{\mu} X_2' S^2}{(r_2')^2 + (X_2' S)^2} + I_{\mu}^2$$

бұдан

$$I_{\mu}^2 = \frac{I_{\text{бал}}^2 [(r_2')^2 + (X_2' S)^2]}{(r_2')^2 + (X_{\mu} + X_2')^2 S^2}$$

Демек $(I_2')^2 = \frac{I_{\mu}^2 X_{\mu}^2 S^2}{(r_2')^2 + (X_2' S)^2} = \frac{I_{\text{бал}}^2 X_{\mu}^2 S^2}{(r_2')^2 + (X_{\mu} + X_2')^2 S^2}$

Жоғарыда келтірілген қуаттардың балансы теңдеуін қолданып /4-12/ механикалық сипаттамасының теңдеуін, яғни берілген $I_{\text{бал}}$ және қозғалтқыштың белгілі параметрлері r_2', X_2 және X_{μ} / кезіндегі M мен S -тің аралығындағы қатынасты жазуға болады.

$$M\omega_0 S = 3(I_2')^2 r_2' = \frac{3I_{\text{бол}}^2 X_\mu S^2 r_2'}{(r_2')^2 + (X_\mu + X_2')^2 S^2}$$

бұдан
$$M = \frac{3 I_{\text{бол}} r_2' X_\mu^2 r_2'}{\omega_0 (r_2') + (X_\mu + X_2')^2 S^2} \quad /4-14/$$

Қанығу нәтижесінде магниттеу тоғының өсуімен магниттеу реактивтігінің төмендейтіні көрсетілген болатын. Берілген тұрақты токта $I_T = \text{const}$ тұрақты токпен бірқатар байланысты болатын баламалық айнымалы токта өзгермейді. Ротор тыныштықта болған кезде оның тоғының магнитсіздендіру әсері нольге тең болғандықтан $I_\mu = I_{\text{бол}}$ және машина әбден қаныққан болады. Ротор айналысқа келген кезде ондағы ток магнитсіздендіру өрісін құрайды, осының әсерінен I_μ төмендейді. Сондықтан магниттеу $E_T = K_T \cdot U_{\text{БЕР}}$ тоғы және бұған сәйкес магниттеу реактивтілігі X_μ жылдамдық функциясында 4-12 суретте көрсетілгендей өзгереді.

Механикалық сипаттамасының пішінін түсіну үшін алғашында машина қанықпаған, яғни $X_\mu = \text{const}$ деп алған ыңғайлы, бұлай болғанда /4-14/ теңдеуінің екі айнымалысы M мен S ғана болады, өйткені $I_{\text{бол}}, \chi_2, X_2$ және X_μ — тұрақты.

Олай болса /4-14/ теңдеуіндегі M -ді S бойынша дифференциалдауға болады. $M = \varphi(S)$ функциясының максимумы бар. Максимум шамасын $M_{\text{ат}}$ анықтау үшін сырғанау бойынша моменттің бірінші туындысын нольге теңестіріп, бұдан алынған теңдеуден, момент максимал мәнде болатын сырғанау мәнін $S_{\text{ат}}$ табу керек.

Осыларды орындап және аралық түрлендірулерді ескермей алатынымыз:

$$S_{\text{ат}} = \frac{r_2'}{X_\mu + X_2'} \quad /4-15/$$

Аз мөлшерде қанығу кезінде X_μ өте үлкен $/X_\mu \gg X/$ сондықтан

$$S_{\text{ат}} \ll S_{\text{а,козг}}$$

/4-15/-тегі $S_{a.T}$ -ның шамасын /4-14/-ке қойып, $M_{a.T}$ -ны анықтаймыз.

$$M_{a.T} = \frac{3}{2\omega_0} \frac{I_{бал}^2 X_\mu^2}{X_\mu + X_2'} \quad /4-16/$$

Алған жорамалымыз бойынша $X_\mu = const = const S_{a.T} \equiv \chi_2'$ және баламалық токқа $I_{бал}$, тәуелсіз, ал $M_{a.T} = I_{бал}^2$ және екіншілік тізбек кедергісінің χ_2' шамасына тәуелсіз болады.

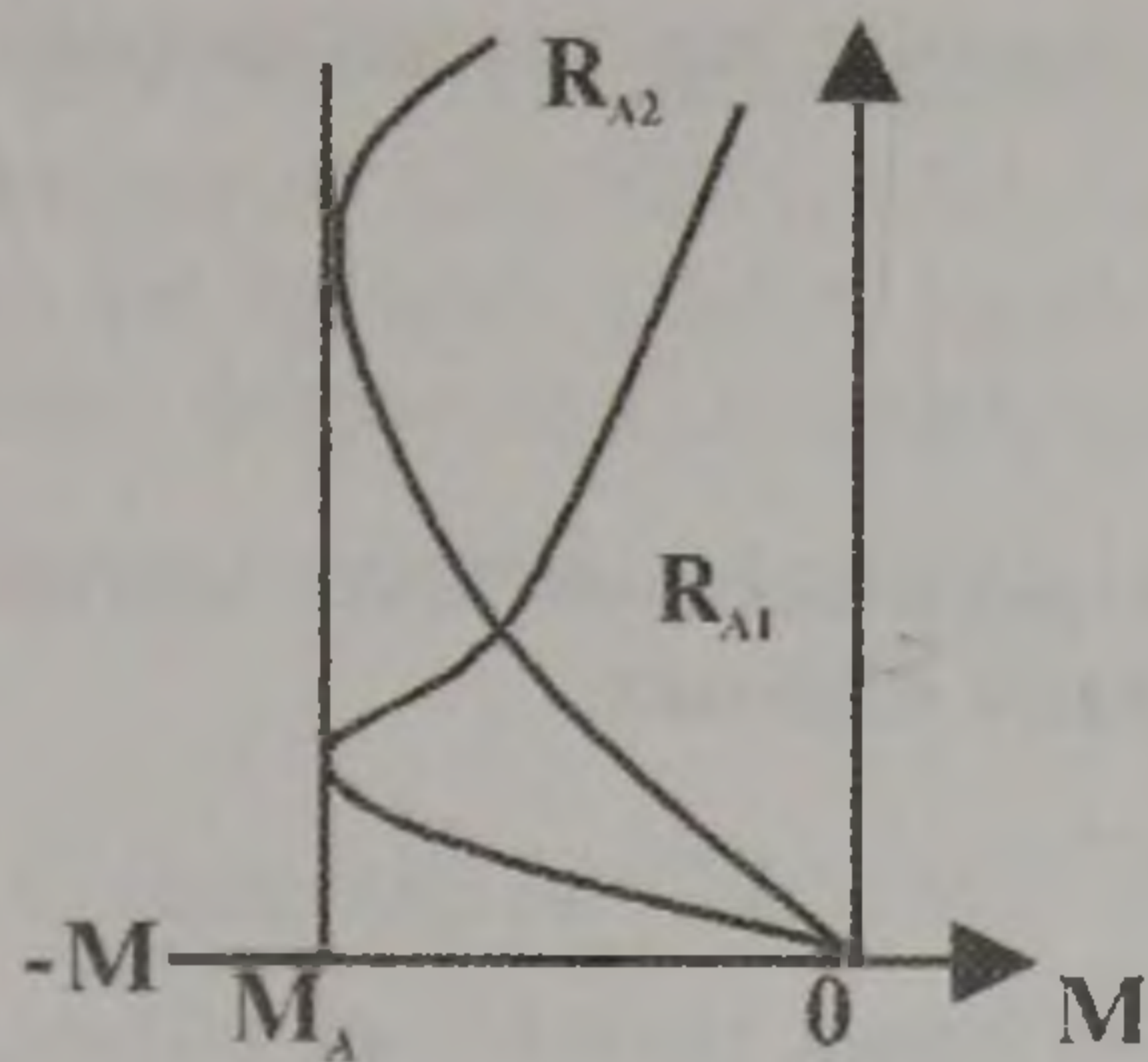
/4-14/-ті /4-16/-ға бөліп, осыған сәйкес түрлендіруден кейін асинхронды машинаның динамикалық тежеу режиміндегі механикалық сипаттамаларын аламыз. Ол жоғарыда алынған қозғалтқыштың режимдегі теңдеумен бірдей:

$$M = \frac{2M_{a.T}}{\left[\frac{S}{S_{a.T}} + \frac{S_{a.T}}{S} \right]} \quad /4-17/$$

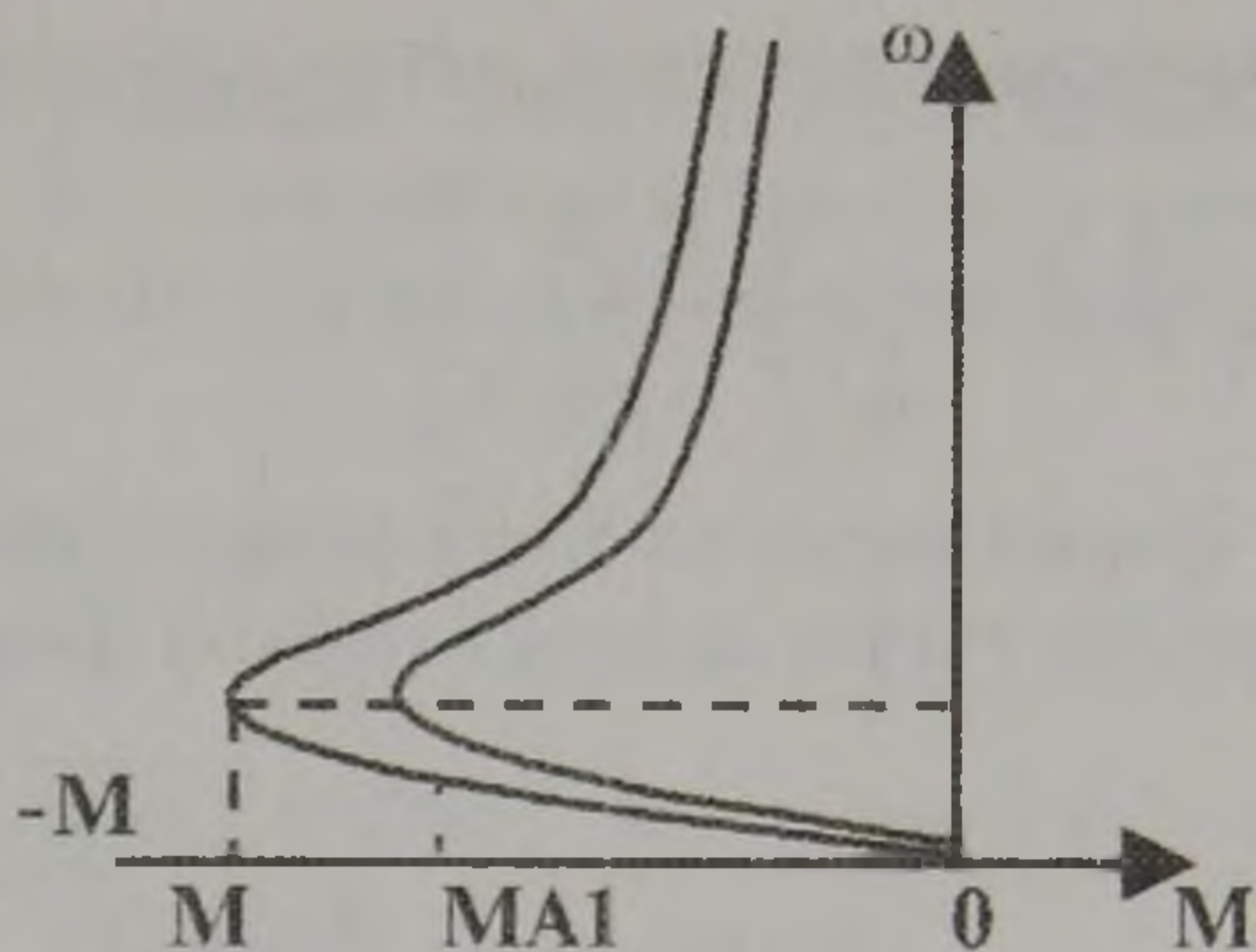
Жоғарыда айтылғандар бойынша мынадай қорытынды жасауға болады:

1. Динамикалық тежеу режиміндегі асинхронды машинаның сипаттамасы қозғалтқыштың режимдегі теңдеуге ұқсас теңдеумен жазылады, бірақ бұл кезде ауыспалы момент пен ауыспалы сырғанаудың $M_{a.T}$, $S_{a.T}$ мәндері өзгеше.
2. Ауыспалы сырғанау, $R_{2көз} = 0$ болғандағы динамикалық тежеу режиміндегі сипаттамасында қозғалтқыштық режимге қарағанда өте аз.
3. Тұрақты ток өскен сайын машинаның қанығуының дәрежесі өседі, осының нәтижесінде магниттеу реактивтілігі X_μ төмендейді және ауыспалы сырғанау $S_{a.T}$ өседі.
4. Ауыспалы момент $M_{a.T}$ ротор тізбегі кедергісіне тәуелсіз, магниттік тізбектің қанықпаған кезінде ол тұрақты токтың квадратына пропорционал.

4-14 суретте /4-17/ теңдігі бойынша $I_{бал} = const$ кездегі қанығуды ескермей ротор тізбегі кедергінің әртүрлі мәндеріндегі



4-14 сурет. АҚ $I_{\text{Ban}} = \text{const}$ болғандағы динамикалық тежеу сипаттамасы.



4-15 сурет. АҚ $r'_2 = \text{const}$ болғандағы динамикалық тежеу сипаттамасы.

асинхронды машинаның динамикалық тежеу режиміндегі механикалық сипаттамасы көрсетілген 4-15 суретте $r'_2 = \text{const}$ болғандағы осындай жағдайлар және баламалық тоқтың әртүрлі мәндеріндегі сипаттамалар көрсетілген.

Төменгі жылдамдық аймағында динамикалық тежеу режимінде жұмыс істеп тұрған асинхронды машинаның магниттік тізбегі өте күшті қаныққан, сондықтан механикалық сипаттамаларының дәл аналитикалық теңдеулерін алу мүмкін емес. Бұл жағдайда $M = \varphi(S)$ қатынасының есебі нүктелер бойынша жүргізіледі. Машинаның параметрлерінен r'_2 және X'_2 басқа баламалық ток $I_{\text{бал}}$ пен магниттеу қисығы $E_1 = f(I_\mu)$ берілуі керек.

Жоғарыда магниттеу тоғына арналған формуланы алғанбыз

$$I_\mu^2 = \frac{I_{\text{бал}}^2 [(r'_2)^2 + (X'_2 \cdot S)^2]}{(r'_a)^2 + (X_\mu + X'_2)^2 \cdot S^2}$$

Сырғанауға салыстырмалы түрде бұл теңдеуді шығарып, мына байланысты аламыз:

$$S = r'_2 \sqrt{\frac{I_{\text{бал}}^2 - I_\mu^2}{I_\mu^2 (X_2 - X'_2)^2 - I_{\text{бал}}^2 (X'_2)^2}} \quad (\Delta)$$

Алдын-ала магниттеу қисығы бойынша $X_\mu = \varphi(I_\mu)$ қатынасын салып және $I_\mu \leq I_{\text{бал}}$ мәндерін беріп, сәйкес S шамалары анықталады.

Жоғарыда алынған ротор тізбегіндегі тоқтың жалпылай формула-

сына
$$(I_2')^2 = \frac{I_\mu^2 X_\mu^2 S^2}{(r_2')^2 + (X_2' S)^2}$$

(Δ) - формуласынан S шамасын қойып, іс жүзінде есептеуге ыңғайлы екіншілік токқа арналған мына формуланы аламыз.

$$I_2' = \sqrt{\frac{I_{бал}^2 - I_\mu^2}{1 + 2 \frac{X_2}{X_\mu}}}$$

Сонан соң $M = \frac{S(I_2')^2 r_2'}{\omega_0 S}$ негізінде өзара сәйкес I_μ , I_2^1 және S

мәндері үшін қозғалтқыштың моментінің шамасы анықталады және динамикалық тежеу сипаттамасы салынады.

4.3. ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ ЕСЕБІ

Асинхронды қозғалтқыштардың табиғи сипаттамалары кернеу U_{IH} мән жиіліктің f_{IH} номинал мәндеріне және статор мен ротор тізбегіндегі қандай да болмасын қосымша элементтердің болмауына сәйкес келеді.

Егер қозғалтқыштың параметрлері белгілі болса, онда табиғи сипаттамалары мына жоғарыда келтірілген /4-1/, /4-4/, /4-5/, /4-6/ формулалары бойынша есептеледі.

Көбіне сипаттаманы тек қана паспорттық берілістері R_H , U_H , I_{IH} , n_H , η_H , $\cos \varphi_H$ бойынша есептеу талап етіледі. Бұған қоса фазалы роторлы қозғалтқыштарды

$$E_{2K}, I_{2H}, \lambda = \frac{M_0}{M_H}$$

ал қысқа тұйықталған роторлы қозғалтқыштарда $\lambda_{1KT} = \frac{M_T}{M_H}$

және $k_1 = \frac{I_T}{I_H}$ беріледі.

Бұл жағдайда ең алдымен Π_n бойынша синхронды жылдамдықты табу керек. Ол 3000, 1500, 1000, 750 және 600 айналым/мин қатарынан ең жақын үлкен мәні алынады. Одан соң номинал сырғанау мына формуламен анықталады

$$S_H = \frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0} = \frac{n_0 - n_H}{n_0}$$

Содан кейін, $M = M_H$, $S = S_H$, $M_a = \lambda M_H$ деп алып /4-7/ формуласын қолданып және S_a - ға қатысты шығарамыз.

$$S_a = \frac{S_H}{\left(\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1}\right)}$$

Бұдан кейін $M_H = \frac{P_H}{\omega_H}$ және $M_a = \lambda M_H$ анықтап /4-7/ форму-

ласы бойынша табиғи сипаттамасын салуға болады. Қысқа тұйықталған қозғалтқыштар үшін сипаттамадағы $S > S_a$ бөлігі /4-7/ формуласына бағынбайтынын атап өткен жөн, өйткені ротордың кедергісі сырғанау үлкен болған кезде айтарлықтай өзгереді, осыған байланысты іске қосу моментінің шамасын $M_T = K_T M_H$ қолдану керек.

Фазалы роторлы қозғалтқыштардың реостаттық сипаттамасының есебін берілген немесе алдын-ала есептелген табиғи сипаттамасы бойынша жүргізген қолайлы. /4-4/ формуласынан ауыспалы сырғанау ротор фазасының келтірілген кедергісіне пропорционал екендігі шығады, яғни

$$\frac{S_{a.p}}{S_{a.таб}} = \frac{r_2'}{r_{2.pот}'} = \frac{r_{2.pот}' + R_{2.қозғ}'}{r_{2.pот}'} = \frac{r_{2.pот}' + R_{2.қозғ}'}{r_{2.pот}'}$$

мұнда $S_{a.p}$ - реостаттық сипаттамадағы ауыспалы сырғанау.

$S_{a.таб}$ - бұл да сол, бірақ табиғи сипаттамада.

Бұл қатынастың тек қана ауыспалы сырғанауға ғана тән емес, бірдей моментпен алынған кездегі кез-келген сырғанауға да қатынасты екенін дәлелдеуге болады, яғни

$$\frac{S_{a.p}}{S_{к.таб}} = \frac{S_p}{S_{таб}} = \frac{r_{a.pот}' + R_{2.қозғ}'}{r_{2.pот}'} \quad /4-18/$$

/4-18/ формуласымен, егер табиғи сипаттама белгілі болса кез-келген реостаттық сипаттамасын есептеуге немесе керісінше, реостаттық сипаттамасы берілсе $R_{2.қозғ}$ кедергісін анықтауға болады.

Кейбір жағдайларда реостаттық сипаттаманы салыстырмалы бірлікпен жүргізеді /2-3 қара/. Негіз ретінде номинал шамалар алынады. Ол кезде $M=I$ үшін

$$\bar{r}_2 = S \quad /4-19/$$

болып жазылатын /2-11/ формуласын қолдануға болады

$$\text{мұнда } \bar{r}_2 = \frac{r^2}{R_{2H}} = \frac{r_{2\text{рот}} + R_{2\text{коз}}}{R_{2H}}$$

$$R_{2H} = \frac{E_{2K}}{\sqrt{3} \cdot I_{2H}} - \text{ ротор фазасының номинал кедергісі.}$$

$E_{2K} - U_1 = U_{1H}$ болған кездегі тыныштықтағы ротордың ажыратылған сақиналарындағы ЭҚК. I_{2H} – ротордағы номинал ток.

Фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштардың іске қосу диаграммаларын тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышындағыдай жолмен салады. Айырмашылығы – максимал моменттің шамасы $M \leq 0,8$ қатынасын ескере отырып алынады. Мұндағы 0,8 коэффициенті қоректену желісі кернеуінің төмендеуін ескереді.

Белгілі механикалық сипаттама бойынша электромеханикалық сипаттамасын есептеу керек болса

$$I_2' = \sqrt{\frac{M\omega_0 S}{3r_2'}}$$

$$\text{немесе } I_2 = \sqrt{\frac{M\omega_0 S}{3r_2}} \quad /4-20/$$

шығатын /4-3/ формуласын қолдануға болады.

Нақты шамадан келтірілген шамаға көшу үшін келтіру коэффициентінің жуықталған мәнін қолдануға болады:

$$K_K \approx \frac{0,95 \cdot U_{1H}}{E_{2K}}$$

Онда

$$r_2' = r_2 k_K^2$$

$$I_2' = I_2 / k_K$$

$$E_2' = E_2 k_K$$

4.4. $\omega_0 = \text{const}$ БОЛҒАН КЕЗДЕГІ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ РЕТТЕУ

Асинхронды қозғалтқышты электржетектерінде жылдамдықты реттеудің екі түрі бар.

Бұл параграфта қаралатын бірінші түрі өрістің айналу жылдамдығы ω_0 өзгеріссіз деп алып, әртүрлі тәсілмен өрістен ротордың “қалып қою” дәрежесін ауыстыру болып табылады.

Екіншісі өрістің айналыс жылдамдығының өзгерісіне негізделген. Бірінші топқа қатысты $\omega_0 = \text{const}$ барлық реттеу тәсілдері үшін, олар қалай жүзеге асса да сырғанаудың өзгеруі тән, өйткені

$$S = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$$

Бұл желіден келетін қуат $P_1 \approx M\omega_0$ мән білікке берілетін қуаттың $P_2 = M\omega$ айырмасынан, яғни

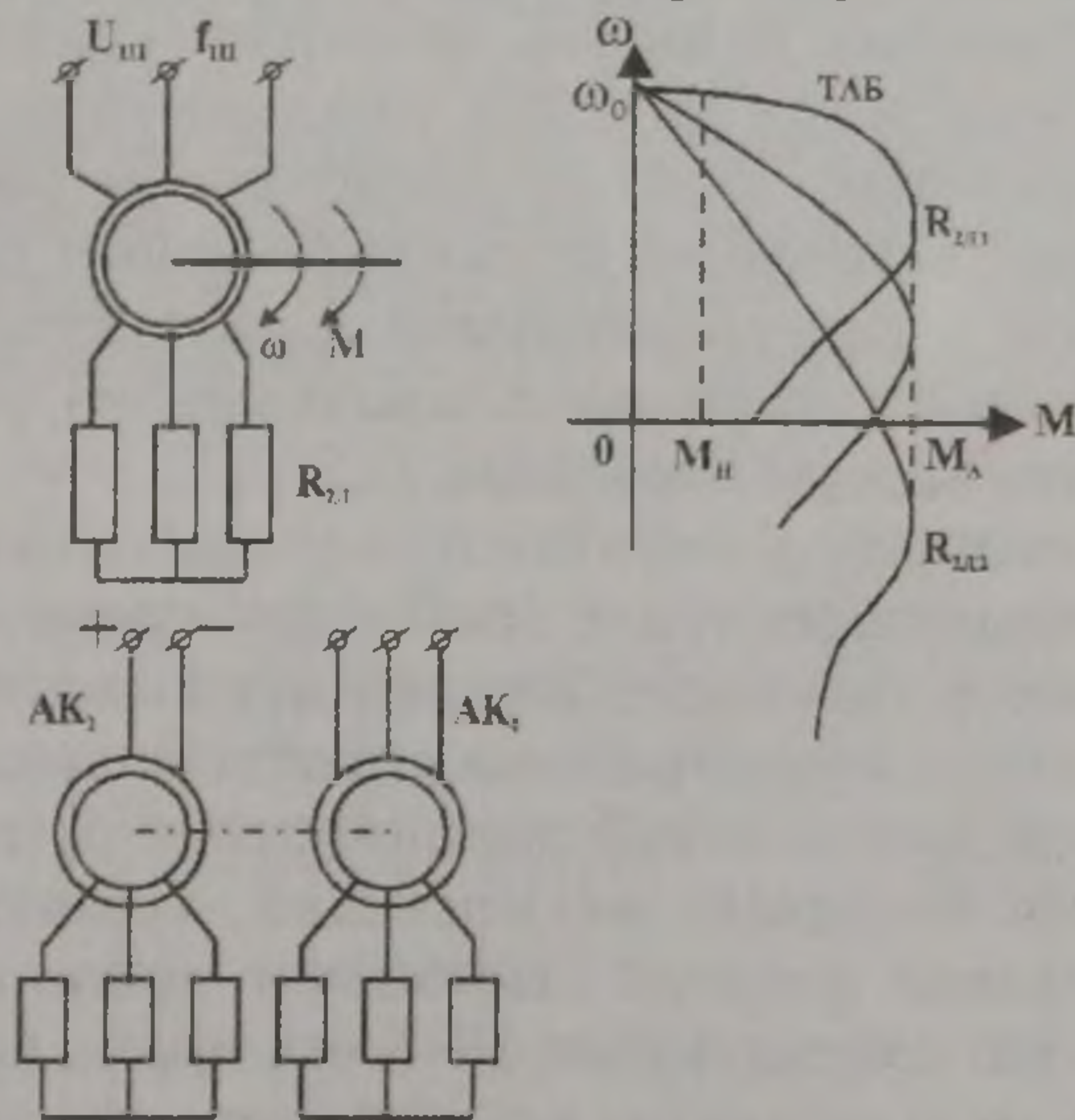
$$\Delta P_2 = M\omega_0 - M\omega = M\omega_0 S \quad /4-21/$$

туатын сырғанау қуатының ΔP_2 өзгеруіне әкеп соғады.

Сырғанауға пропорционал бұл қуат қозғалтқыштың тізбегінде жылуға айналуы, немесе ротор тізбегінен шығарылып /фазалы роторлы қозғалтқыштар үшін/ пайдаға асуы мүмкін.

а/. Ең қарапайым және кеңінен тараған бірінші топқа жататын реттеу тәсілі, ротор тізбегіне қосымша кедергілер қосылған кездегі, фазалы роторлы қозғалтқыштың жылдамдығын реостаттық реттеу болып табылады /4-16 сур./

4-17 суретте механикалық сипаттамалары көрсетілген, олар жоғарыда



4-16 сурет. Фазалы роторлы АҚ сүбесі.

4-17 сурет. Фазалы роторлы АҚ-тың механикалық сипаттамасы.

4-18 сурет. Ортақ білікке қосылған екі АҚ-тары.

келтірілген параграфтағы формулаларымен алынуы мүмкін. Реостаттық реттеу кезінде M өзгеріссіз қалады /4-5 қара/, ал S_a χ_2 -ға пропорционал өседі - /4-4 қара/.

Бұл реттеу тәсілі барлық басты көрсеткіштері жағынан, жоғарыда қарастырылып кеткен тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштың реостаттық реттеумен бірдей /2-4 қара/. Тек қана сырғанау қуаты реостаттық реттеу кезінде бүтіндей ротор тізбегіндегі кедергілерде ыдырап кетеді, яғни

$$M\omega_0 S = 3I_2^2 r_2 = 3I_2^2 (r_{2\text{рот}} + R_{2\text{козг}}) \quad /4-22/$$

және де оның бір бөлігі $3I_2^2 \chi_{2\text{рот}}$ ғана ротордың орамымен ыдырайды, ал басқа бөлігі $3I_2^2 R_{2\text{козг}}$ машинадан шығарылып сыртқы резисторлар арқылы ыдырайды. Осының арқасында, 1-4-да көрсетілген жағдайлар болса кез-келген реостаттық сипаттамада номинал момент болуы мүмкін. Шынында /4-10/-ға сәйкес машинаның магниттік ағынын $\Phi \approx \Phi_n$ тұрақты деп алуға болады, ал $2 I_{2к} - I_{2н}$ яғни $M_k - M_n$ /4-17 суреттегі үзік сызықты қара/.

Төменгі жылдамдықтардағы реостаттық реттеуде қатаң сипаттама алу мүмкін емес, бірақ кейбір механизмдер үшін мұндай сипаттамалар қажет болады.

Жылдамдығы төмен болған кезде және ортақ қолдану желісінен қоректену кезінде асинхронды қозғалтқыштың қатаң сипаттамасын алу үшін кейбір жағдайларда 4-18 суретте көрсетілгендей ортақ білікке екі қозғалтқыш AK_1 және AK_2 жұмыс істейтін, және де олардың біреуіне қозғалтқыштық режимде, ал екіншісі динамикалық тежеу режимінде жұмыс істейтін сүбе қолданылады. Осындай екі қозғалтқышты жетектің біріккен сипаттамасы әрбір машинаның сипаттамаларының алгебралық қосындысы болып табылады.

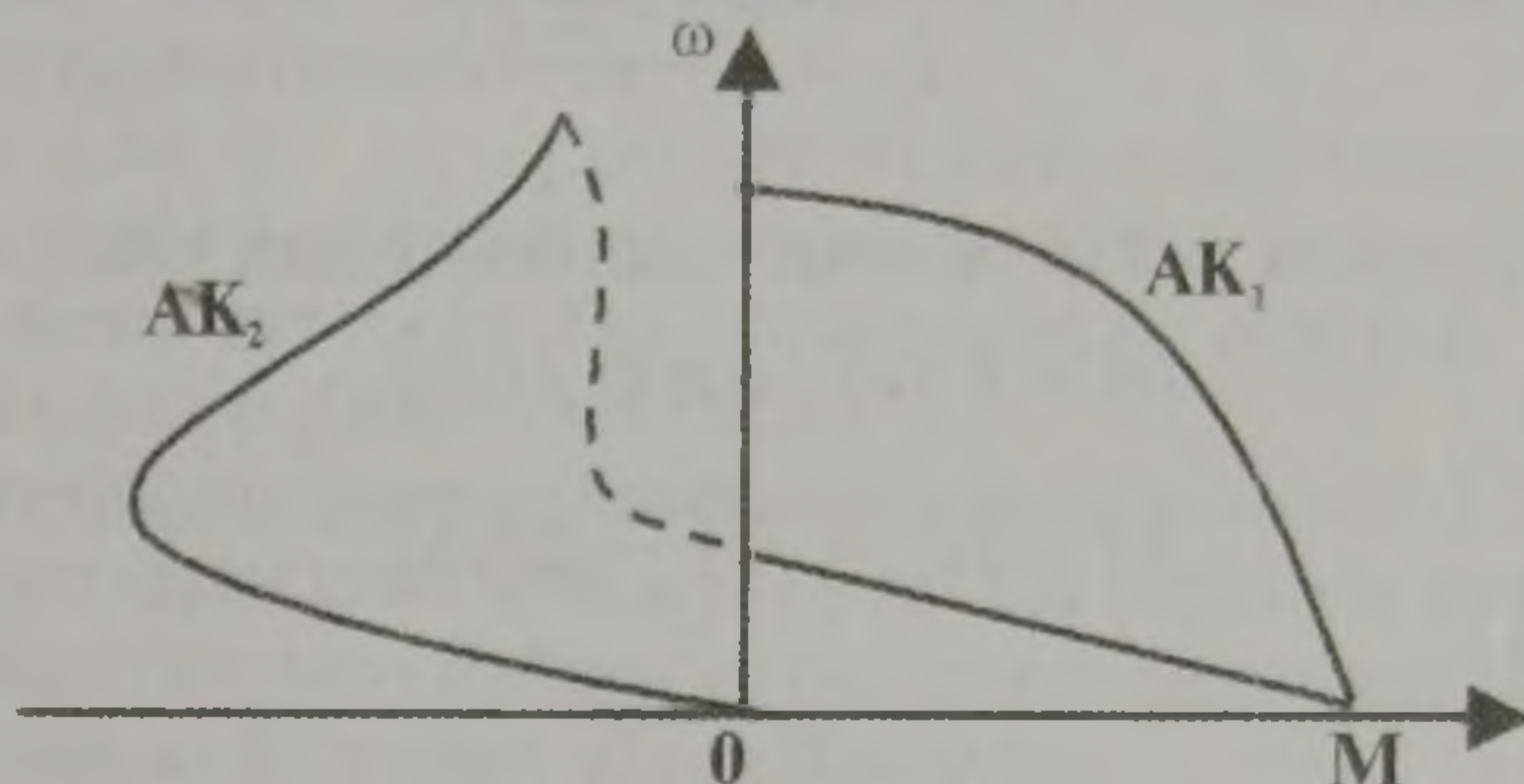
AK_1 машинасы үлкен сырғанаумен жұмыс істеген кезде, үлкен іске қосу моментін алу үшін және тоқты шектеу үшін оның ротор тізбегіне қосымша кедергі қосылады.

4-19 сур. осындай агрегаттың механикалық сипаттамасы көрсетілген. Динамикалық тежеу режимінде жұмыс істейтін AK қозғалтқышының ротор тізбегіндегі кедергінің шамасын өзгерте отырып агрегаттың қорытынды механикалық сипаттамасының түрін өзгертуге, яғни өнеркәсіп механизмінің жылдамдығын реттеуге болады.

Бұл сүбе үшін жоғарыда айтылғандай, қозғалтқыштың ротор тізбегіндегі жоғалған энергия сырғанауға пропорционал болады. Сондықтан, мұндай қоздырғышның ПӘК өте төмен, бұларды тек қысқа уақытқа төменгі жылдамдықты алу үшін ғана қолданған жөн; мысалы жетекті дәл тоқтату үшін.

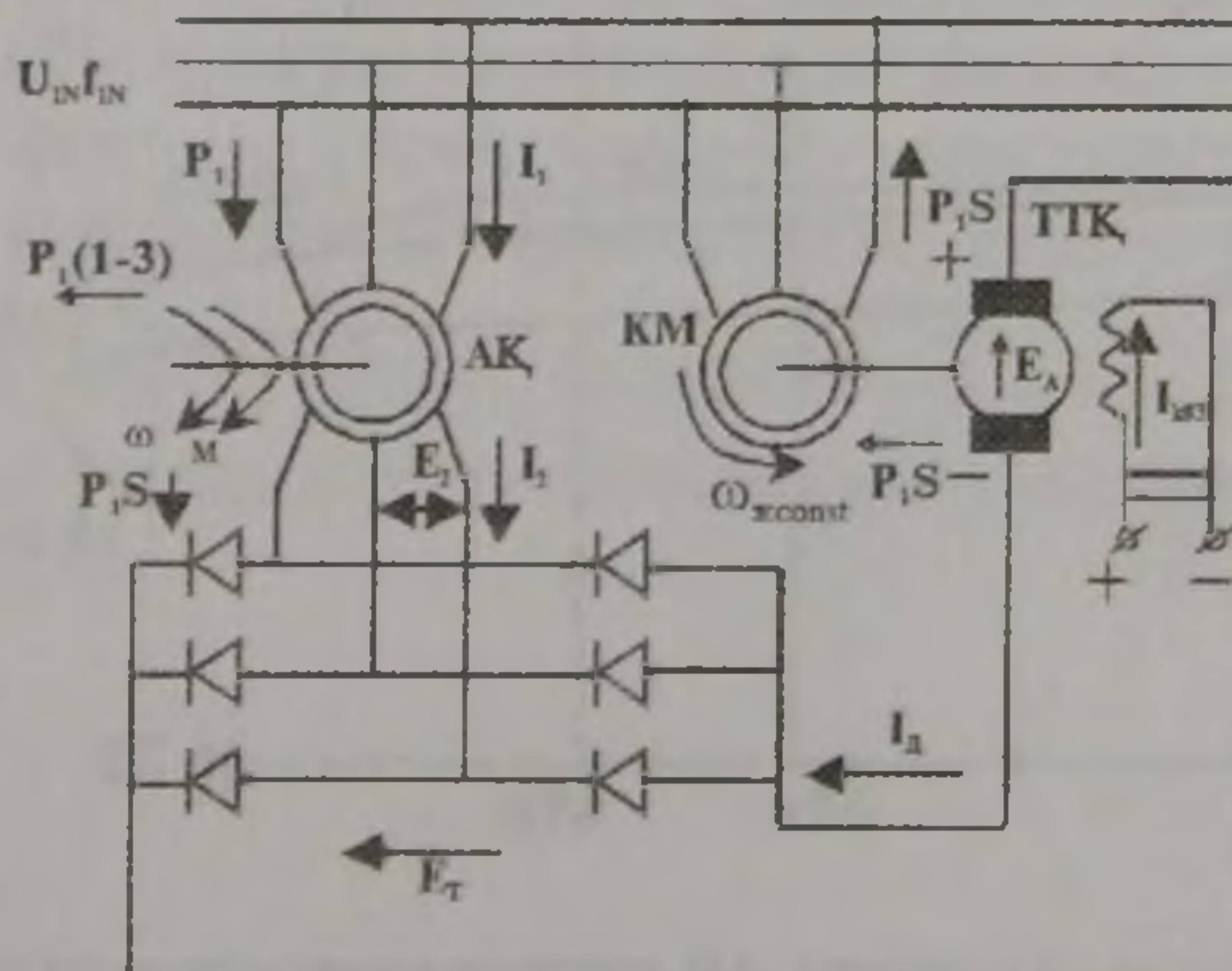
б./ Қуаты үлкен электржетектерде тіпті реттеу диапазоны үлкен болмаған кезде де $3I_2^2 R_{2\text{кoзr}}$ шамасы айтарлықтай болады. Пайдасыз жұмсалған қаржыдан басқа, бұл қуатты ыдырату мәселесі туады - үлкен көлемді резисторлар, арнайы бөлме т.б. қажет. Бұл жағдайда тиімді және пайдалы техникалық шешім, сырғанаудың қуаты пайдаға асатын каскадты реттеу сүбесі болып табылады.

Каскадты сүбесінің жұмыс істеу принципін 4-20 сур. көрсетілген қарапайым сүбе бойынша қарастырайық.



4-19 сурет. Ортақ білікке қосылған екі АҚ-тардың механикалық сипаттамалары.

Асинхронды қозғалтқыштың /АҚ/ статоры желіге қосылған, ал ротор Т түзеткіш арқылы тұрақты ток қозғалтқышының /ТТҚ/ якоріне жалғанған. Бұл ТТҚ мен ω_1 тұрақты жылдамдықпен айналатын, желіге қосылған көмекші асинхронды /немесе синхронды/ қозғалтқыштың роторы бір білікке орналасқан. ТТҚ қоздыру орамы реттелетін кернеу көзіне қосылған. Сонымен АҚ-нің роторлық тізбегі желімен түзеткіш Т,ТТҚ қосалқы машина ҚМ арқылы байланысқан, осының арқасында сырғанау қуатын P_1S айнымалы ток желісіне беретін принципіалды мүмкіндік туады. Енді бұл мүмкіндіктің қалай іске асатынын және бұл каскадтағы АҚ-ын жылдамдығының қалай реттелетінін қарастырайық.



4-20 сурет. Каскадты сүбесінің жұмыс істеу принципі.

Қарапайымдылық үшін Т.Т.Қ-ын қанықпаған деп аламыз, сонда $\omega_1 = \text{const}$ болған кезде $E_A = I_1$ болады. Сүбедегі бірқатар қарапайым қатынастарды көрсетейік.

$$E_2 = E_{2K} S \quad (*)$$

$$E_T = k_E E \quad (**)$$

$$I_T = k_I I_2 \quad (***)$$

мұндағы K_E, K_T – түзету сүбесінің коэффициенттері

$$I_T = \frac{E_T - E_A}{R_{\Sigma}} \quad (\Delta)$$

мұнда R_E – түзеткіш – Т.Т.Қ контурының толық кедергісі.

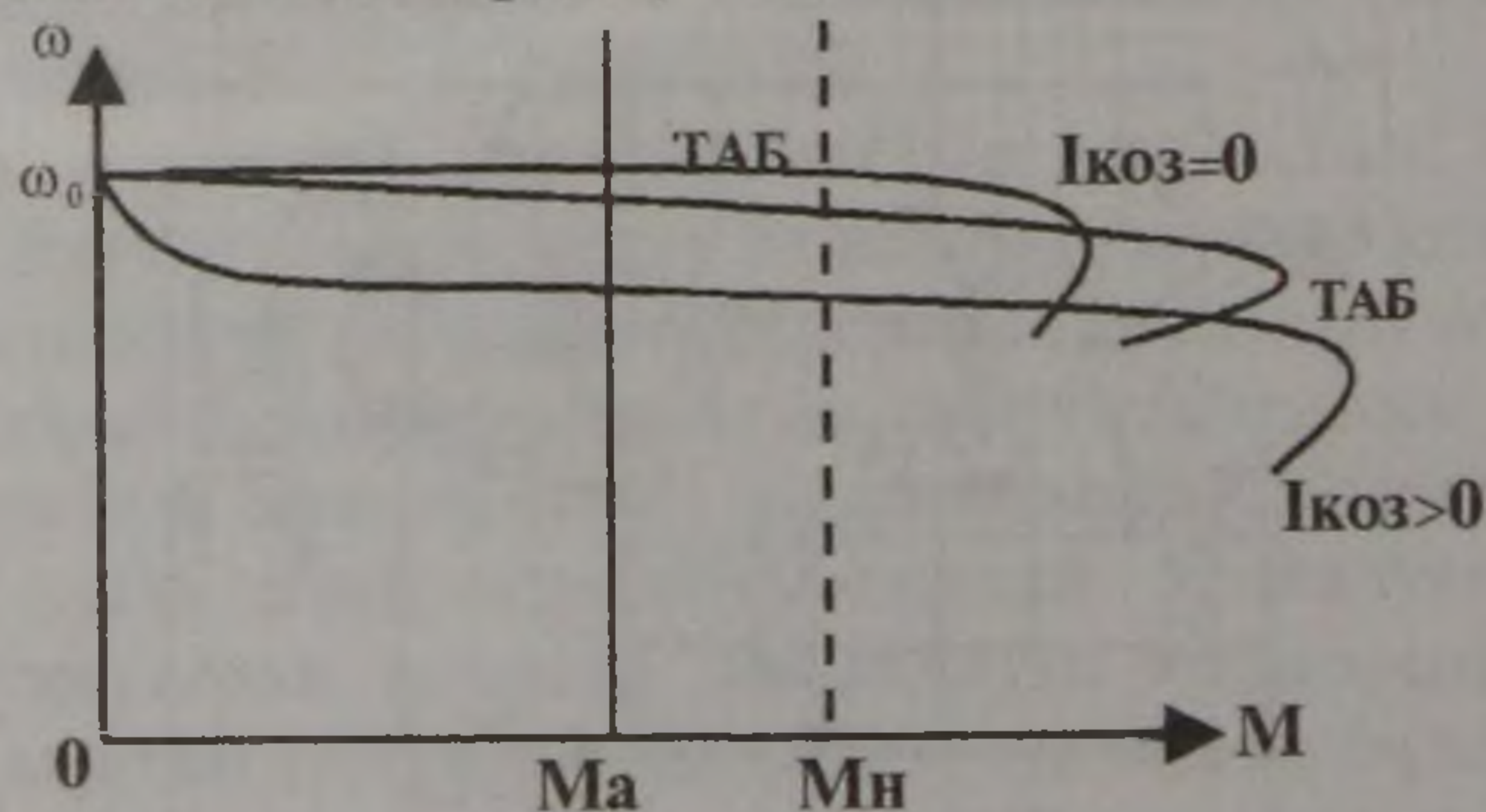
$$M = k' \Phi I_2 \cos \varphi_2 \quad (\Delta\Delta)$$

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (\Delta\Delta\Delta)$$

$$S = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$$

Басында $I_{\text{коз}} = 0$ болсын. АҚ бұл кезде табиғи сипаттамаға жақын сипаттамада жұмыс істейді де $M = M_c$ моментін дамытады. Бұл режимге қарсы мынадай бастапқы шамалар сәйкес келеді: $S, E_2, I_2, E_T, I_A; E_A = 0$. Енді $I_{\text{коз}}$ өскен болсын, $E_A > 0$ және 4-20 суретте көрсетілгендей таңбалы болсын. Бұл Δ/Δ -қа сәйкес I_D -ның төмендеуіне әкеп соғады, яғни I_2 мен M төмендейді.

Егер $M_c = \text{const}$ болса онда $\Delta\Delta\Delta/\Delta$ -ға сәйкес теріс динамикалық момент пайда болады да, жылдамдық төмендейді, ал сырғанау өсе бастайды. Сырғанаудың өсуі $*/$ - ға сәйкес E_2 - нын , және E - нын өсуіне әкеп соғады, осының арқасында, бастапқы жылдамдықтан төмен жылдамдық кезіндегі жаңа тұрақты режим $M = M_c$ пайда болғанша I_D, I_2 және M өсе береді /4-21 сурет/.



4-21 сурет. Каскадты АҚ механикалық сипаттамасы.

Бұл сүбеде шамамен $I_d E_A$ -ға тең сырғанау қуаты ТТҚ-ның қоздыру тізбегі арқылы E_A -ға әсер ету жолымен реттеледі де желіге беріледі. Мұндай каскадтар вентильді – машиналы электрлік каскад деп аталады. Басқа сүбелерде ВМ болмайды, ал Т.Т.Қ-ның білігі АҚ-нің білігімен байланысқан, осының арқасында сырғанау қуаты білікке беріледі /Электромеханикалық каскадтар/. Бұдан да басқа каскадтың сүбелері бар, бірақ жоғарыда қарастырылған жылдамдықты сырғанау қуатын өзгерту арқылы реттейтін қарапайым механизмді кезкелген сүбеден көруге болады.

Каскадты сүбедегі реттеудің негізгі көрсеткіштеріне баға берейік.

1. 4-20 суретте көрсетілген жылдамдықты реттеу бір аймақтық /зоналы/ төмен, түзеткіш бір бағытта ғана өткізеді. Екі зоналық реттеуі бар каскад сүбелерде болады.

2. Каскадтардағы реттеу диапазоны үлкен емес /1,2-1,5/: 1. Бұл, ротор тізбегіне қосылған әрбір элементтің берілген қуаты, сырғанау қуатымен анықталуына байланысты, және ең тиімді шешімді $P_1 S - P_1$ – ден едәуір аз болғанда алуға болады.

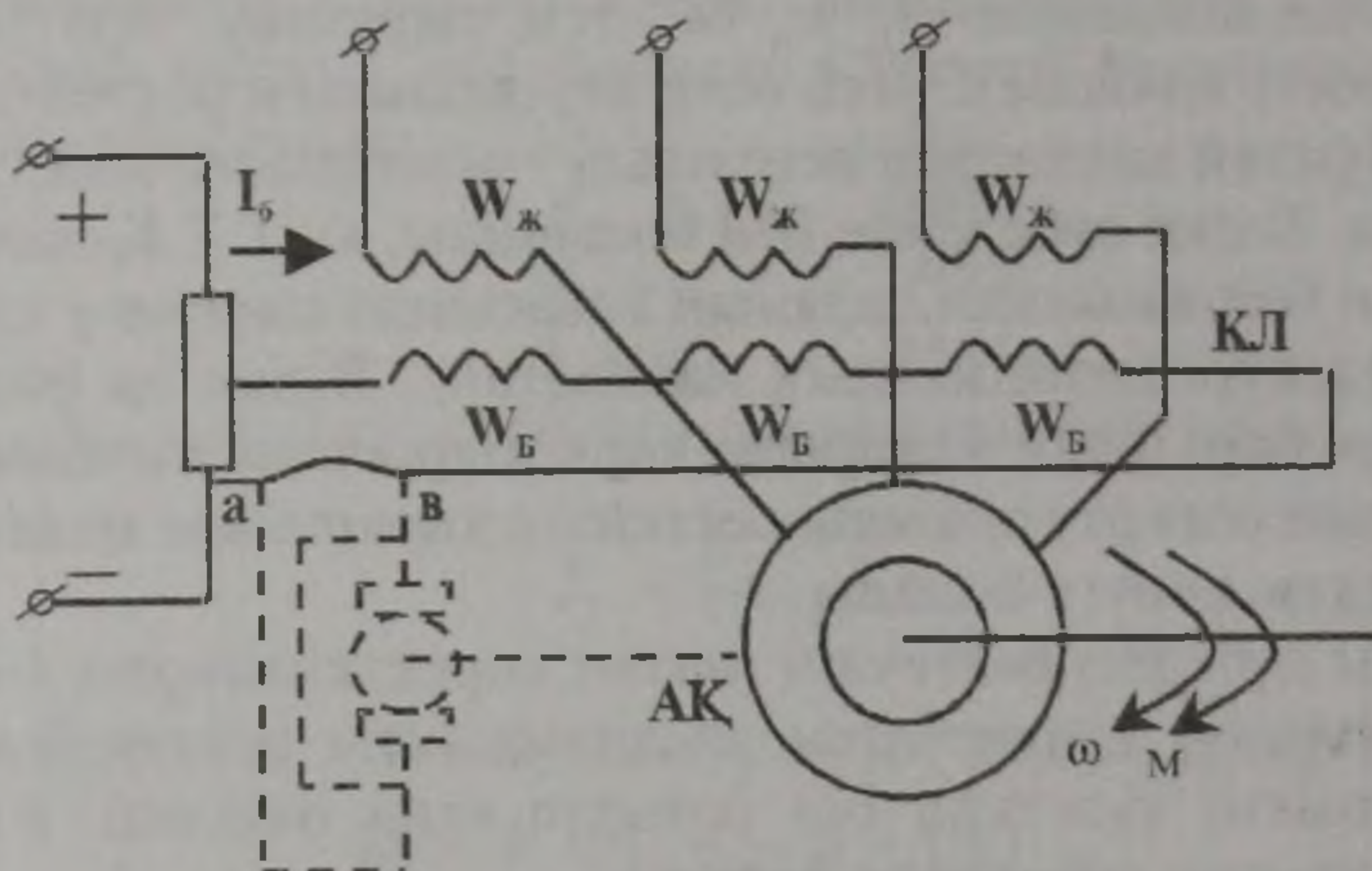
3.4. Сипаттамалар қатаң, жатық реттеу.

5. 4-20 суреттегі каскадта $M_k = M_n$ бірақ $P_k = \text{const}$ болатын да каскадтар бар.

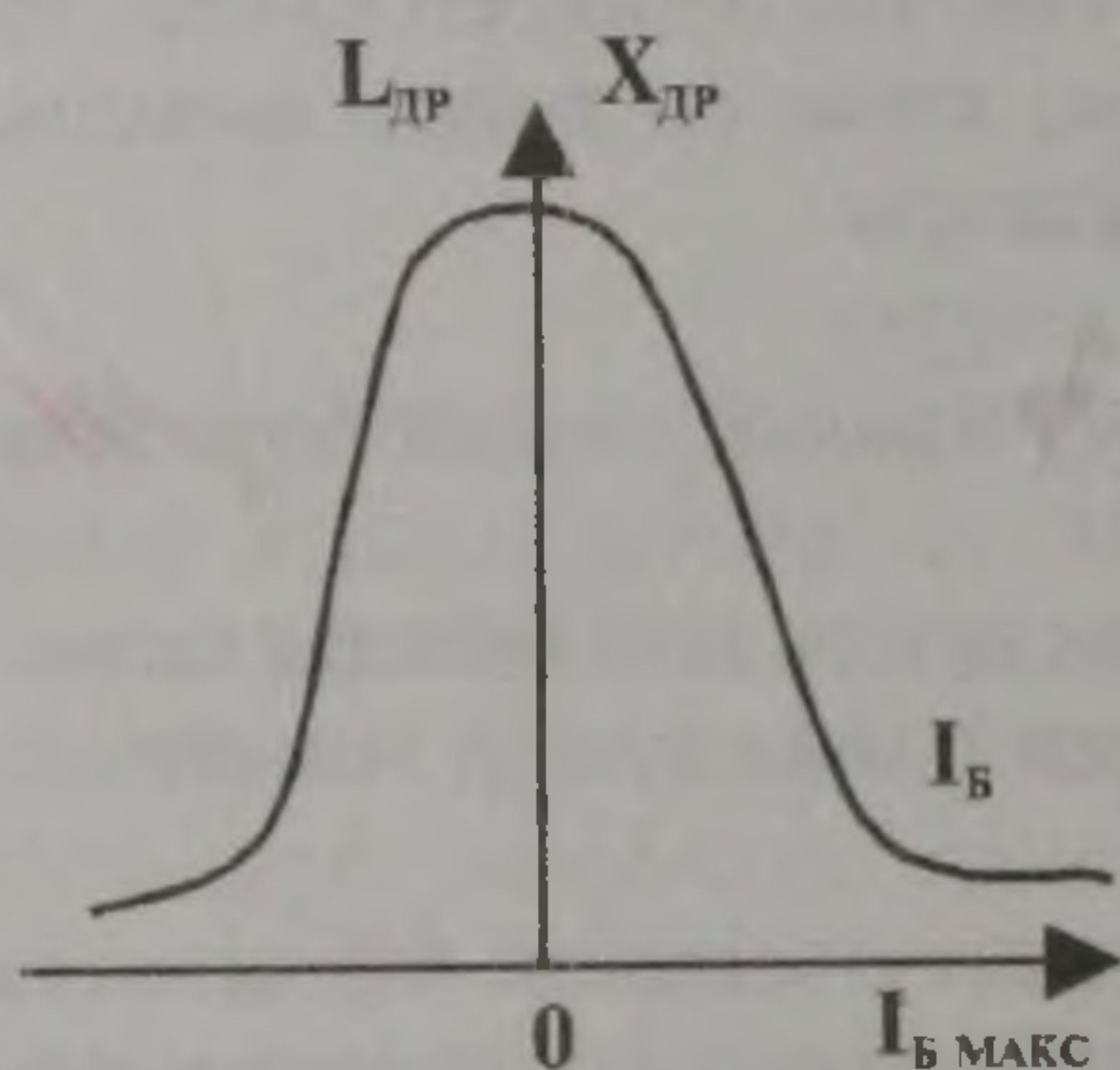
6. Жұмсалатын қаржы үлкен, бірақ қуаты көп болған кезде /жүздеген, мыңдаған кВт/ сырғанау қуатын пайдаланып энергияны үлкен мөлшерде үнемдеуге болады.

в/. Жылдамдықты реттеудің бірнеше тәсілдері АҚ-ын статорына берілген кернеуді өзгертуге негізделген. Бұл тәсілдерді қысқа тұйықталған роторлы қозғалтқыштардың да жылдамдығын реттеуге қолдануға болады. Осы тәсілдердің ерекшеліктерін жылдамдықты дроссельді реттеу мысалымен қарастырайық.

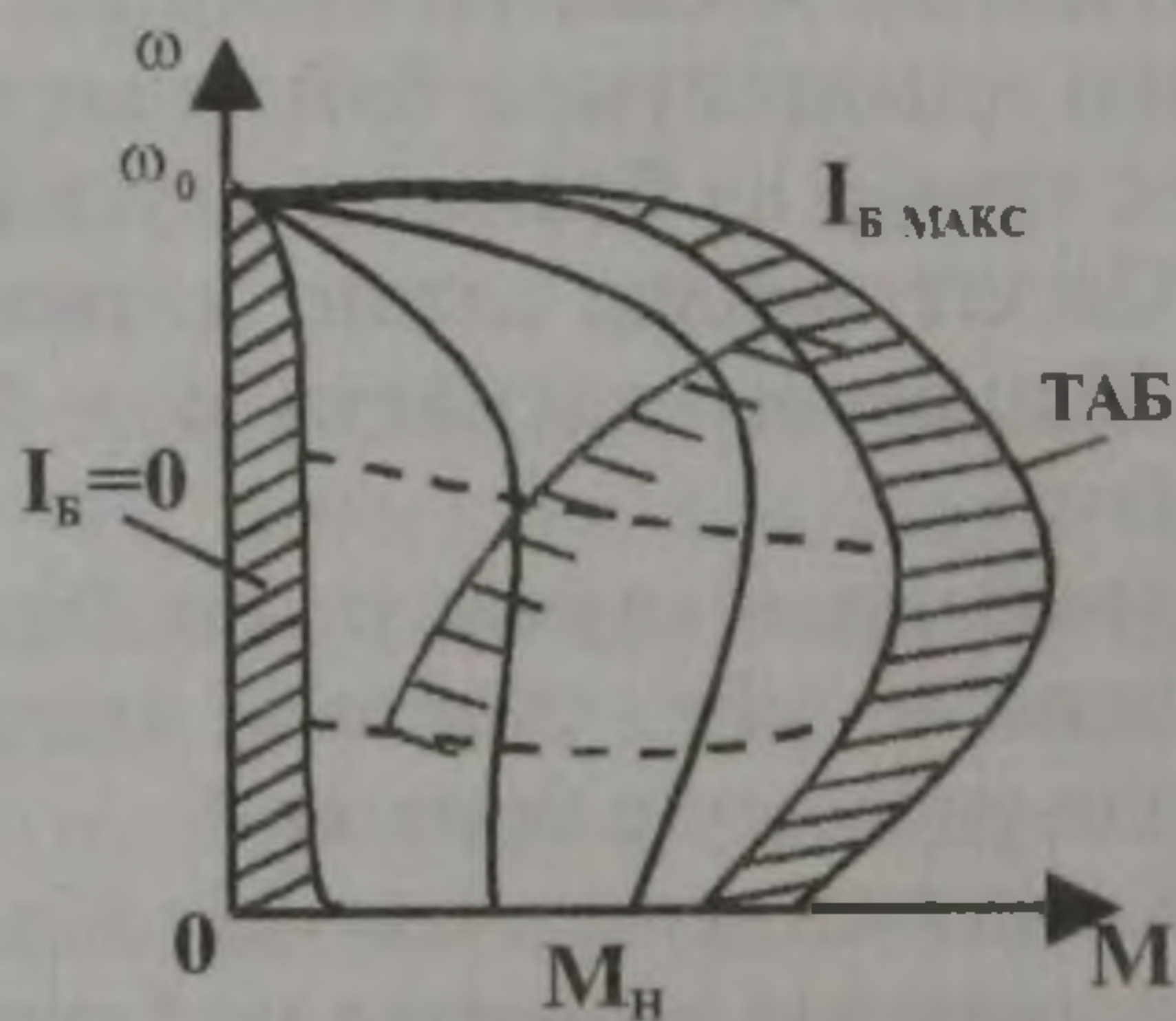
4-22 суретте дроссельді реттеудің қарапайым сүбесі көрсетілген. Қозғалтқыштың АҚ статор тізбегіне, кез-келген белгілі сүбе бойынша жасалған үш бір фазалы немесе бір үш фазалы қанығу дросселінің КД жұмысшы орамы ω_x қосылған. Басқару орамдары ω_B берілетін кернеу көзінен қоректенеді. Дроссельдің индуктивтілігі $L_{др}$, осыған орай оның индуктивтік кедергісі $X_{др} = 2\pi f_1 L_{др}$ магниттелу дәрежесіне, яғни басқару I_B тоғына тәуелді екенін білеміз.



4-22 сурет. АК дроссельмен жылдамдығын реттеу.



4-23 сурет. $L_{др}$ мен $X_{др}$ I_B - басқару тогымен байланыстылығы.



4-24 сурет. АК ортүрлі сипаттамалары.

4-23 суретте осындай байланыс шамамен көрсетілген. Егер $I_B = 0$, онда дроссельдің кедергісі күшті, оған желі кернеуінің көп бөлігі беріледі де, кернеудің ғана мөлшері қозғалтқышқа беріледі. Дроссель $I_{B \max}$ толық магниттенген кезде оған түсетін кернеу өте аз, бұл кезде бар кернеу қозғалтқышқа беріледі.

/4-7/ формуласы бойынша сипаттамаларды салу үшін X_1 -дің орнынан $X_1 + X_{др}$ шамасын қойып /4-4/ және /4-5/ тендеулерін қолдануға болады. Жасанды сипаттамалары 4-24 суретте бүтін сызықтармен көрсетілген. I_B -нің азаюы $X_{др}$ өсуі M_A мен S_A -ның азаюына әкеп соғады.

Дроссельдік реттеудің негізгі көрсеткіштері бойынша баға берейік.

1. Бір аймақтың реттеу-негізгі жылдамдықтан төмен 4-24 суретте көрсетілген штрихталған аймаққа жету өте қиын, өйткені $I_B = 0$ бол-

ған кезде $X_{ор} \neq \infty, 0; I_{\gamma \max}$ болған кезде $X_{др} \neq 0$.

2. Сипаттаманың бөліктерімен анықталатын $\beta < 0$ ажыратылған сүбедегі реттеу диапазоны тіпті жоғарғы кедергілі ротор тізбегі бар қозғалтқыштарды қолданса да аз. Сондықтан іс жүзінде түйық сүбелер қолданылады, мысалы 4-22 суретте a мен b нүктелерінің ортасына тахогенератор ТГ қосылады. Осындай сүбеде /2-7 қараңыз/ қатан сипаттамалар алуға болады /4-24 суретіндегі үзік сызықтар/. Мұндай кезде реттеу диапазоны 10:1 және одан да үлкен болуы мүмкін.

3.4. Жатық реттеу, түйық сүбелерде жылдамдықтың тұрақтылығы жоғары.

5. Мүмкіндік жүктеме мәселесін шешу үшін сырғанау қуатының формуласына назар аударайық.

$$\Delta P_2 = M \omega_0 S$$

Бұл қуат қысқа түйықталған роторлы қозғалтқыштар да роторды қыздырып ыдырап кетеді.

Мүмкіндік қуат мынаған тең:

$$\Delta P_{2\text{мүм}} = M_H \omega_0 S_H$$

Оң жақтарын бір-біріне теңестіріп алатынымыз

$$M_{\text{мүм}} = \frac{M_H S_H}{S} \quad /4-23/$$

яғни мүмкіндік момент сырғанау өскен сайын төмендей береді. /4-24 суретте штрихталған сызық/. Осындай көрсеткішке басқа да жолмен келуге болады: реттеу барысында $I < I_{1H}$ осыған байланысты Φ азаяды, яғни $M_{\text{мүм}}$ төмендеу керек.

Алынған нәтиже $\omega_0 = \text{const}$ болған кездегі қысқа түйықталған асинхронды қозғалтқыштардың жылдамдықтарын реттеу тәсілдерінің бәріне тиісті. Жылдамдықты төмендеткен кезде жүктемені азайтудың қажеттілігі, осындай реттеу тәсілінің қолдану аймағын шектейтін негізгі кемшілік болып табылады.

Бұл кемшілікті сырғанау энергиясының бір бөлігі қозғалтқыштан шығарылатын фазалы роторлы қозғалтқыштарда аздап түзетуге болады. Мұндай жағдайда дроссель статорға ғана емес, ротор тізбегіне де қосылуы, дроссельдік реттеу реостаттық реттеумен т.б. бірігуі мүмкін.

6. Дроссельдік және басқа да осыған ұқсас реттеулерге жұмсалатын қаржыны есептегенде жүктеменің сипаттамасын ескерген жөн. Егер жүктеме қозғалтқышпен дамытылған моменттің тұрақтылығын қажет етсе, онда қысқа түйықталған қозғалтқыштың берілген қуатын

$\frac{S}{S_H}$ рет көбейту керек, бұл ұзақ та, қымбат есептеулерді қажет етеді.

Егер жүктеме вентиляторлық сипаттамада болса, яғни $M(\omega)$, $M_{\text{мүм}}$

(ω) - ға сәйкес келсе, онда дроссельдік реттеу өте тиімді болар еді. Бұл жағдай дроссельдік және басқа да осыған ұқсас реттеу тәсілдерінің қолдану аймақтарын анықтайды, яғни агрессивті ортада және ұшқын шығатын электрлік байланыстарды қоюға болмайтын жерлерде желдеткішті жүктемелі электрқозғалтқыштар жұмыс істейді.

Соңғы жылдарда тиристорлар қолдану арқылы асинхронды қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеудің бірқатар тәсілдері табылады. Атап айтқанда, мұндай тәсілдерге статордың әрбір фазасына екі тиристорды қарама-қарсы параллель қосатын фазалық реттеу жатады. Тиристордың қосылу бұрышын α /фаза/ басқару арқылы статорға қойылған кернеуді $U_{1H}(\alpha = 0)$ -дан 0-ге $/180 \approx \alpha /$ өзгертуге болады. Сипаттамалары мен көрсеткіштері жағынан бұл тәсіл дроссельдік реттеуге ұқсас, айырмашылығы сол, мұнда $X_1 + X_2^1$ өзгермейді.

4.5. ω_0 – ДІ ӨЗГЕРТУ АРҚЫЛЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ РЕТТЕУ

Алдыңғы параграфта көрсетілгендей $\omega_0 = \text{const}$ болған кезде асинхронды қозғалтқыштардың жылдамдықтарын барлық реттеу тәсілдерінің негізгі кемшілігі – реттеудің жылжу қуатымен байланыстылығы $\Delta P_2 = M\omega_0 S$, бұл қуат не жылу түрінде ыдырап кетеді, не пайдаға асыру үшін өте күрделі құрылғыны қажет етеді, не пайдаға асыру үшін өте күрделі құрылғыны қажет етеді, немесе мүмкіндік жүктемені шектейді.

Реттеуді t_1 мен P -ға тәуелді ω_0 -ға әсер ету арқылы жүргізсек бұл кемшіліктен құтылуға болады.

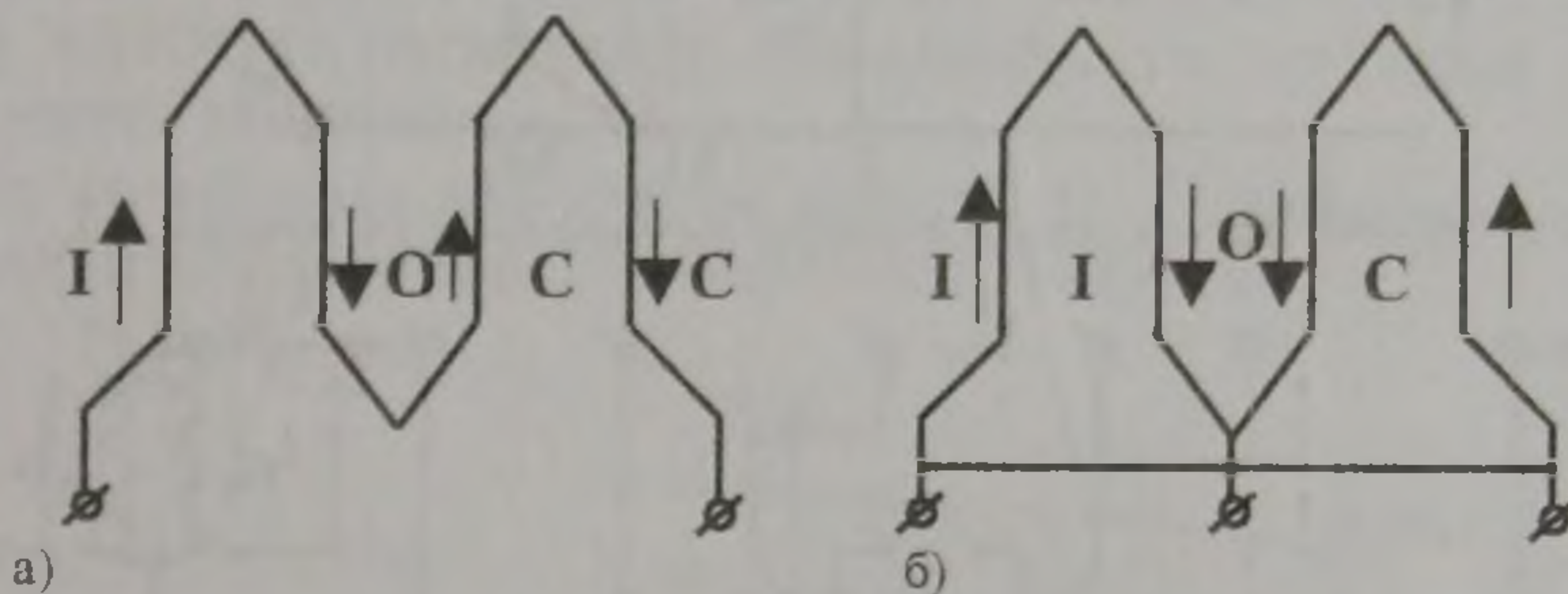
$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{P}$$

а/. Жұп полюстер P санын өзгертуге негізделген жылдамдықты реттеу тәсілін қарастырайық. Қозғалтқыштың статорлық орамын бір жұп полюстер санынан екіншісіне ауыстырып қосу арқылы, қозғалтқыштың жылдамдығын сатылай өзгертуге болады. Асинхронды машинадағы айналу моменті тек статор мен ротордың жұп полюстер саны тең болған кезде ғана пайда болғандықтан фазалы роторлы қозғалтқыштарда статор орамындағы жұп полюс санының ауыстырып қосылуы ротор тізбегіндегі ауыстырылып қосылуымен бірге жүреді. Бұл қосымша алты сақинаның қойылуының және ротор орамының тоғыз ұшын шығаруды қажет етеді, бұл жағдайда машинаның конструкциясы күрделене түседі. Қысқа тұйықталған ротордың автоматты түрде статор орамының жұп полюстер санына тең, полюс санын тудыратын қасиеті бар, сондықтан қысқа тұйықталған роторлы

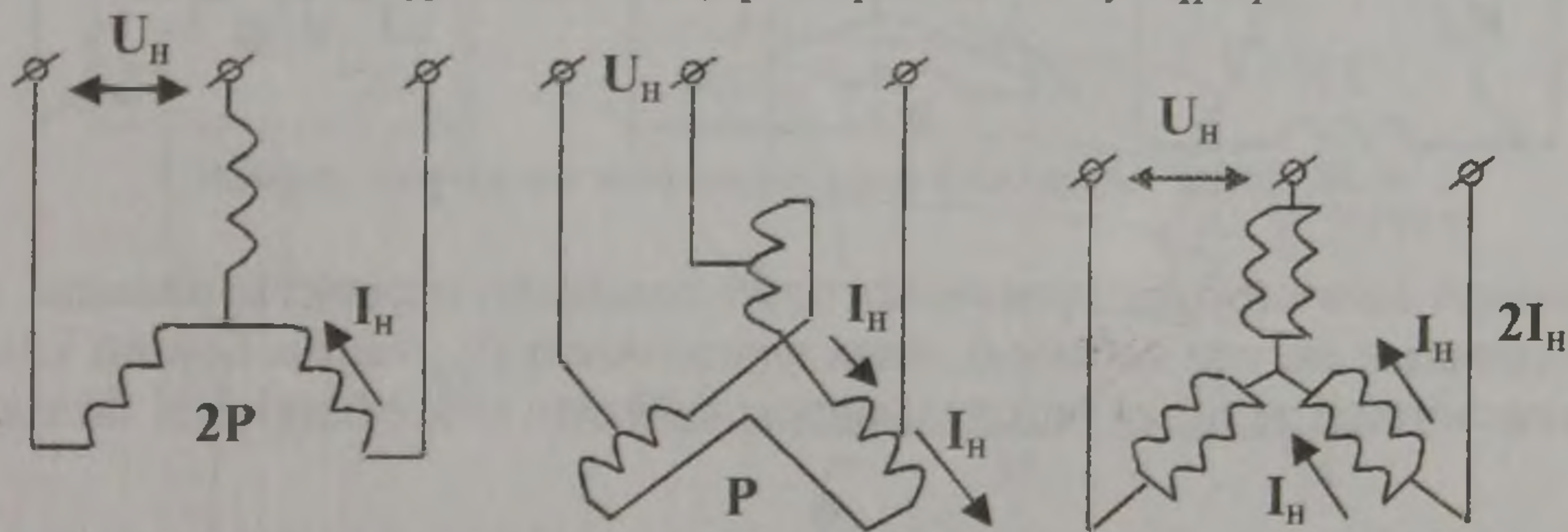
қозғалтқыш көп жылдамдықты қозғалтқыш ретінде қолданылады. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың жұп полюстер санын өзгерту үшін, екі жарты орамнан /4-25а сурет/ параллель қосуға /4-25б сурет/ ауыстыру керек.

Статор орамының қосылу тәсілдеріне байланысты, қарастырылып отырған жылдамдықты реттеудің екі модификациясы болуы мүмкін. Ол модификациялардың жоғарғы және төменгі жылдамдықтарда жұмыс кезіндегі мүмкіндік жүктеме жағынан алып қарағанда әртүрлі қасиеттері бар.

Статор орамын төменгі жылдамдықтан жұлдызшаға және оны жұп жұлдызшаға /4-26 сур./ ауыстырып қосқан кезде, номинал тоқ кезінде де қозғалтқыш тұтынатын қуат пен жылдамдық екі есе көбейеді, яғни бұл сүбеде екі жылдамдықты қозғалтқыш $M_{\text{мүм}} = M_{\text{н}}$ болған кезде жұмыс істейді және сипаттамалары 4-27 сур. көрсетілгендей болады.



4-25 сурет. а,б – АҚ орамдарының қосылу түрлері.



4-26 сурет. АҚ екі жылдамдықты полюстер санын өзгерту арқылы алатын сүбе.

Шынында да

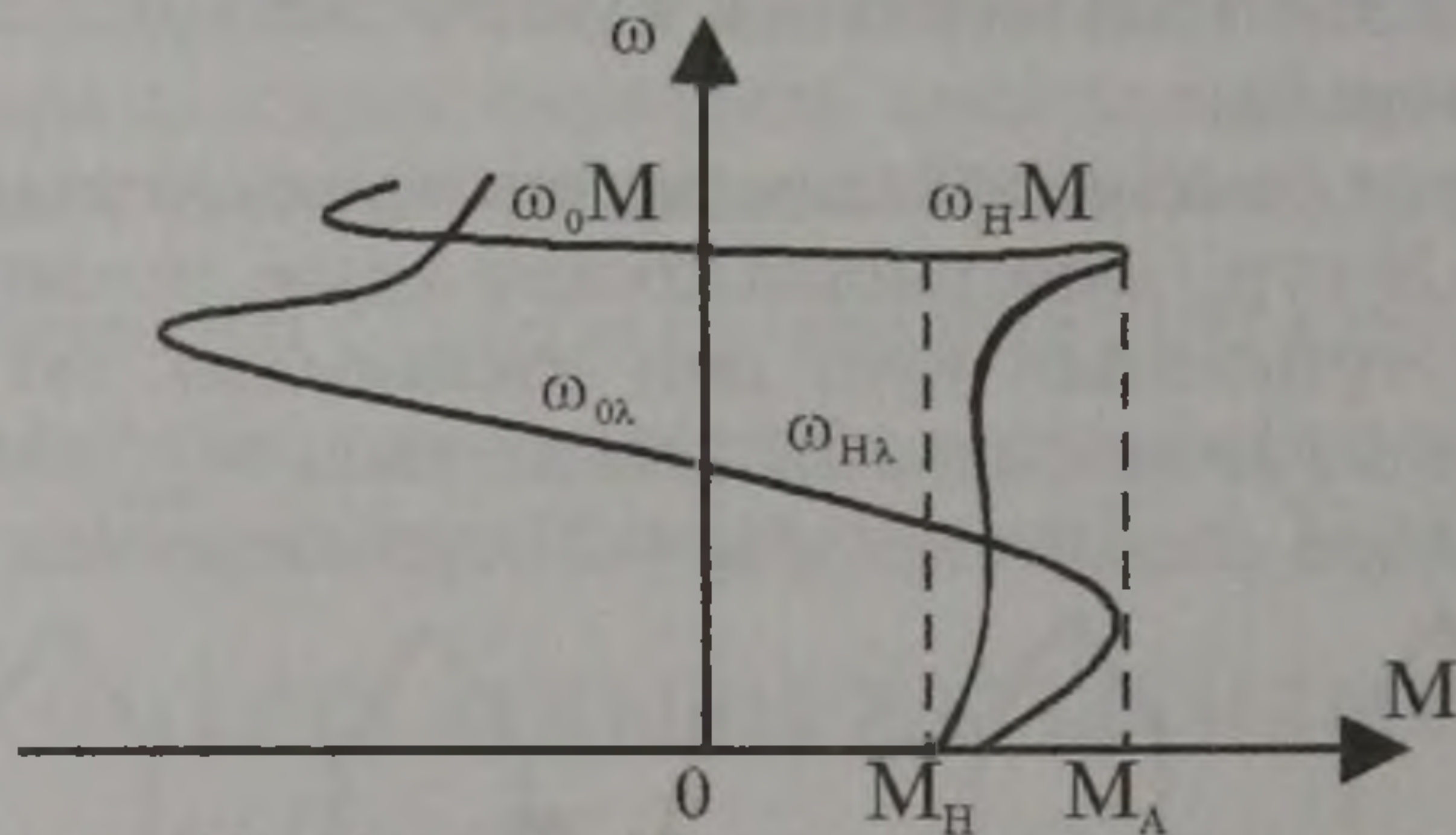
$$P_{\text{н}\lambda} = 3 \frac{U_{\text{1H}}}{\sqrt{3}} I_{\text{1H}} \cos \varphi_{\text{н}\lambda} = \sqrt{3} U_{\text{1H}} I_{\text{1H}} \cos \varphi_{\text{н}\lambda}$$

$$P_{\text{н}\lambda\lambda} = 3 \frac{U_{\text{1H}}}{\sqrt{3}} 2I_{\text{1H}} \cos \varphi_{\text{н}\lambda\lambda} = 2\sqrt{3} U_{\text{1H}} I_{\text{1H}} \cos \varphi_{\text{н}\lambda\lambda}$$

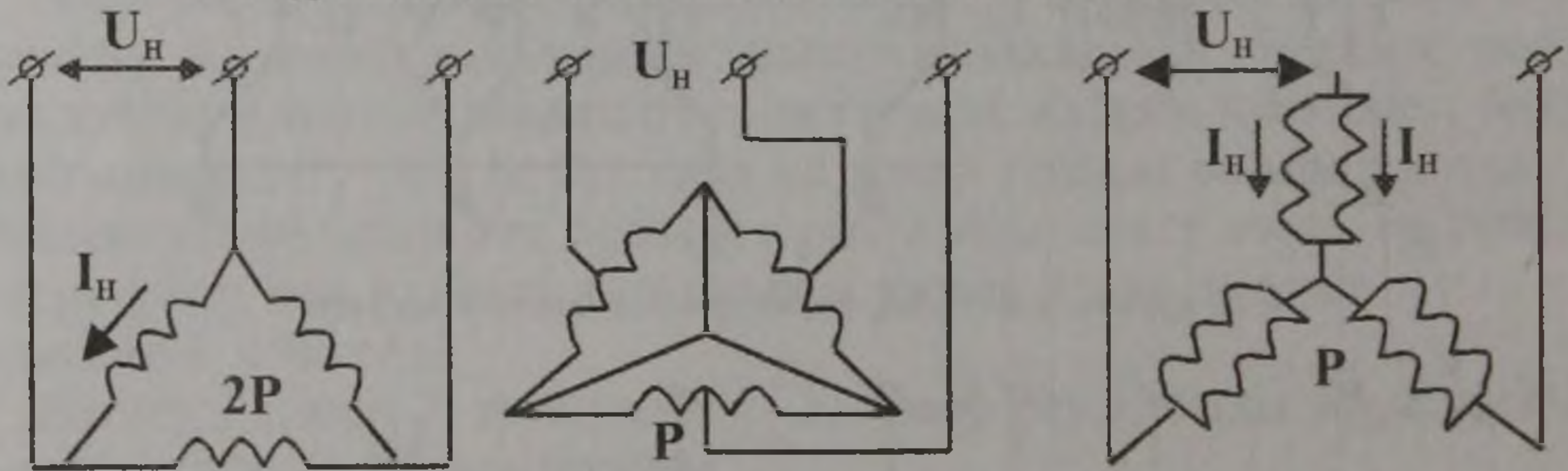
Номинал жүктемеде $\cos \varphi_{H\lambda} \approx \cos \varphi_{H\lambda\lambda}$ болғандықтан $P_{H\lambda\lambda} \approx 2P_{H\lambda}$ болады.

Осындай қатынас қозғалтқыштардың жылдамдықтарының арасында да болады, сондықтан да қозғалтқыштың мүмкіндік моменті өзгеріссіз қалады.

Статор орамын төменгі жылдамдықта, үшбұрышқа және жоғары жылдамдықта жүйе жұлдызшаға қосқан кезде /4-28 сур./ номинал ток

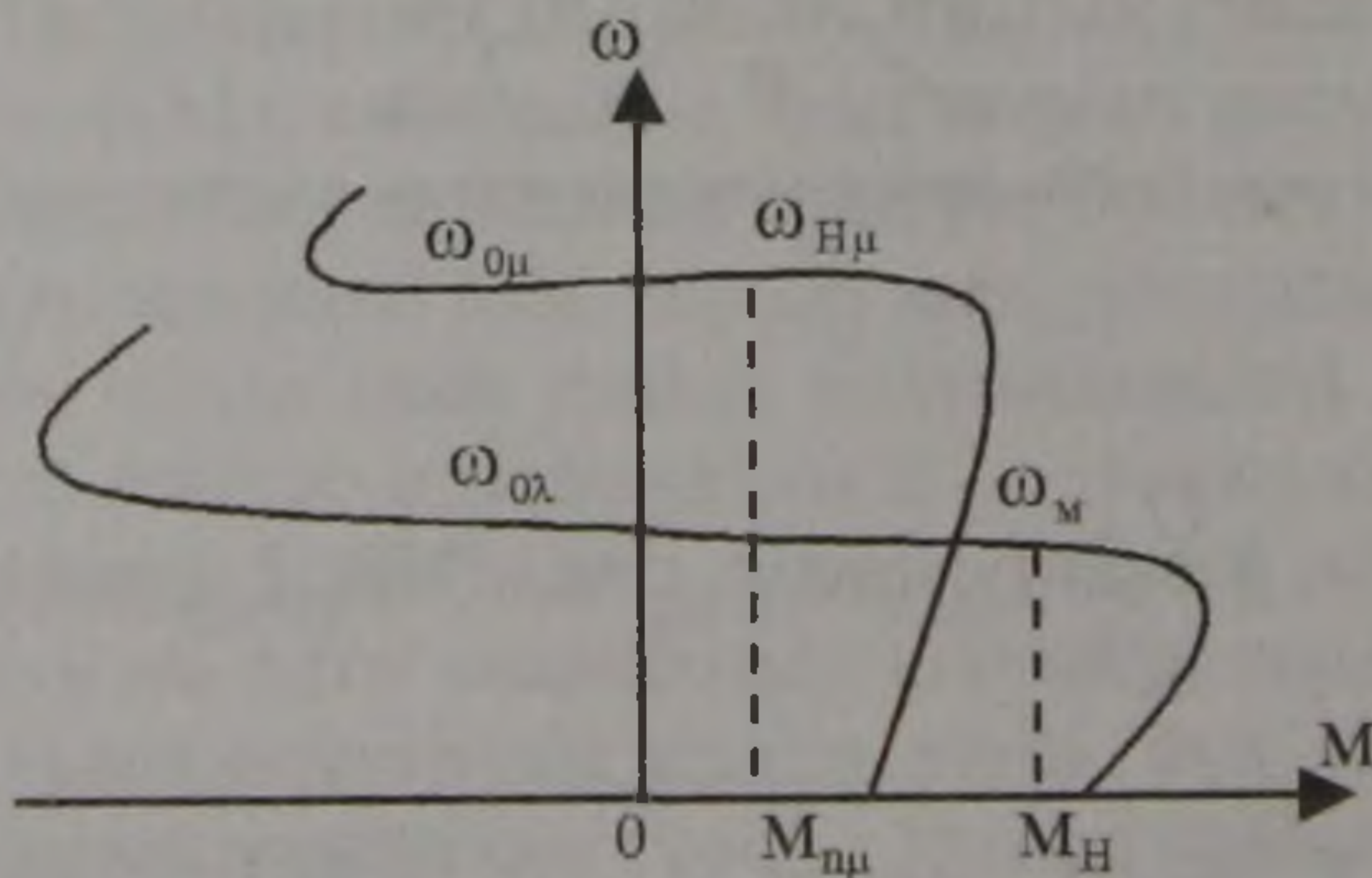


4-27 сурет. АҚ екі жылдамдықты механикалық сипаттамасы.



4-28 сурет. АҚ орамдарының полюстерін өзгертетін түрлері.

кезіндегі қозғалтқыш тұтынатын қуат шамамен өзгеріссіз қалады, ал жылдамдық екі есе көбейеді, яғни қозғалтқыш $P_{мүм} = \text{const}$ болған кезде жұмыс істейді де оның сипаттамалары 4-29 сур. көрсетілгендей болады.



4-29 сурет. Екі жылдамдықты АҚ механикалық сипаттамалары.

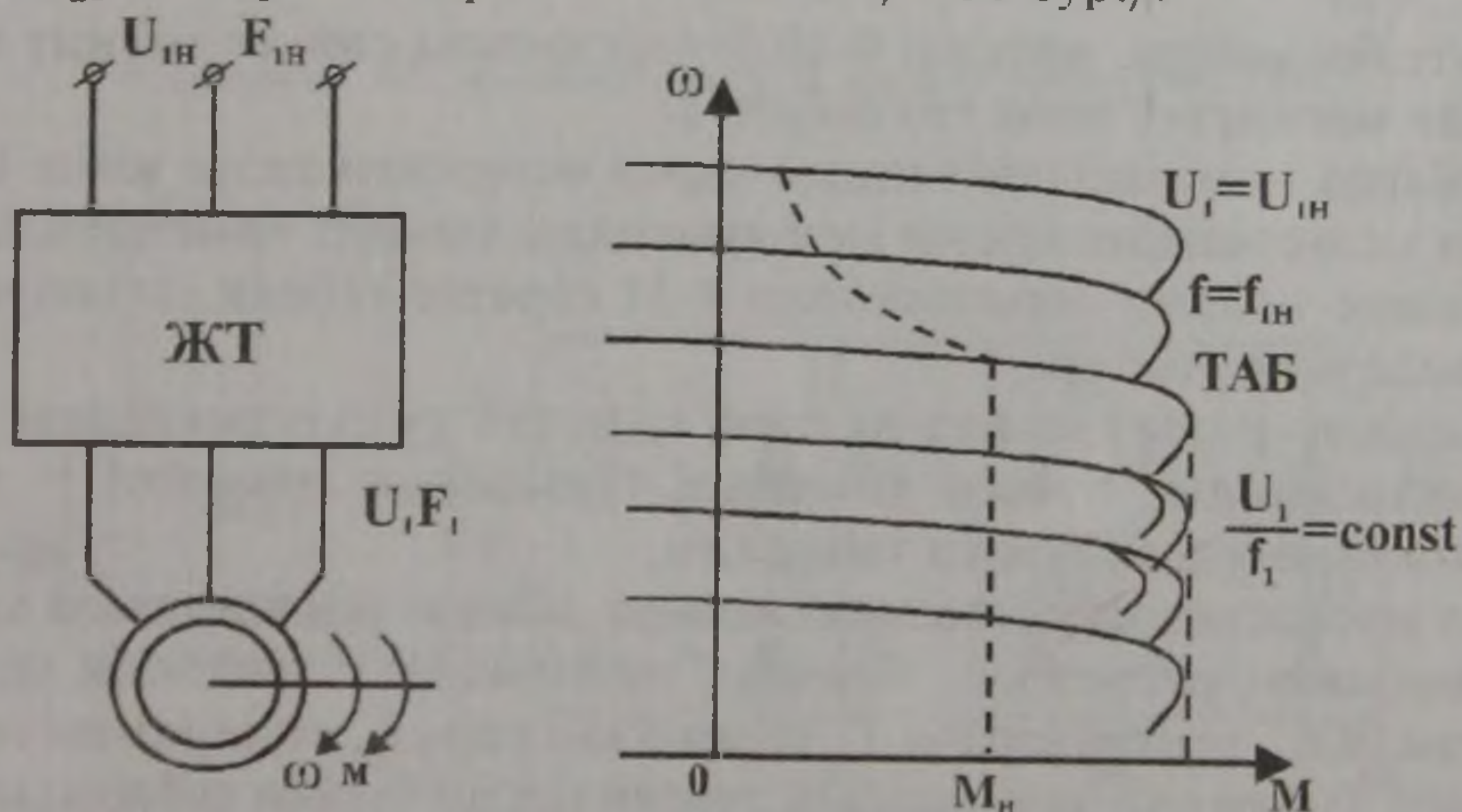
Егер қозғалтқыштың статорын екі тәуелсіз ораммен қамтамасыз етсе және олардың әрқайсысын тізбектеліп қосудан параллель қосуға ауыстырса, онда төрт синхронды жылдамдық алуға болады, мысалы 3000/3500/1000/500 айналым /мин немесе 1500/1000/750/500 айналым/ мин, бұл кезде реттеу диапазоны $D=6$ немесе $D=3$ тең.

Қарастырылып отырған тәсіл механикалық сипаттамасының қатаңдығын төмен түсірмей, жылдамдықты сатылап өте тиімді реттеуге жағдай туғызады. Бірақ көп жылдамдықты қозғалтқыштың габариты /сыртқы пішіні/ қуаты жағынан бірдей бір жылдамдықты қозғалтқышпен салыстырғанда үлкен, ал эксплуатациялық көрсеткіштері /КПД, $\cos \varphi$ / біршама төмен.

Қарастырылған реттеу тәсілінің басты кемшілігі, оның сатылығы болып табылады.

б/. ω_0 -ді өзгертудің тағы бір түрі қоректендіруші желінің кернеуінің жиілігін өзгертуге негізделген. Жылдамдықты реттеудің бұл тәсілі жиілік реттеу деп аталады.

Біздің қолымызда кез-келген қажетті U_1, f_1 шамасын ала алатын жиілік түрлендіргіші бар деп есептейік /4-30 сур./.



4-30 сурет. АҚ жылдамдығын жиілік түрлендіргіші (ЖТ) арқылы реттеу сүбесі.

4-31 сурет. АҚ жиілікті өзгерту арқылы жететін механикалық сипаттамасы.

Қарапайым болу үшін $r_1 = 0$ және

$$U_1 \approx E_1 = 4,44 f_1 \omega_1 \Phi k_{OP}, \text{ олай болса}$$

(4-5) шығатыны:

$$M_a \approx \frac{3U_{1\Phi}^2}{2\omega_0 X_k} \quad /4-24/$$

мұндағы $X_k = X_1 + X_2'$

$$S_A \approx \frac{Z_2'}{X_K} \quad /4-4,a/$$

Жиілікті номиналдан төмен қарай өзгертіп және магнит ағынын өзгеріссіз қалдыру үшін, кернеуді U_1 өзгерту керек, яғни

$$\frac{U_1}{f} = \frac{U_{1H}}{f_{1H}} = const \quad 4-26$$

Реттеудің бұл заңы іс жүзінде жиі қолданылады. Бұған 4-31 суреттегі табиғи сипаттамадан төмен орналасқан жасанды сипаттамалар сәйкес келеді. Алынған жорамалымыз бойынша ауыспалы момент іс жүзінде төмен болған кезде ω_{MAX} -мен бірдей болады, осыған байланысты ауыспалы момент /4-31 сурет/ үзік сызықпен көрсетілгендей төмен кұлайды /4-5 қара/. Төменгі жиілікте мұны болдырмау үшін кернеуді біршама көбейтеді.

$U = U_{1H} = const$ болған кезде жиілікті азайту арқылы жылдамдықты реттеуге болмайды, өйткені 4-10 формуласына сәйкес магнит ағыны өседі де магниттеу тоғы тез көбейеді.

Жиілікті номиналдан жоғары қарай өзгерткен кезде және $U = U_1$ болған кезде магнит ағыны мен ауыспалы момент төмендейді: осыған сәйкес келетін сипаттамалар 4-31 суретте табиғи сипаттамадан жоғарыда көрсетілген.

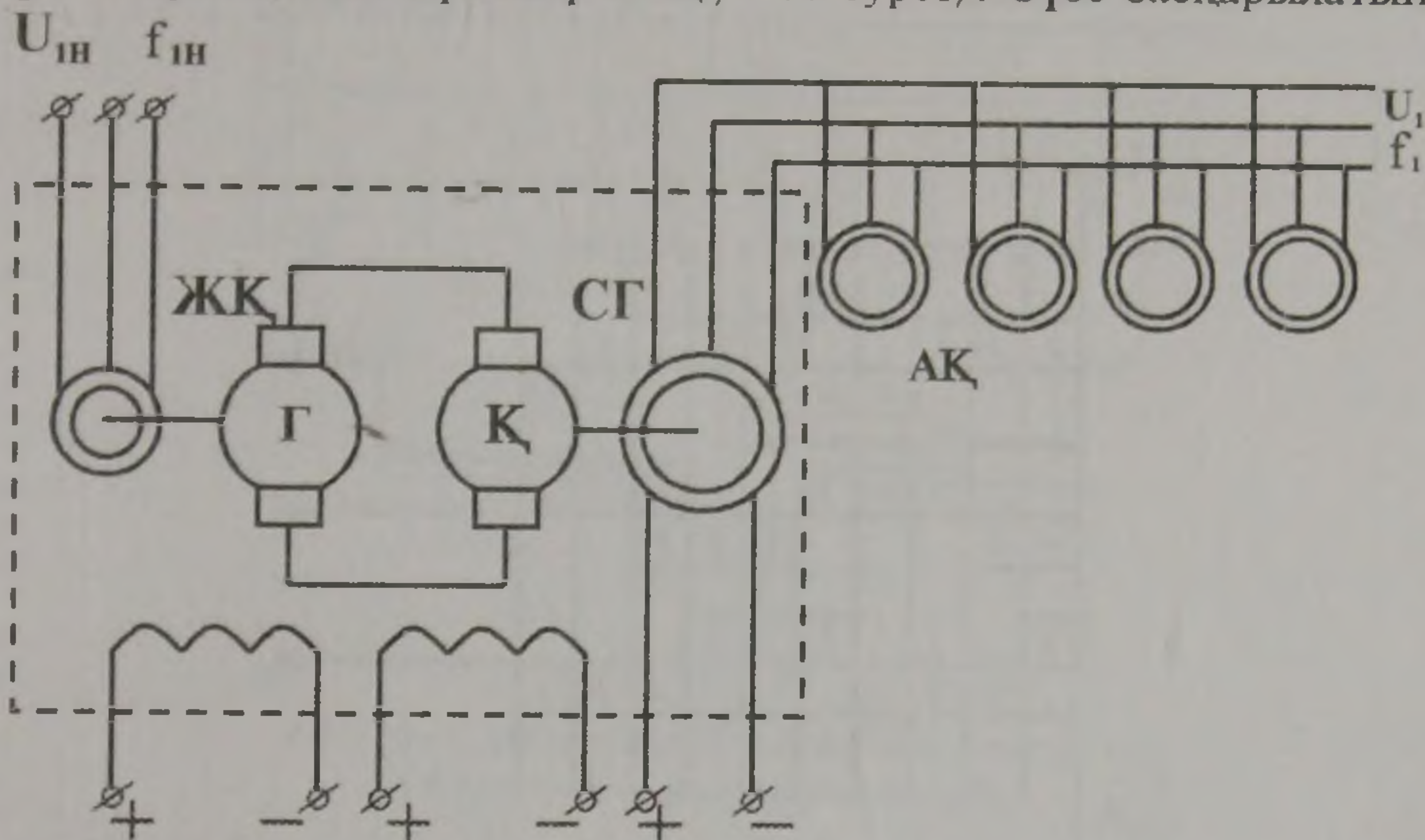
Жиілікті реттеуде кез-келген қажетті сипаттамаларды алуға мүмкіндік туады. Бұның қиындық тудыратын мәселесі — жиілік түрлендіргіш жасау болып табылады.

Бұл мәселенің классикалық шешімі, айналу жылдамдығы қажетті t_1 шамасымен реттелетін, бірнеше машинадан — жетектік қозғалтқыштан ЖК, генератордан Г, қозғалтқыштан Қ, синхронды генератордан СТ тұратын машиналық түрлендіргіш болып табылады /4-32 сурет/. Машиналық түрлендіргіштің кемшіліктері: күрделілігі, үлкендігі, энергетикалық көрсеткіштерінің төменділігі. Бұны тек көптеген қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар бірдей айналған кезде олардың жылдамдықтарын реттеу үшін ғана қолданылады.

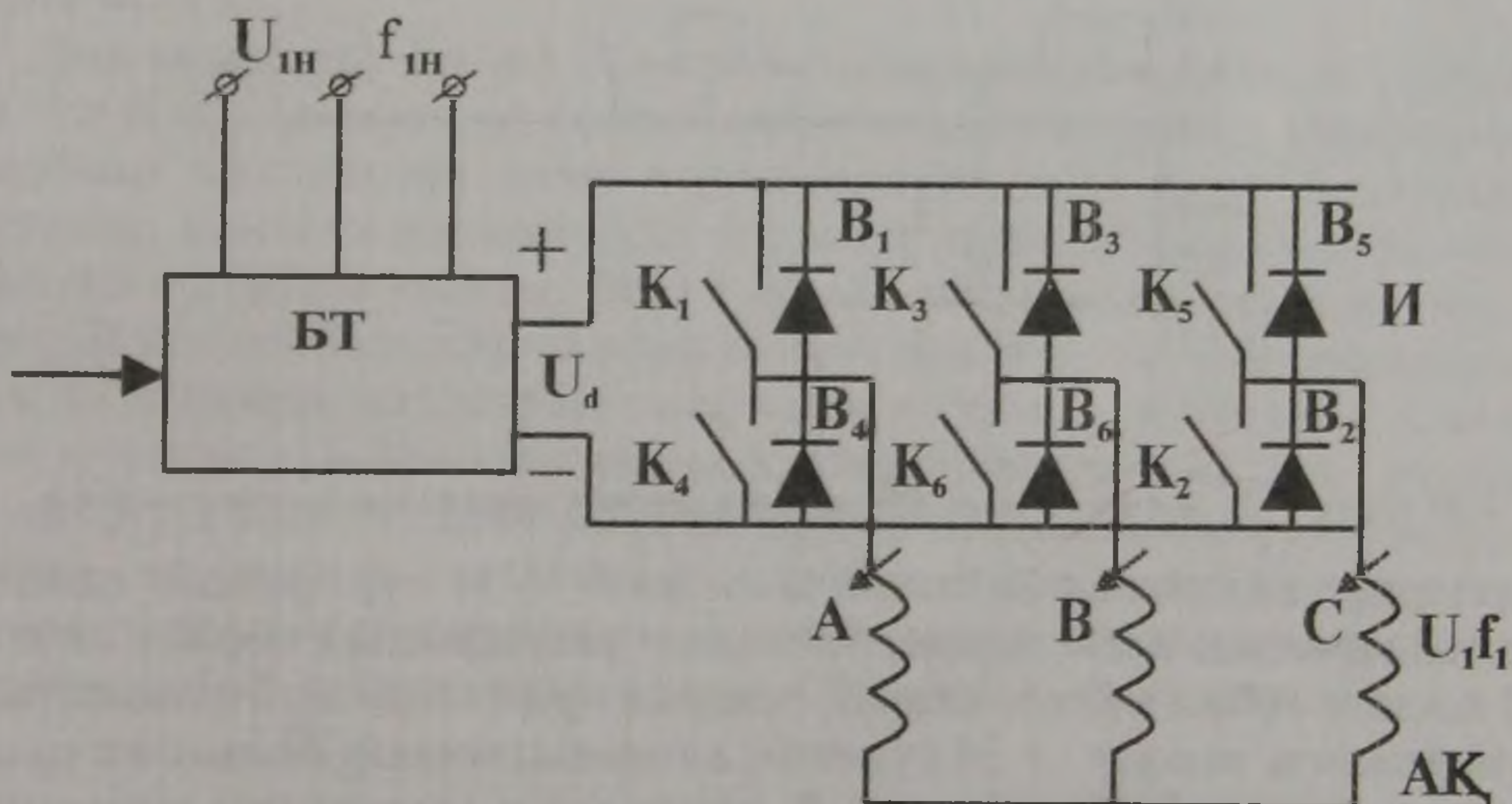
Соңғы жылдарда тиристорлар негізінде статикалық жиілік түрлендіргіштерін ЖТ-нің шығару қарқынмен жүргізілуде.

Осындай ЖТ-ның екі түрі — тұрақты ток звеносы анық көрсетілген түрлендіргіш және тікелей байланыстағы түрлендіргіш бар. Бұлардың әрбір түрі әр алуан сүбелермен жасалуы мүмкін, және де бұлардың көп түрлілігі соңғы жылдарда көптеп байқалуда.

Тұрақты тоқ звеносы анық көрсетілген жиілік түрлендіргішінің жұмыс принципін қарастырайық /4-33 сурет/. Сүбе басқарылатын



4-32 сурет. АҚ жылдамдығын Г-Қ арқылы реттейтін сүбе.

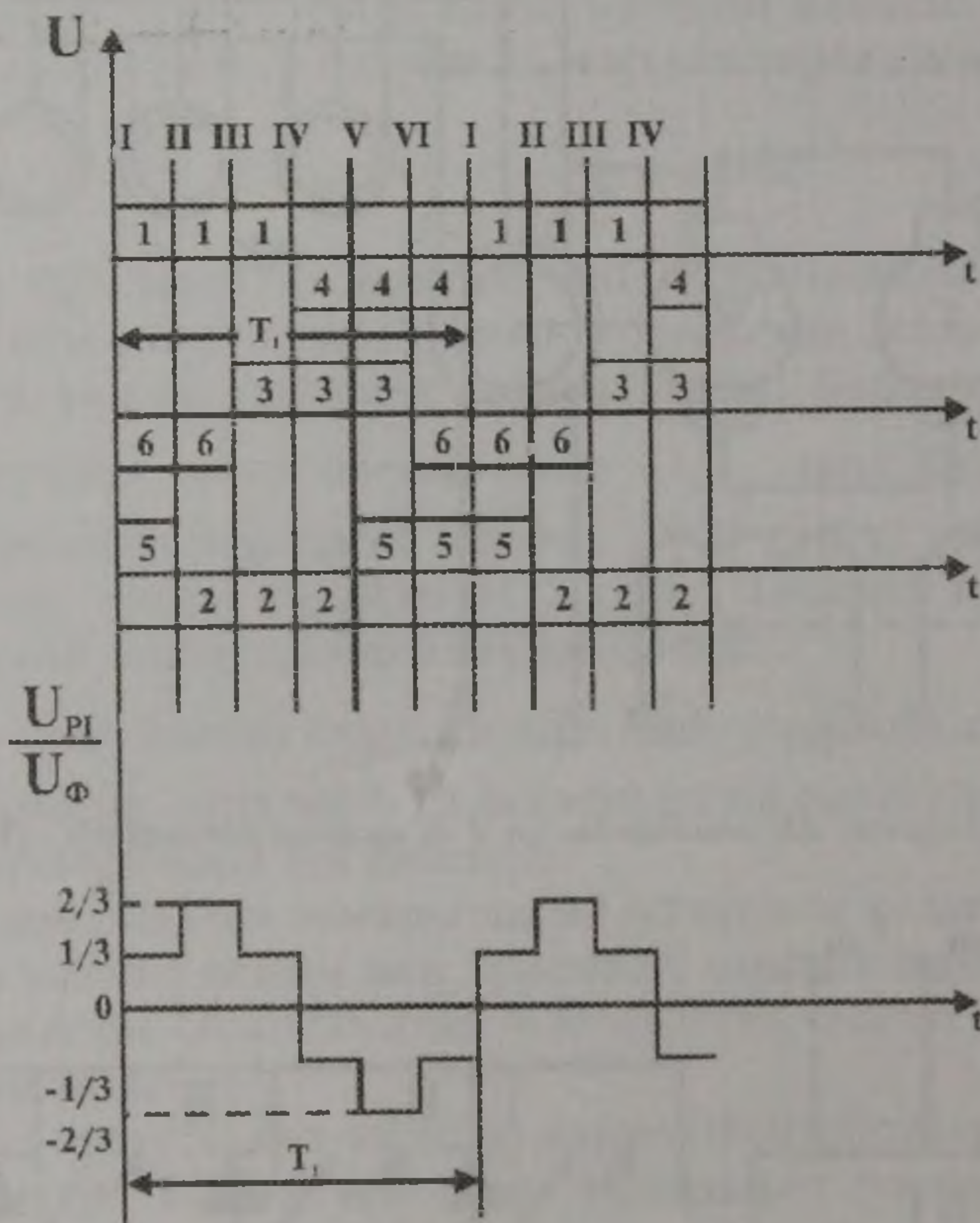


4-33 сурет. АҚ жылдамдығын басқарылатын түрлендіргіш (БЖ) арқылы реттейтін сүбе.

түзеткіштен БТ, және көпірлік сүбе бойынша жиналған алты кілттен $K_1 - K_6$ /бұлардың қайсысы вентильмен $B_1 - B_6$ шунтталған/ тұратын автономды инвертордан И тұрады. Басқару сүбесі /4-33 сур.

көрсетілген/ талап етілген жиіліктегі $f_1 = \frac{1}{T_1}$ кілттердің ажырап,

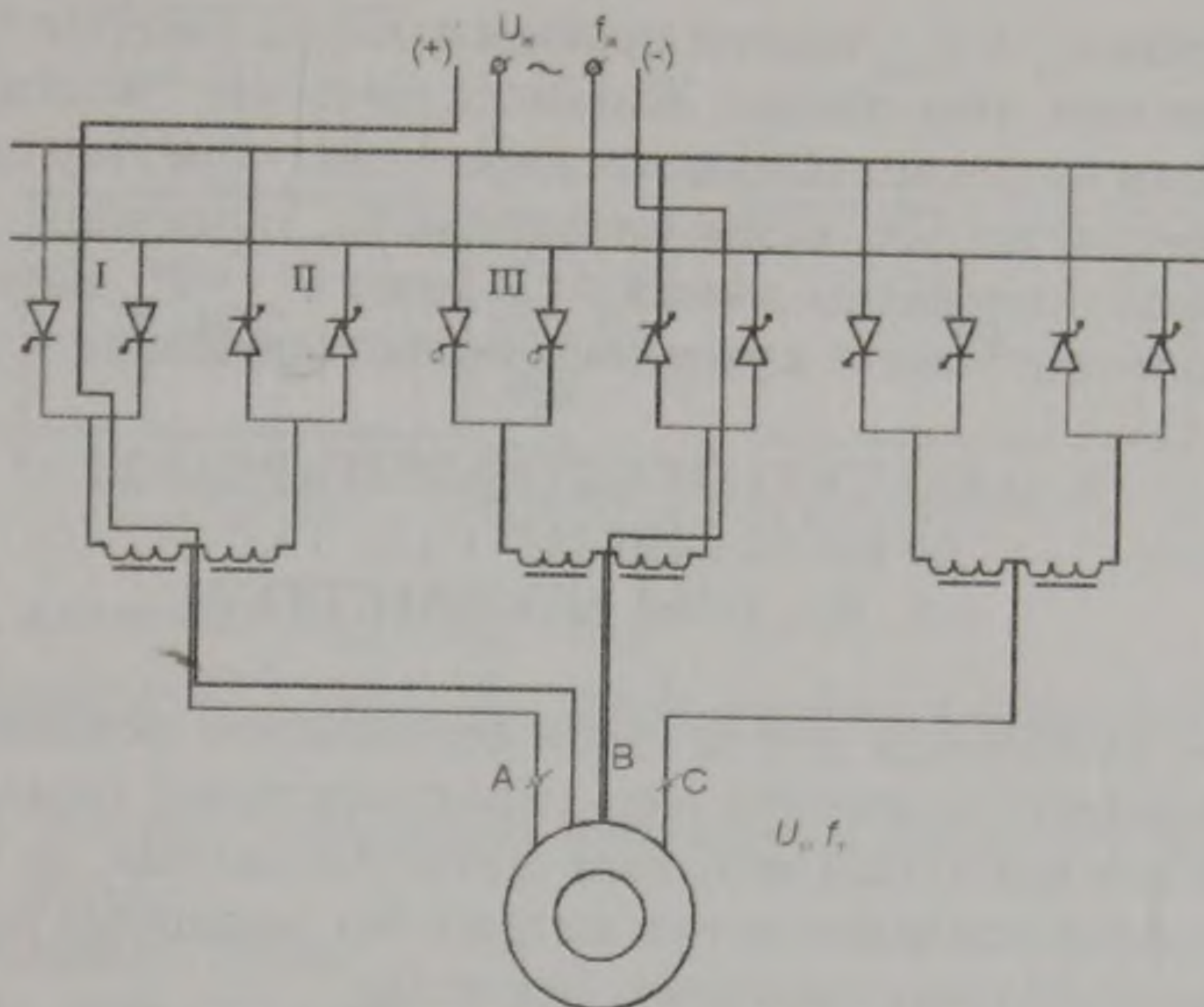
қосылуын қамтамасыз етеді /4-34 сур. мұнда араб сандары қосылған кезге сәйкес келеді/.



4-34 сурет. АҚ жылдамдығын БЖ арқылы реттеу механикалық сипаттамасы.

Кілттердің ажыратылған және қосылған /4-34 сур. римдік сандар жағдайларының алты түріне, АҚ-ның орамдарының кернеу көзіне U_d қосылу сүбесі сәйкес келеді, осының арқасында қозғалтқыштың фазасындағы кернеу 4-34 суреттің астыңғысындай болып өзгереді /А фазасы үшін/. Вентильдер В жүктеменің индуктивті сипатына сәйкес токтың реактивтік құрамаларын өткізу үшін қолданылады, I_1 шамасы I_d -ны өзгертумен реттеледі. Бұл қарастырылған мысал тұрақты ток звеносы анық көрсетілген жиілік түрлендіргішінің құрылу принципі туралы жалпы түсінік береді.

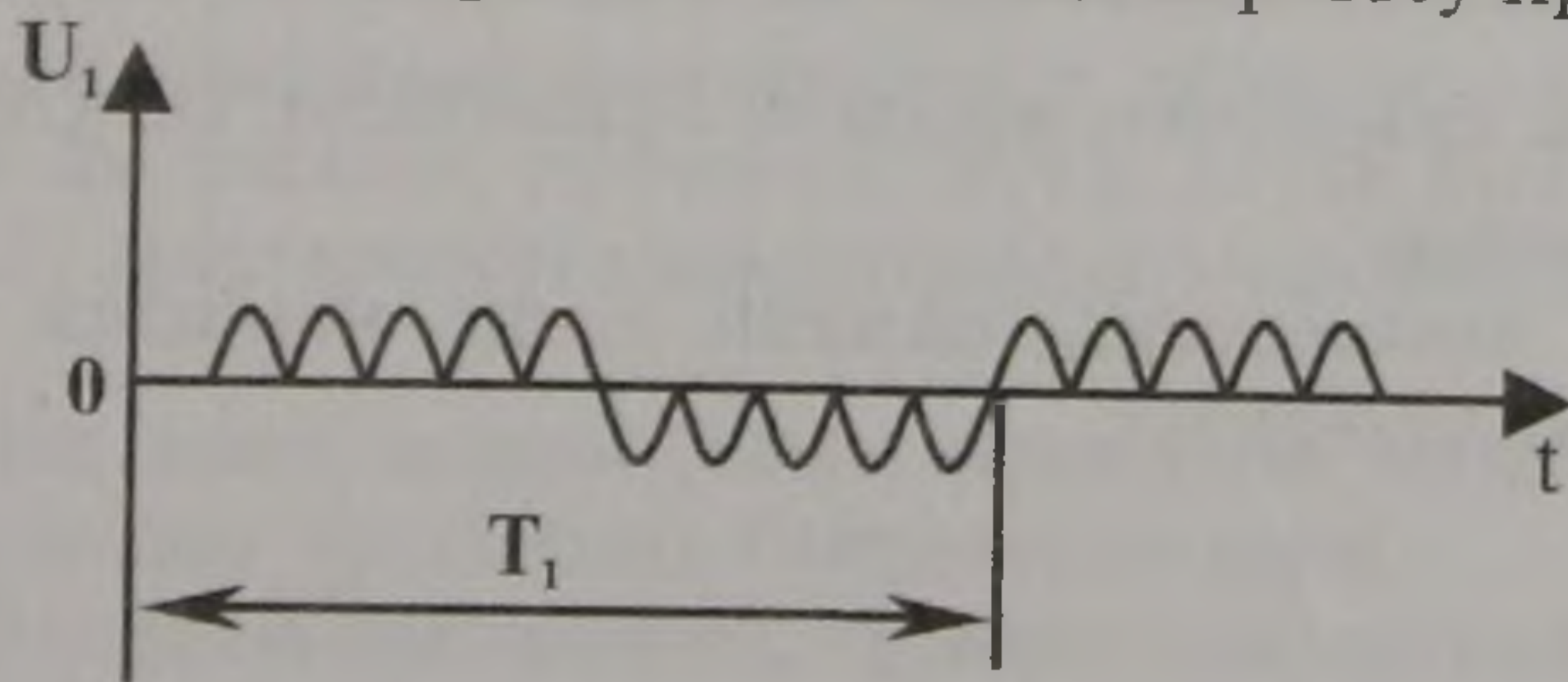
Тікелей байланысты жиілік түрлендіргішінің жұмыс принципін 4-35 суретте көрсетілген бір фазалы желіден қоректенетін



4-35 сурет. АҚ жылдамдығын тікелей байланысты (ЖТ) жиілік түрлендіргішінің сүбесі.

/көбіне үш фазалы желілер қолданылады/ және алты басқарылатын вентиль топтары мен дроссельдерден тұратын сүбе бойынша суреттеуге болады.

Дәл осы кезде I және IV топ вентильдері ашық делік. 4-35 суретте сол жақ клеммада оң таңба болған кездегі ток жолы көрсетілген: таңбаны ауыстырған кезде токты осы топтағы басқа вентильдер өткізеді, осының нәтижесінде А мен В нүктесі арасындағы оның бағыты өзгеріссіз қалады. Егер I мен IV топ вентильдерін жауып, II мен III топ вентильдерін ашсақ, онда А мен В нүктесінің арасындағы ток бағытының өзгергенін оңай көруге болады. Сонымен, сәйкес топ вентильдерінің ашық жабық күйлерін басқара отырып, жиілікті f_1 өзгертуге болады. Дроссельдер, бір топтың вентильдері әлі жабылмаған, ал басқа топ вентильдері ашылған кезде қысқа тұйықталу болдырмау үшін қолданылады. Қарастырылған реттеудегі кернеудің формасы 4-36 суретте көрсетілген. Осындай реттеу принципі



4-36 сурет. АҚ ЖТ арқылы кернеудің уақыттан байланыс сипаттамасы.

орындалу үшін $f_{1н} > f_{1мак}$ шарты орындалу керек. Әдетте $f_{1н}$ -ны $f_{1мак}$ - тан 5-7 рет көп етіп алады. Жиіліктік реттеуге жалпы баға бере отырып, оның артықшылықтарын көрсетейік – реттеу екі аймақты, кең диапазонды, жатық, қатаң сипаттамалы, мүмкіндік жүктеме $f_{1<} f_{1н}$ болған кезде номиналды және $f_{1>} f_{1н}$ кезде $P_{мұм} = P_n$. Басты кемшілігі - жиілік түрлендіргішінің күрделілігі болып табылады.

5. ЭЛЕКТРҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДАҒЫ АУЫСПАЛЫ ПРОЦЕСТЕР 5.1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Алдыңғы тарауларда жетектердің бірқалыпты режиміндегі, яғни $M - M_c = 0$ кезіндегі қасиеттері мен сипаттамаларын оқыдық.

Бұл тарауда уақыттың өтуі мен жетектің қандай да бірқалыпты жағдайдан басқа жағдайға өткен кездегі бір қалыпсыз немесе ауыспалы процестерді қарастырамыз. Бұл кезде

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad \frac{d\omega}{dt} \neq 0$$

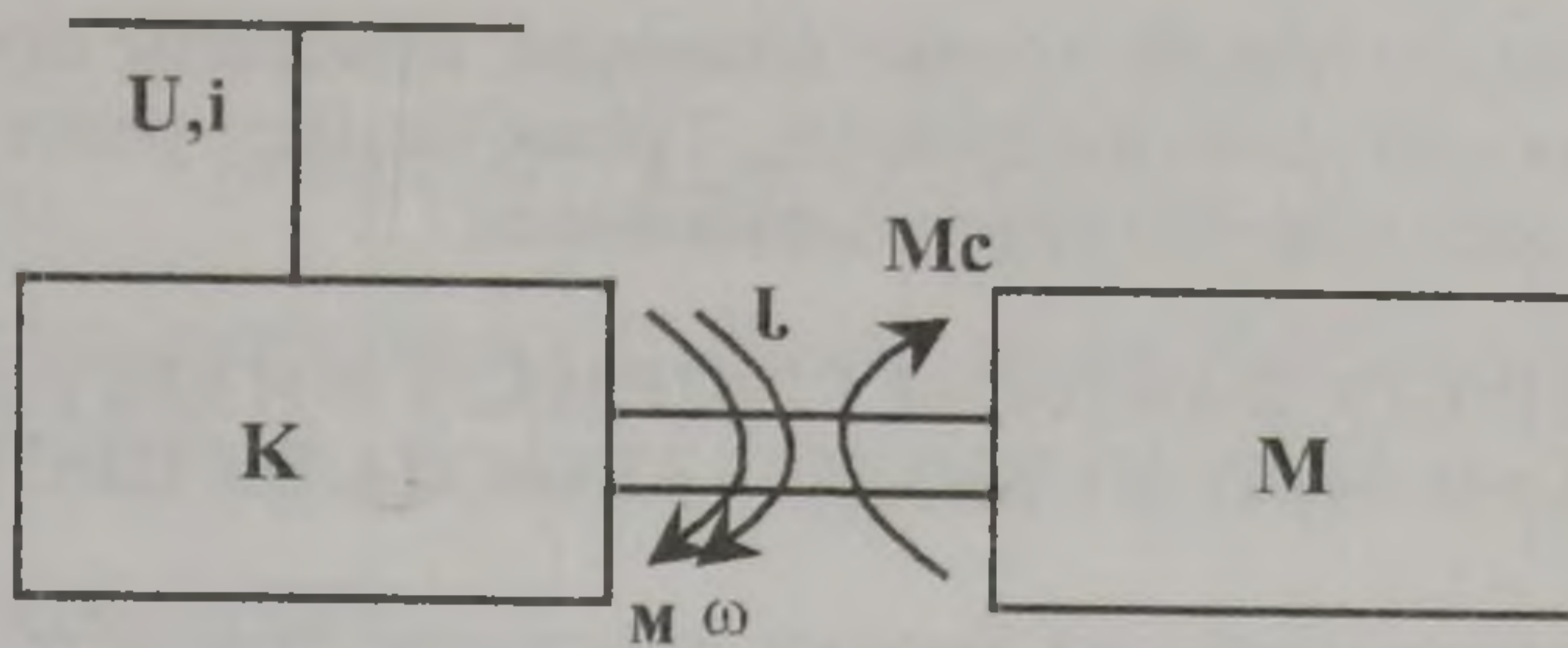
Ауыспалы процестің болуына мына жағдайлар әсер етеді: M_c -тің өзгеруі; M -нің өзгеруі, яғни іске қосқан кезде, тежегенде, реверс болған кезде, жылдамдықты реттегенде, жетектің қандай да бір параметрін өзгерткен кезде болатын жетектің бір сипаттамадан, екіншісіне өтуі.

Ауыспалы процестерге талдау жасаудың қажеттігі мыналардан байқалады: Басты механизмдердің өнімділігі.

Ауыспалы процестің өту жылдамдығымен анықталады; көптеген технологиялық операциялардың сапасы да лифтіның қозғалысы, бөлшектерді кесуге кететін уақыт және т.б. ауыспалы процестермен анықталады. Қондырғылардың механикалық және электрлік артық жүктері де көп жағдайларда ауыспалы процестермен анықталады.

Зерттеу объектісі бұрынғыдай - жетектің қарапайым моделі /5-1 сурет/. Ауыспалы процесті оқыған кездегі басты мақсат – кез-келген жағдайдағы кез-келген нақтылы біржетектің $\omega(t)$, $M(t)$, $i(t)$ қатынастарын анықтау.

Ауыспалы процестерді оқыған кезде мынадай бізге белгілі мәліметтерді қолданамыз:



5-1 сурет. Жетектің қарапайым модулі.

- бастапқы жағдайы: $\omega_{бас}, M_{бас}, i_{бас}$
- соңғы жағдайы: $\omega_{соң}, M_{соң}, I_{соң}$ және осыған сәйкес $(\omega)M$ сипаттамасы:
- ауыспалы процесс тудыратын фактордың уақыт өту барысындағы өзгерту заңы.
- жетектің параметрлері.

Іс жүзінде пайда болатын барлық есептерді бір тәртіппен оқу үшін оларды үлкен төрт топқа бөлейік.

1. Жетектегі басты екпінділік ретінде механикалық екпінділік (J) алынады; электрлік екпінділік өте аз. Ауыспалы процесс туғызатын факторлар өте жылдам өзгереді, яғни біз қарастырып отырған шамадан, атап айтқанда ω -дан көп тез өзгереді.

Бұл топқа жататын мысалдар: жүктемені шапшаң көбейту мен азайту, іске қосу, реверс, тежеу, орамдардың индуктивтілігін есепке алмағанда желіден қоректену кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу, егер $\Phi = \text{const}$, ал $L_{я} = 0$ болса тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышы үшін де осы жағдайлар тізбектей және аралас қоздырғышты қозғалтқыштар үшін де осы жағдайлар / егер $L_{я} = L_{коз} = 0$ болса;

2. Негізгі екпінділік – механикалық екпінділік J ; электр тізбегінің индуктивтілігі білінбейді немесе өте аз болады. Ауыспалы процесс туғызатын фактор шапшаң өзгермейді, яғни ω -ның өзгерту шапшаңдығы оның өзгеру шапшаңдығымен шамалас болып отырады. Мысалдар: басқарылатын түрлендіргіш – тұрақты ток қозғалтқышы жүйесіндегі ауыспалы процесс. Егер $L = 0$ болғанда жиілік түрлендіргіші - асинхронды қозғалтқыш жүйесіндегі ауыспалы процестер.

3. Электрлік және механикалық екпінділік шамалас; ауыспалы процесс тудыратын факторлар шапшаң өзгереді. Мысалдар: $\Phi = \text{var}$ болған кездегі, тұрақты ток жетегіндегі, $\Phi = \text{const}$ бірақ $L_{я} \neq 0$ болғандағы тұрақты ток жетегіндегі, және ток көзі қозғалтқыш жүйесіндегі ауыспалы процестер.

4. Бірнеше екпінділік есепке алынады, ауыспалы процесс тудыратын фактор шапшаң өзгермейді. Тұйық жүйелі реттеуге қатысты бұл күрделі есептерді біз қарастырмаймыз.

5.2. ӘСЕР ЕТУ ФАКТОРЫ СЕКІРМЕЛІ ӨЗГЕРГЕН КЕЗДЕ ЖӘНЕ $L=0$ БОЛҒАН КЕЗДЕГІ АУЫСПАЛЫ ПРОЦЕСТЕР

Бірінші топқа қатысты барлық ауыспалы процестер механиканың қозғалыс теңдеуіне

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad /5-1/$$

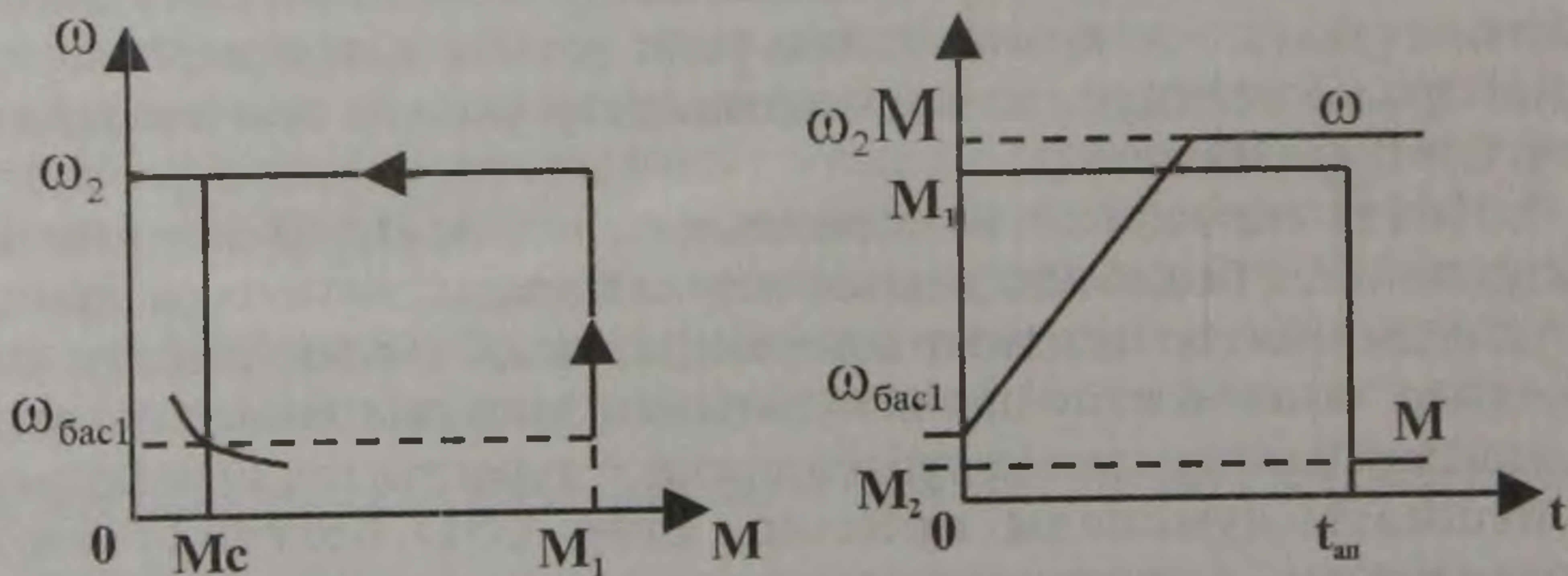
бағынады.

Ізделініп отырған $\omega(t)$ және $M(t)$ қатынастары, бастапқы берілген жағдайда осы теңдеуді шешу арқылы алынуы тиіс. Жетектің нақтылы ерекшеліктері /5-1/ теңдеуіне кіретін $M(\omega)$ және $M_c(\omega)$ түрінде көрсетіледі.

а/. $M = \text{const}$, $M_c = \text{const}$

Бірінші топтың есебін қарапайым, ауыспалы процесте және $M_c = \text{const}$ болған кездегі жағдайдан бастап қарастырайық.

Жетек /5-1 сур./ қандай да бір сипаттаманың оның бізге қатысы жоқ $M_{\text{бас}} = M_c$, $\omega_{\text{бас}}$ нүктесінде жұмыс істесін /5-2 сурет/ және уақыт $t=0$ болған кезде шапшаң жаңа сипаттамаға ауыстырылған делік /5-2/а/ суретіндегі қалың сызық/. Мұндай жағдайда /5-1/ теңдеуі бөлетін айнымалысы бар дифференциалдық теңдеу және



5-2 сурет. Ауыспалы процестердің графиктері.

оның шешуі мынадай болады:

$$\omega = \int \frac{M_1 - M_c}{J} dt = \frac{M_1 - M_c}{J} t + C$$

Интегралдау тұрақтысын C бастапқы жағдайдан табамыз - $t=0$ болған кезде $\omega = \omega_{\text{бас}}$

$$\omega_{\text{бас}} = C$$

Соңында алатынымыз:

$$\omega = \omega_{\text{бас}} + \frac{M_1 - M_c}{J} t \quad /5-2/$$

Бұл шешім $\omega_{\text{бас}} < \omega < \omega_{\text{соң}}$ аралығында әсер етеді, өйткені шарт бойынша $\omega = \omega_{\text{соң}}$ болған кезде $\omega(M)$ функциясы сынады. Бұл аралықта $M = M_1$.

Ауыспалы процестің графиктері /5-2/б/ суретінде көрсетілген. Ауыспалы процестің уақытын $t_{\text{а.п}}$ /5-2/-ге $\omega = \omega_{\text{соң}}$ қойып және t -ға салыстырмалы түрде шығарып:

$$t_{\text{а.п}} = \frac{J(\omega_{\text{соң}} - \omega_{\text{бас}})}{M_1 - M_c} \quad /5-3/$$

Бұны /5-1/-ді dt -ға салыстырмалы шығарып және белгілі бір интегралды алып та шығаруға болады.

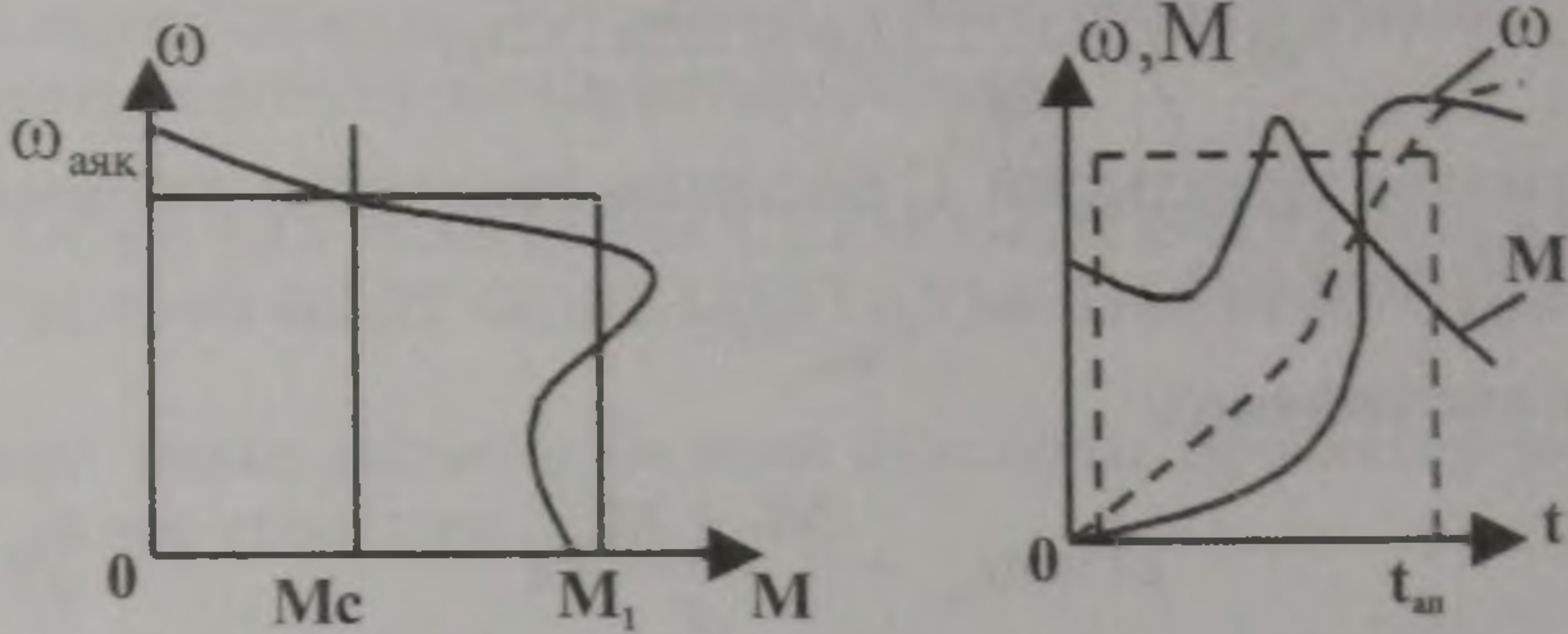
$$t_{\text{а.п}} = \int_{\omega_{\text{бас}}}^{\omega_{\text{соң}}} \frac{J}{M_1 - M_c} \cdot d\omega = \frac{J(\omega_{\text{соң}} - \omega_{\text{бас}})}{M_1 - M_c}$$

Бұл қарастырылған жағдай іс жүзінде өте маңызды, өйткені бұған ауыспалы процестің сипаты мен уақытын бағалау үшін көптеген нақтылы есептер кіргізілуі мүмкін.

I-ші мысал: Механикалық сипаттамасы және M_c пен J белгілі тұйықталған асинхронды қозғалтқышты іске қосу кезіндегі ауыспалы процестің жуық графигін салып және уақытын анықтау керек /5-3а, сур./. Шын сипаттамасын /бүтін сызық/ жуықталған /үзік сызық/ сипаттамасымен ауыстырып және /5-3/ қолданып, алатынымыз

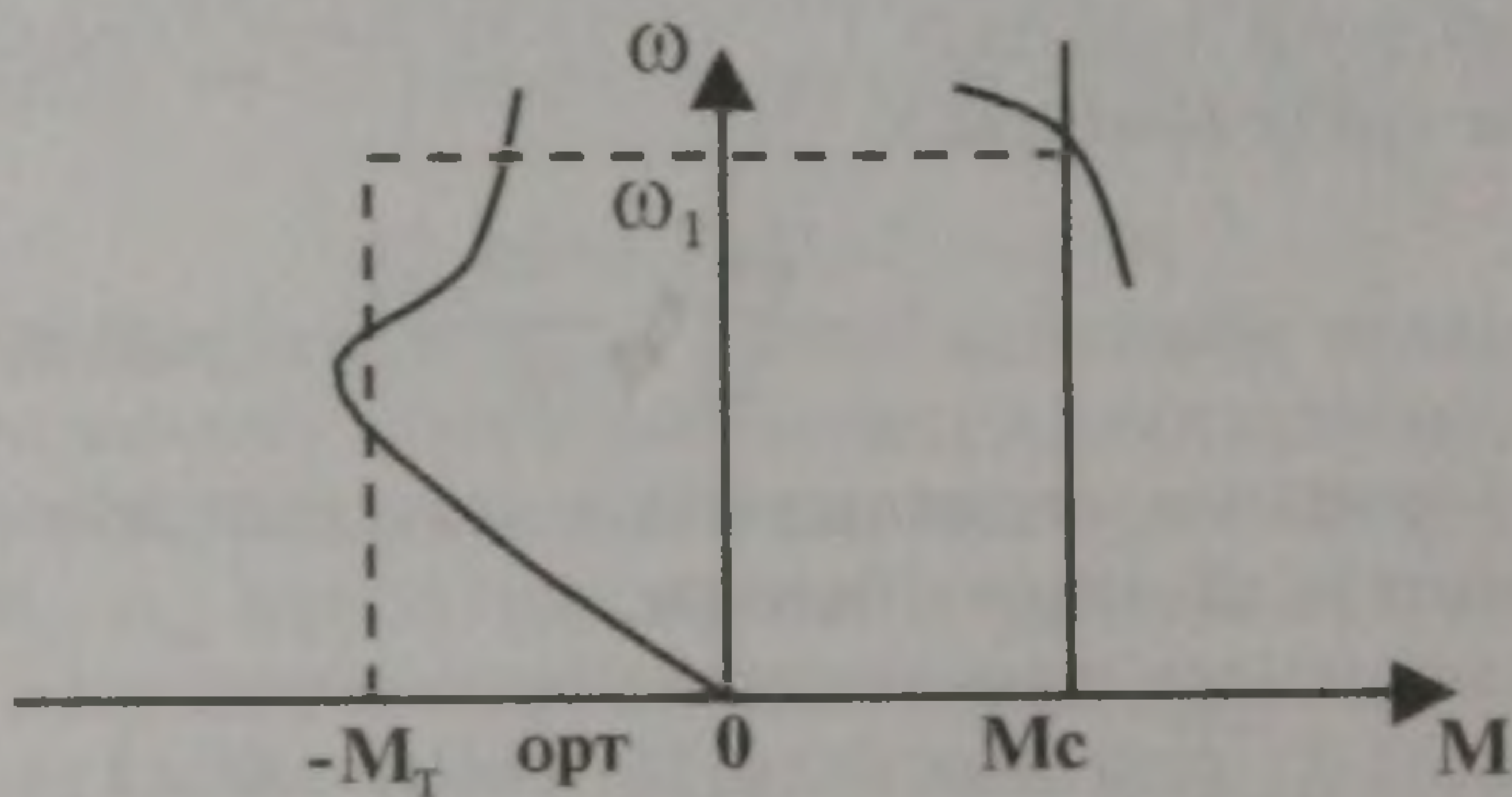
$$t_{\text{і.к}} \approx \frac{J\omega_{\text{соң}}}{M_1 - M_c}$$

$t_{\text{і.к}}$ -ны біле отырып ауыспалы процестің жуықталған графигін салуға болады /5-3,б суреттегі үзік сызық/. Бұл графиктер нақты мәнінен өзгеше /5-3,б, суреттегі бүтін сызық/ бірақ алған қорытындымыз көп жағдайларда өте пайдалы болуы мүмкін.



5-3 сурет. АҚ механикалық сипаттамасы және ауыспалы процестеу графиктері.

2-ші мысал, 5-4 суретінде көрсетілген, сипаттамасы бар жетектің



5-4 сурет. АҚ динамикалық тежеу сипаттамасы.

динамикалық тежеу уақытын бағалау керек. Нақты сипаттамасын орташаланған $[-M_{т.орт}]$, сипаттамасына ауыстырып, алатынымыз ($\omega_{бас} = \omega_1, \omega_{сак} = 0$)

$$t_T \approx \frac{J}{-M_{т.орт} - M_c} \int_{\omega_1}^0 \hat{c} \omega = \frac{J(-\omega_1)}{-M_{т.орт} - M_c} = \frac{J\omega_1}{M_{т.орт}} + M_c$$

Алдағы уақытта бірнеше рет осыған ұқсас бағалау қолданамыз.

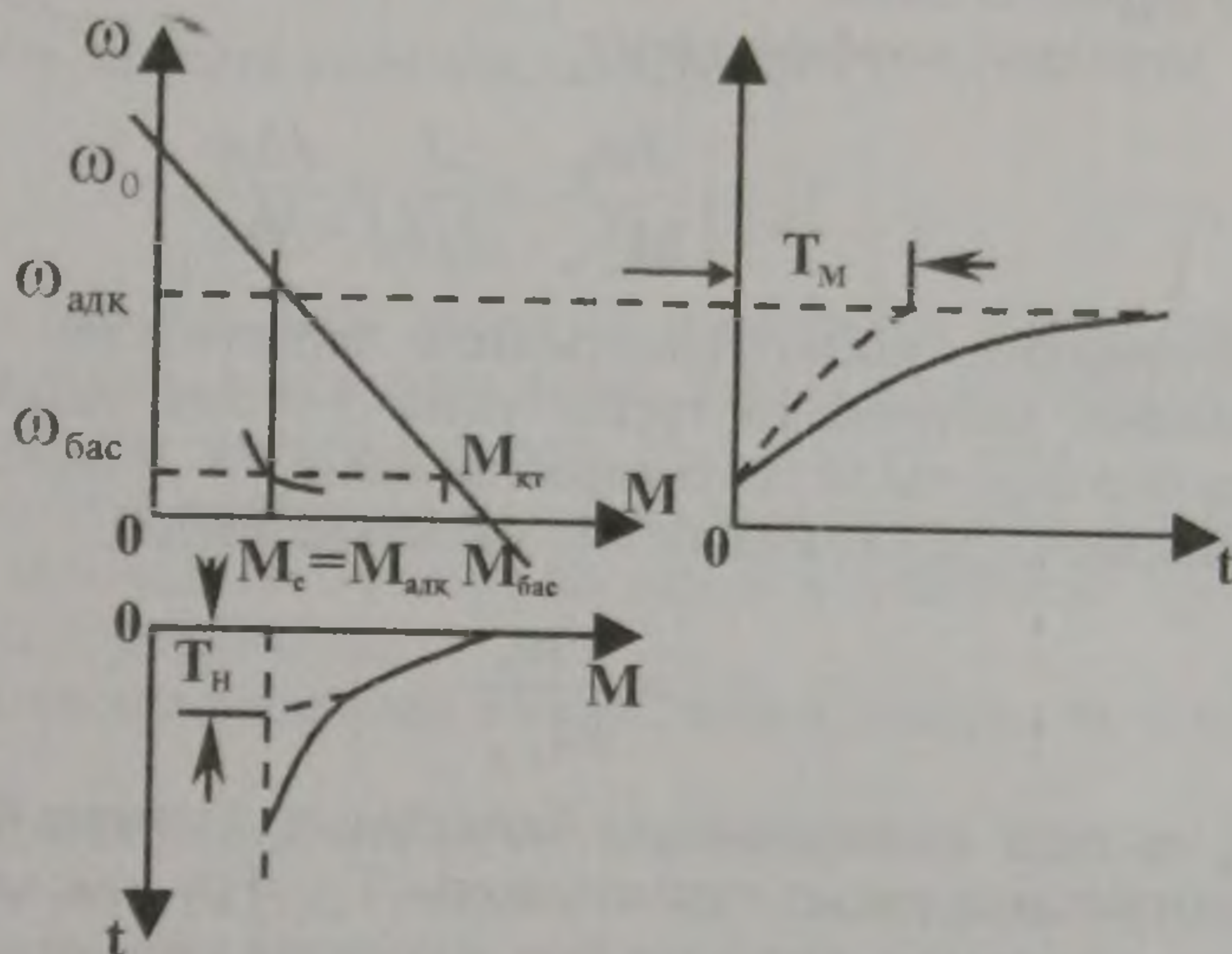
б/. $M_c = \text{const}$ M ω -ға сызықты тәуелді.

Бірінші топқа қатысты басқа бір маңызды жағдайды қарастыруға көшейік: $M_c = \text{const}$ M ω -ға сызықты тәуелді, қозғалтқыш пен $\beta < 0$ механизмiнiң сипаттамалары 5-5 сур. көрсетiлгендей болсын. Терiс қатаңдықты қозғалтқыштың сызықты механикалық сипаттамасының теңдеуi мынадай түрде жазылуы мүмкiн:

$$\omega = \omega_0 - \frac{\omega_0}{M_{к.т}} \cdot M = \omega_0 - \frac{M}{|\beta|} \quad /5-4/$$

немесе $M = M_{к.т} - \frac{M_{к.т}}{\omega_0} \omega = M_{к.т} - |\beta| \omega \quad /5-5/$

мұндағы $\beta = \frac{dM}{dt}$ - механикалық сипаттамасының қатандығы.



5-5 сурет. Жылдамдық пен моменттің ауыспалы процестер графиктері.

сызықты сипаттама үшін $\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}$

/5-5/-ті /5-1/-ге қойып, қарапайым түрлендіруден кейін алатынымыз

$$\omega + \frac{J}{|\beta|} \cdot \frac{d\omega}{dt} = \omega_0 - \frac{M_c}{|\beta|}$$

/5-4/-ке байланысты формуланың оң жағы $\omega_{\text{сон}}$ -ны көрсетеді. Туындының алдындағы коэффициентті T_M -деп белгілеп, алатынымыз

$$\omega + T_M \frac{d\omega}{dt} = \omega_{\text{сон}} \quad /5-6/$$

Енді /5-1/-дегі $\frac{d\omega}{dt}$ -ның орнына /5-4/-тен алынған оның мәнін

қойып немесе, жоғарыда келтірілген белгілеуді қолданып,

$$M + T_M \frac{dM}{dt} = M_{\text{сoн}} \quad /5-7/$$

Сонымен, біз қарастырып отырған ауыспалы процесте жылдамдық үшін де, момент үшін де мына бір теңдеу

$$X + T_M \frac{dx}{dt} = X_{\text{сoн}} \quad /5-8/$$

яғни, оң жағы тұрақты болып келген сызықты әр текті дифференциалды теңдеу дұрыс болады.

Туынды кезіндегі коэффициент

$$T_M = \frac{J\omega_0}{M_{\text{к.м}}} = \frac{J}{|\beta|} = \frac{J\Delta\omega}{\Delta M} \quad /5-9/$$

электромеханикалық уақыт тұрақтылығы деп аталады.

Бұл шаманың мағынасын түсіну үшін 5-6 сур. көрсетілгендей, сипаттамасы бар шартты жетекті қарастырайық. /5-3/ бойынша осындай қозғалтқыштың жылдамдық алу уақытын тауып,

$$t_{i.k} = \frac{J\omega_0}{M_{\text{к.м}}}$$

оның да T_M сияқты жазылатынын байқаймыз. Осыған байланысты электромеханикалық уақыт тұрақтылығы T_M -бұл қысқа тұйықталған моменттің әсерінен жетектің бос жүріспен $\omega = \omega_0$ -ге дейін алған жылдамдығына кеткен уақыт деуге болады. T_M -ның басқа да формуласы /5-9/ көрсетілген. Кейбір жағдайларда T_M -ны жетектің параметрлері арқылы көрсеткен ыңғайлы. Мысалы, тәуелсіз қоздырғышты тұрақты тоқ қозғалтқышы үшін сипаттамасының қатаңдығын былай көрсетуге болады:

/2-4 қара /

$$\beta = -\frac{C^2}{R}$$

Бұны /5-9/-ға қойып, алатынымыз

$$T_M = \frac{JR}{C^2} \quad /5-9,a/$$

/5-8/ теңдігінің оң бөлігі айналымының соңғы мәнін, яғни ауыспалы процестен кейін болатын бірқалыпты шаманы көрсетеді.

/5-8/ шешуі білетініміздей мынадай түрде болады:

$$X = X_{св} - X_{пр} = AC^{pt} + X_{сон}$$

мұндағы P – сипаттамалық теңдеудің түбірі.

$$1 + p T_M = 0.$$

яғни:

$$P = -\frac{1}{T_M}$$

$A - t=0, X=X_{баст}$ бастапқы жағдайынан анықталатын, тұрақты яғни,

$$A = X_{баст} - X_{сон}$$

Сонымен, қорыта келе алатынымыз:

$$X = (X_{баст} - X_{сон}) e^{-\frac{t}{T_M}} + X_{сон} \quad /5-10/$$

яғни, жылдамдық пен момент ауыспалы процесте бастапқы мәндерінен соңғы мәндеріне дейін уақыт тұрақтылығы T_M болатын экспоненциалды заңмен өзгереді /5-5 см-сур. қара/.

Экспоненттің кейбір маңызды қасиеттерін еске алайық.

1. Жанама кез-келген нүктеде қалыпты жағдайдағы T_M -ға тең болатын бөлікті қиып өтеді.
2. $t=T_M$ уақытында шаманың өзгеруі, толық өзгерістің 0,632-ін құрайды.
3. $t=3T_M$ уақытындағы өзгеру толық өзгерістің 0,95-ін құрайды.

Алдыңғы уақыттарда процесс $t=3T_M$ уақытында бірқалыпты жағдайға келеді деп есептейміз.

/5-10/ теңдігі қарастырылып отырған жағдайдың кез-келген есебін шығаруға мүмкіндік туғызады.

І-ші мысал. Жұмыс істеу бөлігінде түзу сызықты болатын /5-7 сур./ механикалық сипаттамасы бар қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышта M_{c1} –ден M_{c2} -ге дейін шапшаң берілген жүктеменің ауыспалы процесін есептеу керек.

T_M анықтаймыз;

$$T_M = \frac{J(\omega_1 - \omega_2)}{M_{c2} - M_{c1}}$$

ω мен M –нің бастапқы және соңғы мәндерін анықтайық:

$$\begin{aligned} \omega_{бас} &= \omega_1 \\ M_{бас} &= M_{c1} \end{aligned}$$

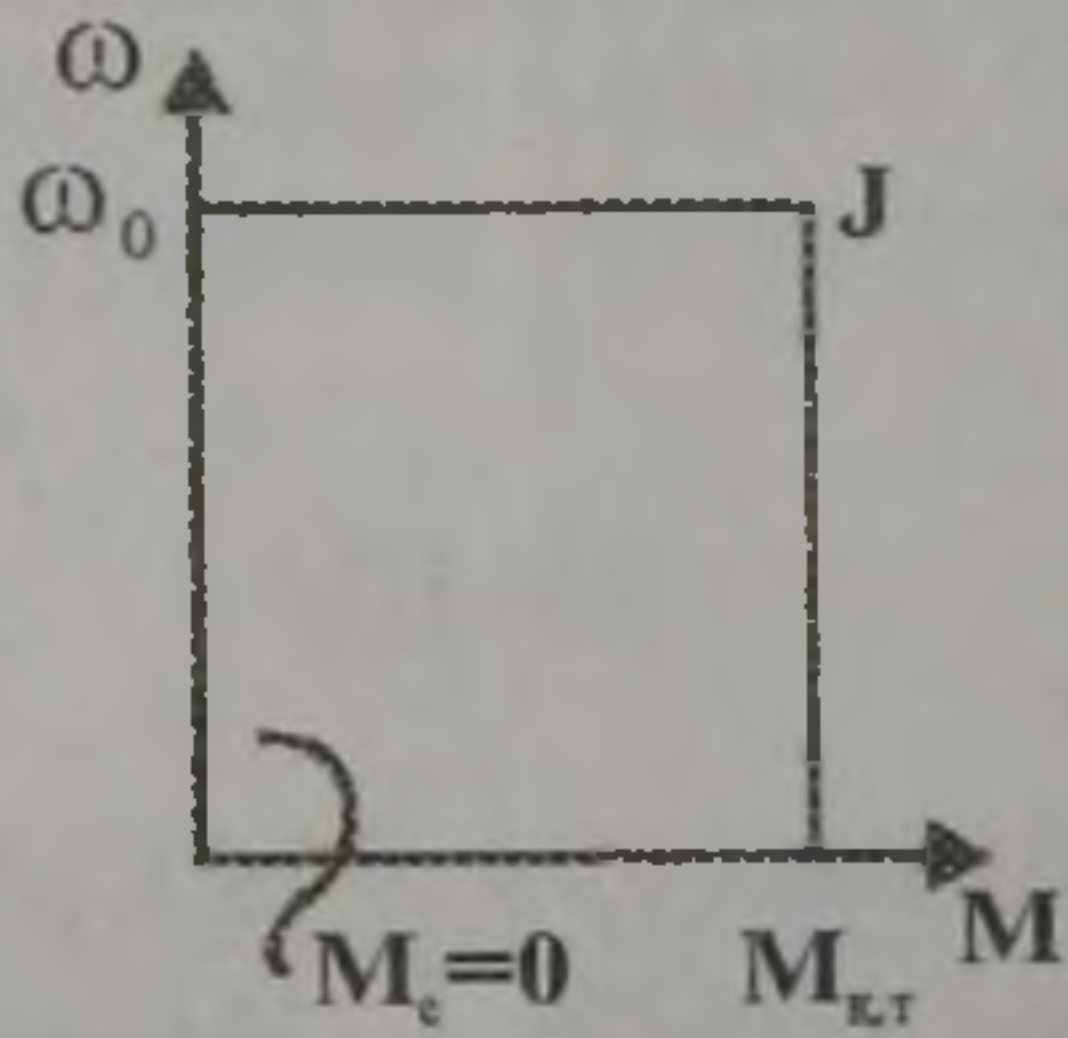
$$\begin{aligned} \omega_{сон} &= \omega_2 \\ M_{сон} &= M_2 \end{aligned}$$

/5-10/ бойынша ауыспалы процестің теңдеуін жазайық:

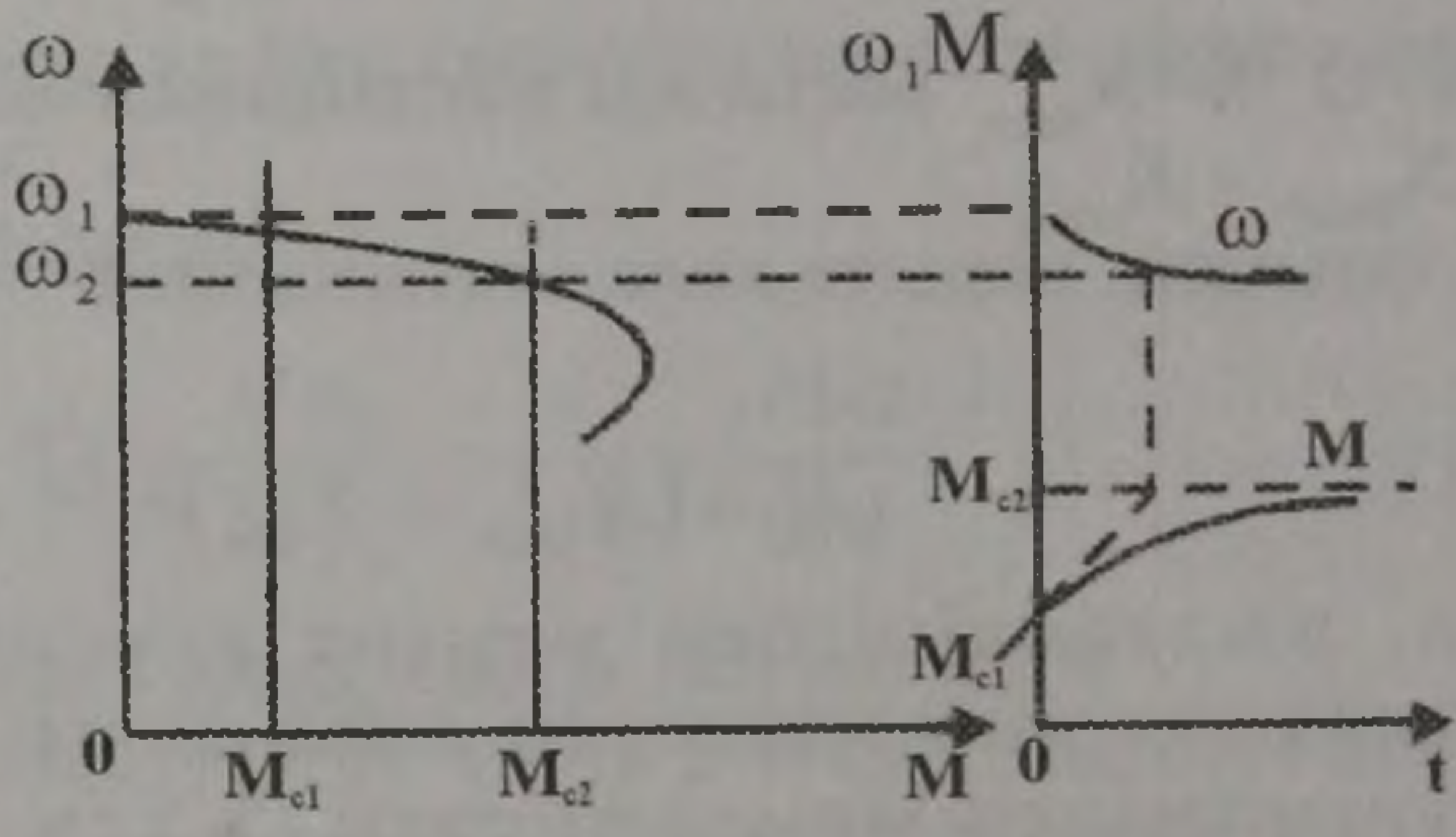
$$\omega = (\omega_1 - \omega_2) e^{-\frac{t}{T_m}} + \omega_2$$

$$M = (M_{c1} - M_{c2}) e^{-\frac{t}{T_m}} + M_{c2}$$

графикін салайық /5-7 сур./.



5-6 сурет. Шаршы жетекті сипаттама.



5-7 сурет. Түзу сызықты механикалық сипаттамасы бар АҚ.

Егер $i_2(t)$ қатысын алу қажет болса, $M(t)$ біле тұрып /4-20/ теңдеуді қолдану керек.

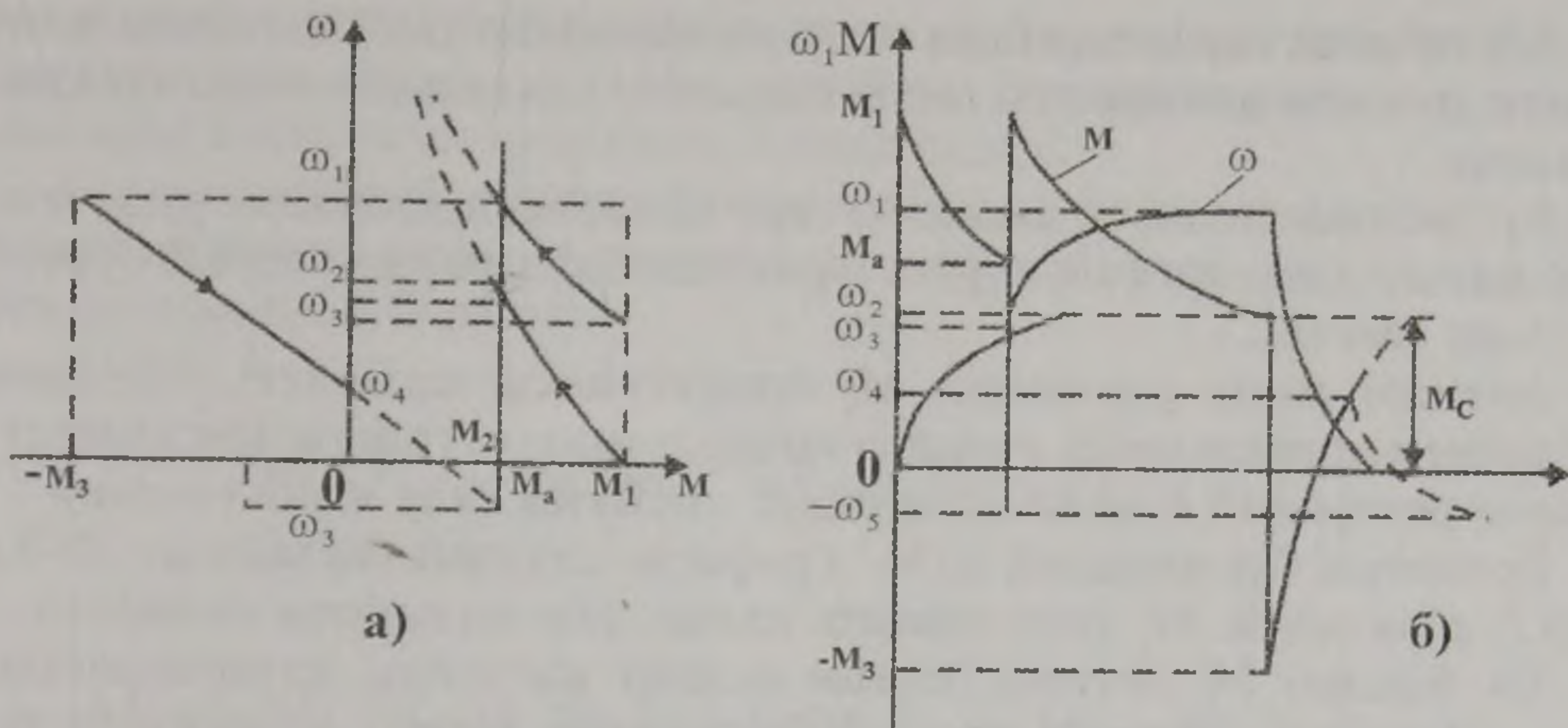
2-ші мысал. Тізбекті қоздырғышты тұрақты тоқ қозғалтқышының, өзін-өзі қоздырғышты динамикалық тежеуін және бір сатылы іске қосу реостатын қосу кезіндегі ауыспалы процесті есептеу керек. M_c - реактивті.

Ең алдымен іске қосу диаграммасы мен тежеу сипаттамасын салайық /5-8 а сур. /§ 3-2 ,§ 3-3 қара/. Егер жұмыс істеу бөлігінде сипаттамалар түзу сызыққа жақын болса, онда аналитикалық жолмен шығаруға болады. Бұл жағдайда механикалық сипаттамаларда үзіліс $[\omega_3, \omega_1]$ болған кезде/ пен сынық $[\omega_n]$ болғанда/ болады, сондықтан ауыспалы процесті әрбір бөлікте $\omega(M)$ функциясы түзу сызықты болатындай етіп және үзіліс пен сынық жоқ болатындай етіп бірнеше бөліктерге бөлу керек.

Біздің мысалымызда ондай төрт бөлік бар;

- I. $0 < \omega < \omega_3$ /реостаттық сипаттамадағы іске қосу/
- II. $\omega_3 < \omega < \omega_1$ / табиғи сипаттамасындағы іске қосу/
- III. $\omega_1 > \omega > \omega_4$ /өзін-өзі қоздырғышты тежеу/
- IV. $\omega_4 > \omega > 0$ / M_c -тің әсерінен болатын тежеу/

Алғашқы үш топқа /5-10/ формуласын қолдануға болады, өйткені осы участок аралығында $M(\omega)$ - түзу сызықты функция; $M=0$ және $M_c = \text{const}$ болған кездегі IV топқа /5-2/ формуласын



5-8 сурет. Іске қосу диаграммасы және тежеу сипаттамасы.

қолдануға болады.

Қолданылатын /5-10/ және /5-2/ теңдеулерінің уақыт өлшемін $t=0$ кезде, яғни ауыспалы процеске әкеп соқтырған өзгеріс болғандағы уақыттан бастап есептейміз. Сондықтан, есепті кезеңмен шығара отырып, әрбір кезеңде уақытты сол кезеңнің басынан бастап санау керек; ауыспалы процестің жалпы уақыты, әрбір кезеңдегі уақыттың қосындысымен анықталады.

/5-10/ және /5-2/ теңдеулерін қолдану үшін, ең алдымен уақыт тұрақтылығын және теңдеуге кіретін бастапқы мен соңғы шамалардың мәнін анықтау керек.

Жылдамдықтың бастапқы мәнін ω/M графигінен аламыз — бұл жылдамдықтың әрбір кезеңнің басына сәйкес келетін нақтылы мәні. Моменттің бастапқы мәнін анықтаған кезде, біздің қарастырып отырған есебімізде электр тізбегінің екіпінділігін ескермейтінімізді есте ұстау қажет және тоқ пен моментті жетек параметрлері өзгерген кезде, яғни бір сипаттамадан екінші сипаттамаға өткен кезде шапшаң өзгереді деп есептейміз.

ω/M графигіндегі бұл жағдай көлденең сызыққа сәйкес келеді — момент $\omega = \text{const}$ болған кезде өте жылдам өзгереді. Сондықтан моменттің бастапқы мәні ретінде сипаттаманың шапшаң өзгергеннен кейінгі алынған ω/M графигіндегі шаманы алу керек.

/5-10/ теңдеуін қолданған кезде ω мен N -нің соңғы мәні ретінде әрқашан да екі түзудің ω/M мен ω/N_c -тің қиылысқан координат нүктелерін, яғни бұл режим нақты мәніне жете ме жоқ па, оған қарамастан бірқалыпты режимнің нүктелерін алу керек. Бұл маңызды қағида, дәл осы көрсетілген жағдайда /5-10/ теңдеуі /5-8/ теңдеуінің шешімі болғандығынан шығады. Уақыт тұрақтылығы әрбір кезең үшін /5-9/ формуласы бойынша анықталады.

5-1 таблица қарастырылып отырған мысалдар үшін бастапқы және соңғы мәндері келтірілген /асты сызылған шамаларға көңіл аударыңыздар/.

5-1 таблицасындағы шамалар төрт кезеңнің әрқайсысы үшін теңдеу жазуға және график құруға мүмкіншілік тудырады /5-8/б сурет./ 3-ші мысал.

Активті және реактивті M_c сипаттамасы кезіндегі, $U=const$ желісінен қоректенетін тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышы реверсінің ауыспалы процесс қисығын салу және есептеу.

Есептеуді бұрынғыдай ω/M графигін салудан бастаймыз /5-9,а сур./; реактивтік M_c үшін график қалың үзік сызықпен салынған.

Ең бірінші M_c активті болған кездегі жағдайды қарастырайық. Бұл жағдайда ауыспалы процесс бір кезеңде жүреді, ал оның /5-10/-нан алынған теңдеуі мынадай болады.

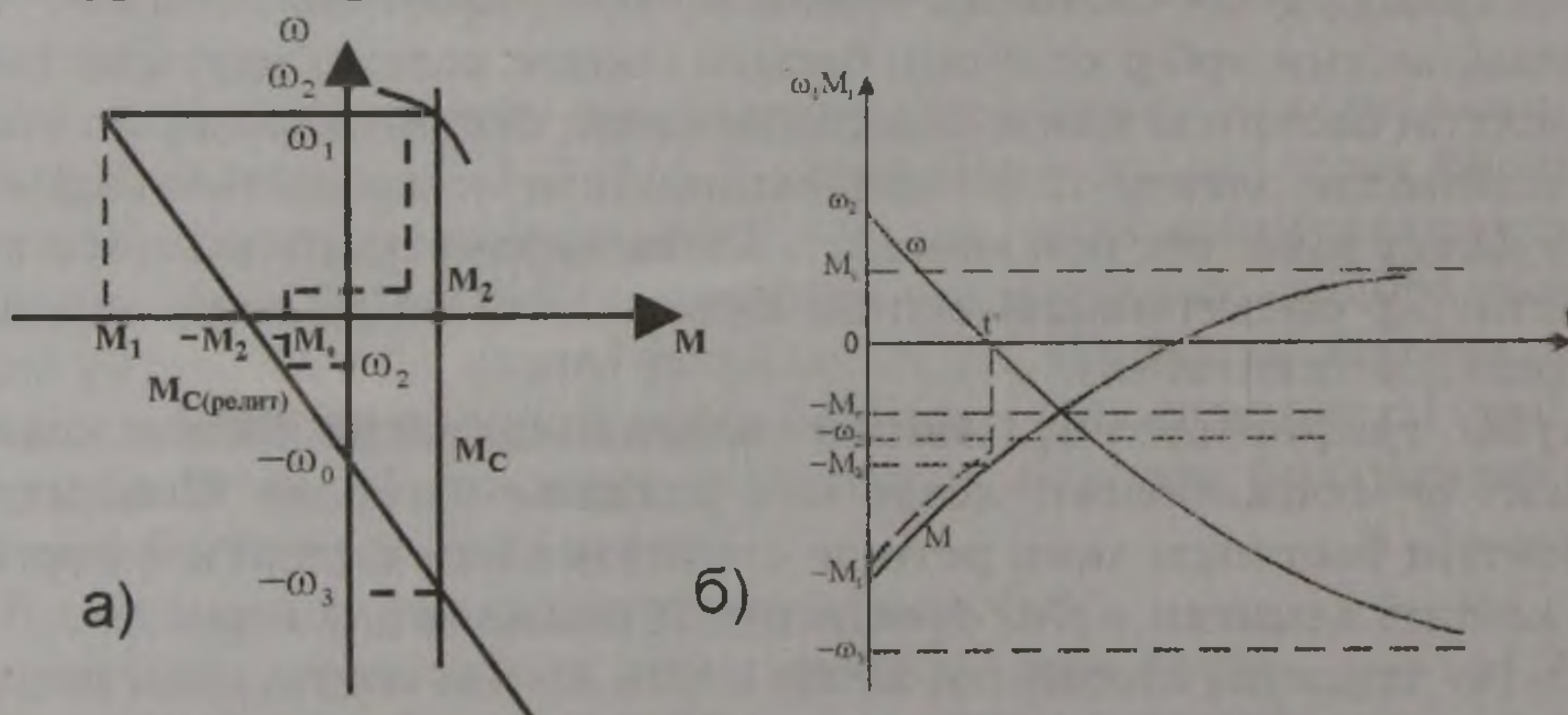
$$\omega = [\omega_1 - (-\omega_3)]e^{-\frac{t}{T_M}} + (-\omega_3) = (\omega_1 + \omega_3)e^{-\frac{t}{T_M}} - \omega_3$$

$$M = (-M - M_c)e^{-\frac{t}{T_M}} + M_c$$

$$T_M = \frac{J\omega_0}{M_2};$$

мұндағы

5-9,б суретінде тұтас сызықпен графигі көрсетілген.



5-9 сурет. Реактивтік M_c $\omega=f(M)$ графигі және ауыспалы процесс.

$\omega=0$ болғанда таңбасын өзгертетін M_c реактивті болған кезде екі кезеңді қарастыру керек; I ω_1 -ден $\omega=0$ болғанға дейін II $\omega=0$ -ден $\omega=\omega_2$ болғанға дейін. Бірінші кезеңнің теңдеуі бұрын алынған теңдеуімізбен бірдей болады. Шынында да бұл этапта M_c -ның

реактивтік сипаты байқалмайды және ол бірінші жағдайындағыдай жетектің тежелуіне мүмкіндік жасайды. Бұндай қорытынды өткен мысалда келтірілген ережемен сәйкес келеді.

II-ші кезеңде M_c -ның таңбасы өзгереді және жетек қарама-қарсы жаққа айналған кезде M_c тежегіш ретінде әсер етеді. Бұл кезең үшін теңдеу мынадай болады:

$$\omega = [0 - (-\omega_2)]e^{-\frac{t}{T_M}} + (-\omega_2) = -\omega_2 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

$$M = [-M_2 - (-M_c)]e^{-\frac{t}{T_M}} + (-M_c) = (-M_2 + M_c)e^{-\frac{t}{T_M}} - M_c$$

5-9,6 суретте үзік сызықпен M_c реактивті болған кездегі ауыспалы процестің графигі көрсетілген. Уақыт t^1 болғанда қисықтар сынық сызықты болады, процестің қарқыны баяулайды. Бұның барлығы M_c -ның таңбасының өзгеруі әсерінен болатын динамикалық моменттің секірмелі түрде азаюымен байланысты.

Егер $i(t)$ байланысын табу қажет болса, онда өзімізге белгілі мына қатынасты пайдалану керек.

$$i = \frac{M}{k\Phi} = \frac{M}{C}$$

в/. $M_c = \text{const}$, M ω -ға сызықты тәуелділікте >0 .

Жоғарыда қарастырылған $\beta < 0$ болғандағы ауыспалы процестер $\omega_{\text{сон}}$, $M_{\text{сон}}$ бірқалыпты режимінің тұрақты нүктесіне сәйкес, яғни ω мен M өзгере отырып, осы нүктеге ұмтылады. Сонымен бірге, кейбір кездерде бірқалыпты режимнің тұрақсыз нүктесіне сәйкес келетін

$\beta > 0$ болған кездегі ауыспалы процесті есептеу қажет болады. /§1-3 қара /-5-10, а сурет.

Бұндай жағдайда жетектің механикалық сипаттамасының теңдеуі былай болады:

$$\omega = \omega_0 + \frac{M}{|\beta|}$$

немесе: $\omega + |\beta|\omega$

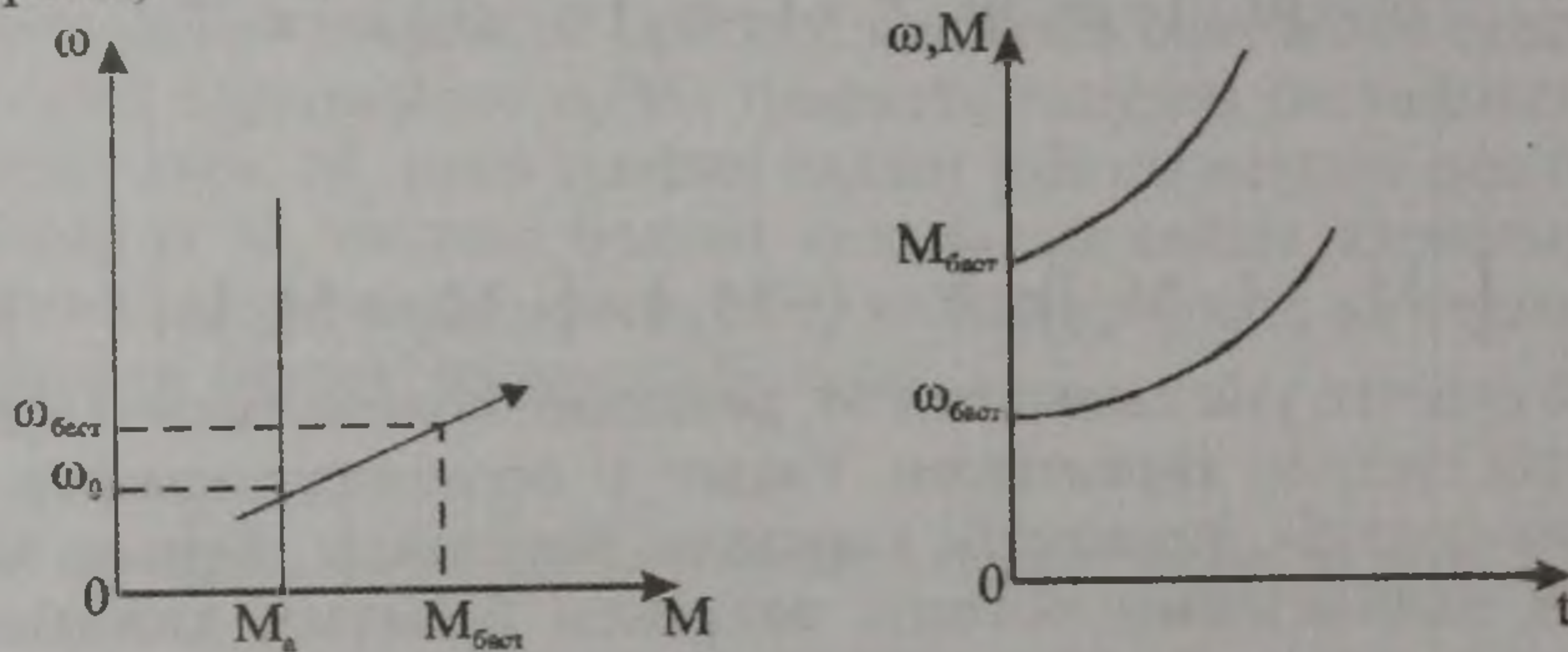
Бұл формулаларды /5-1/-ге қойып, түрлендіруден кейін

$$X - T_M \frac{dx}{dt} = X_c \quad /5-11/$$

мұнда, x — момент немесе жылдамдық.

X_c — қалыпты режимнің нүктесіне сәйкес келетін жылдамдық немесе момент /5-10, а сурет қара/.

/5-8/ бен салыстырғанда, бұл теңдікте туындының алдындағы таңба өзгерген, ал оң жақ бөлігінде енді айнымалының соңғы мәні



5-10 сурет. Ауыспалы процестер.

а)

б)

ретінде елеусіз болатын шамасы бар.

/5-11/ теңдеуін бөлінетін айнымалысы бар теңдеу ретінде шешейік.

/5-8/ теңдеуін де осы тәсілмен шығаруға болады.

$$\frac{dx}{X - X_c} = \frac{dt}{T_M}$$

$$\int \frac{dx}{X - X_c} = \int \frac{dt}{T_M}$$

$$\ln(X - X_c) = \ln e^{\frac{t}{T_M}} + \ln A$$

$$X = X_c + Ae^{\frac{t}{T_M}}$$

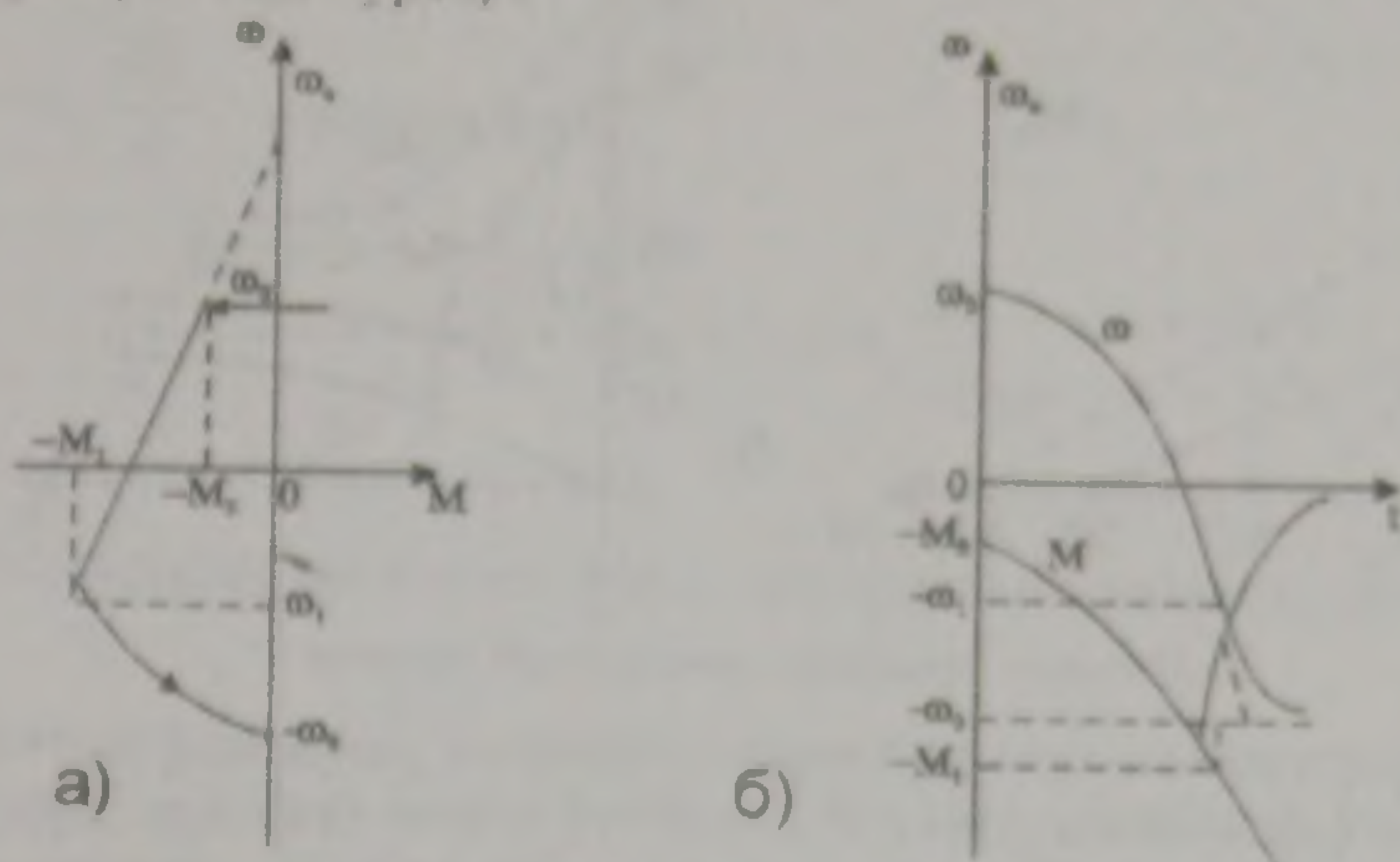
Бастапқы жағдайларды $t=0$. $X=X_{баст}$ қолданып, алатынымыз

$$X = (X_{баст} - X_c)e^{\frac{t}{T_M}} + X_c \quad /5-12/$$

/5-12/ сәйкес келетін $\omega(t)$ және $M(t)$ —нің графиктері 5-10, б суретінде көрсетілген.

1-ші мысал.

Берілген механикалық сипаттамасы бар асинхронды қозғалтқыштың бос жүрістегі реверс $M_c = 0$ кезіндегі ауыспалы процесс графигін салу керек /5-11, а сурет/.



5-11 сурет. АҚ ауыспалы процестердің түрлері.

Механикалық сипаттаманы екі түзумен көрсетуге болады /5-11, а суретті кара/. Осыған байланысты ауыспалы процесс екі кезеңде жүреді.

I-ші кезең жоғарыдағы қарастырылған жағдайға сәйкес. T_M, ω_0 -ті тауып /5-11, а сур.қара/ M мен ω үшін теңдеу құрамыз.

$$\omega = (\omega_0 - \omega_c) e^{-\frac{t}{T_M}} + \omega_c$$

$$M = (-M_2 - 0) e^{-\frac{t}{T_M}} + 0 = M_2 e^{-\frac{t}{T_M}}$$

II-ші кезеңде $\omega = -\omega_1$ кезеңде басталатын, жоғарыда қарастырылғандай жағдай болады.

$$\omega = [-\omega_1 - (-\omega_0)] e^{-\frac{t}{T_M}} - \omega_0 = (\omega_0 - \omega_1) e^{-\frac{t}{T_M}} - \omega_0$$

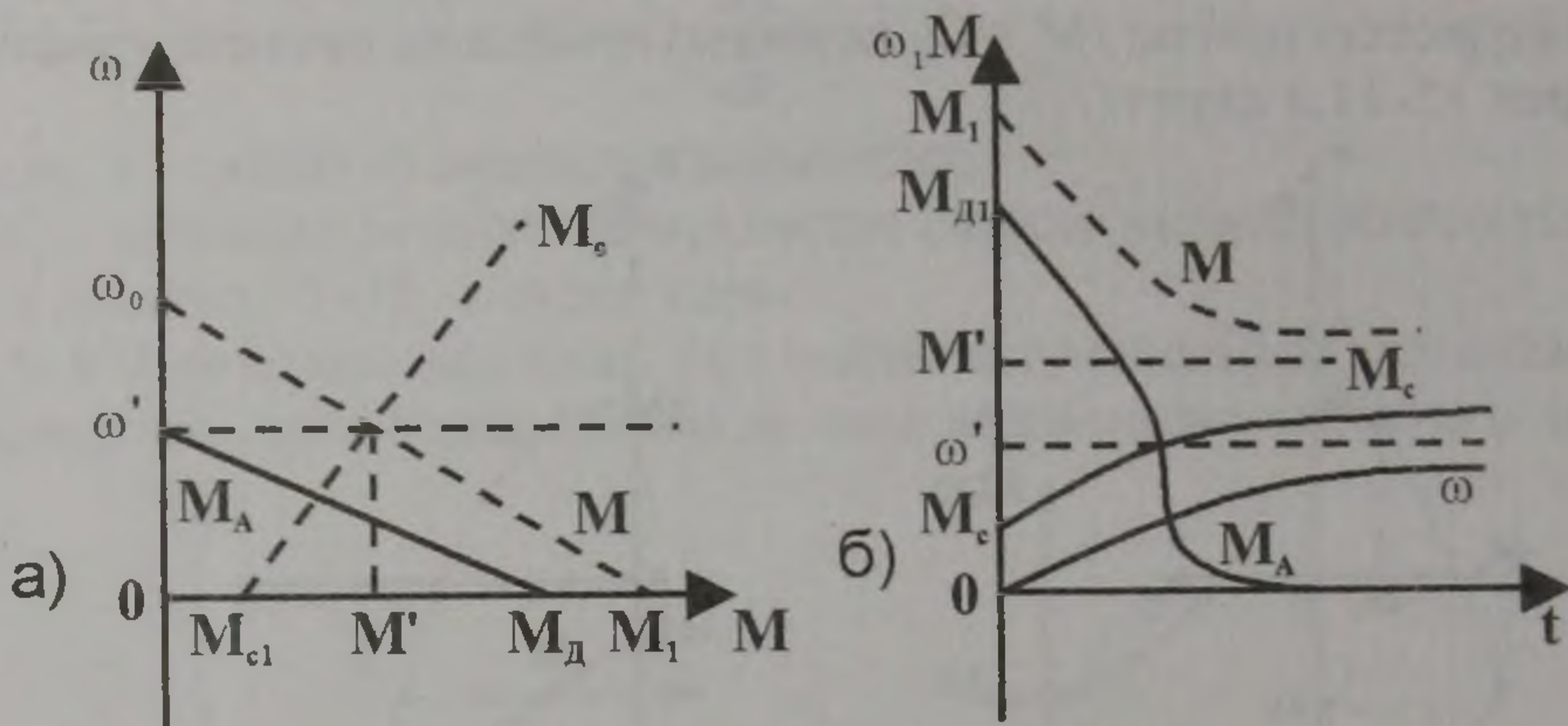
$$M = -M_1 e^{-\frac{t}{T_M}}$$

Ауыспалы процесінің графигі 5-11, б суретте көрсетілген.

г/. M_c және $M - \omega$ - ның сызықтық функциялары.

Жоғарыда алынған б/ және в/ бөлімшелеріндегі қорытындыларды, M пен M_c - жылдамдықтың сызықты функциялары болғанда қолдануға болады.

Бұл мүмкіндіктерді карапайым мысал келтіріп қарастырып көрейік. 5-12, а суретте үзік сызықпен көрсетілгендей қозғалт-



5-12 сурет. Ауыспалы процестерді есептеу.

қыштың сипаттамасы мен жүктемесі берілген жағдайда жетекті іске қосу кезіндегі ауыспалы процесті есептеу керек болсын. Бұл сипаттамаларды - динамикалық моменттің $M_d = M - M_c$ жылдамдыққа қатыстығымен ауыстырайық. Бұл сызықты байланыс, өйткені M/ω және M_c/ω сызықты - 5-12, а суретінде бүтін сызықпен көрсетілген. Енді, жоғарыда алынған қорытындыларды қолданып $\omega(t)$ мен $M_{\text{қозғ}}(t)$ қатынастарын алуға болады. Сонымен қисықтары 5-12, б суретте

$$\omega_{\text{бас}} = \omega_{\text{соо}} = \omega' \quad M_{\text{қозғ. қос}} = M_{\text{қозғ. 1}}$$

$$M_{\text{қозғ. соң}} = 0 \quad T_m = \frac{J\omega'}{M_{\text{қозғ}}} \text{ - қисықтары}$$

бүтін сызықтармен көрсетілген. Егер керек болса $M(t)$, $M_c(t)$ -нің графиктерін де салуға болады. Өйткені бастапқы және соңғы шамалары мен T_m шамасы белгілі. Бұл графиктер 5-12, б суретінде үзік сызықтармен көрсетілген.

д/. $M_c(\omega)$ және $M(\omega)$ түзу сызықты емес функциялар.

Жалпы $\omega(M)$ мен $M(\omega)$ сипаттамалары түзу сызықты емес. Мысал ретінде механикалық сипаттамасының теңдеуі $M_c=0$ айнымалы процестерінің уақыты үшін формула табайық:

$$M = \frac{2M_A}{\frac{S}{S_A} + \frac{S_A}{S}}$$

асинхронды қозғалтқыштың жүріс $M_c=0$ кезіндегі ауыспалы процесінің уақыты үшін формуланы табайық.

/4-7/-ні /5-1/- ге қойып және $\frac{d\omega}{dt}$ -ны $\frac{dS}{dt}$ -ға ауыстырып

$$\frac{d\omega}{dt} = -\omega_0 \frac{dS}{dt}, \text{ алатынымыз}$$

$$\frac{2M_a}{\frac{S}{S_a} + \frac{S_a}{S}} = -J\omega_0 \frac{dS}{dt}$$

Айнымалыларды бөліп және интегралдағаннан кейін алатынымыз:

$$t_{an} = -\frac{T_M}{2} \int_{S_{бас}}^{S_{сон}} \left(\frac{S}{S_a} + \frac{S_a}{S} \right) dS = \frac{T_M}{2} \left(\frac{S_{бас}^2 - S_{сон}^2}{2S_a} + S_a \ln \frac{S_{бас}}{S_{сон}} \right)$$

мұндағы $T_M = \frac{J\omega_0}{M_a}$

Егер іске қосу $S_{сон} = 0,05$ болған кезде аяқталады деп алсақ, іске қосу уақытын былай анықтауға болады:

$$t_{i.k} = T_M \left(\frac{1}{4S_a} + 1,5S_a \right)$$

Қарсы қосу тежеуі үшін $1/S_{баст.} = 2/S_{сон} = 1$ алатынымыз

$$t_T = T_M \left(\frac{1}{4S_a} + \frac{S_a}{2} \ln 2 \right)$$

Алынған формулаларды қарапайым тәсілдермен

$$\frac{dt_{ал}}{dS_a} = 0, \text{ және т.б.}$$

зерттеу жүргізіп ауыспалы процестің уақытын ең аз мәнге қысқартатын S_a шамасын табуға болады. Сонымен, $S_a = 0,407$ болған кезде $t_{i.k} = t_{i.k.тіп} = 1,22 T_M$ ал $S_a = 1,47$ болғанда $t_T = t_{T.тіп} = 1,02 T_M$ бұл орташа динамикалық моменттің ең үлкен мәніне сәйкес келеді.

Өкінішке орай, $M(\omega)$ және $M_c(\omega)$ түзу сызықты болмаған кезде көбіне қарапайым аналитикалық жолмен шығару мүмкін емес, осы

ған байланысты $M(\omega)$ және $M_c(\omega)$ қатынастары берілген кезде /5-1/ теңдеуін сандық интегралдауға тура келеді.

Осындай есептер қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты іске қосқан кезде қалай шығарылатынын қарастырып көрейік: $\omega(M)$ және $\omega(M_c)$ сипаттамалары 5-13,а суретінде көрсетілген.

Ордината осін өте кішкене $\Delta\omega$ қашықтықтарға бөліп және әрбір арақашықтықта $M \approx \text{const}$ және $M_c \approx \text{const}$ деп алайық. Сонда әрбір қашықтыққа осы параграфтың а/ бөлімшесінде қолданылған тәсілді

пайдаланауға болады. Шынында да, /5-1/ - дегі $\frac{d\omega}{dt}$ туындысын $\frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

-мен ауыстырып, әрбір қашықтық үшін мынаны аламыз.

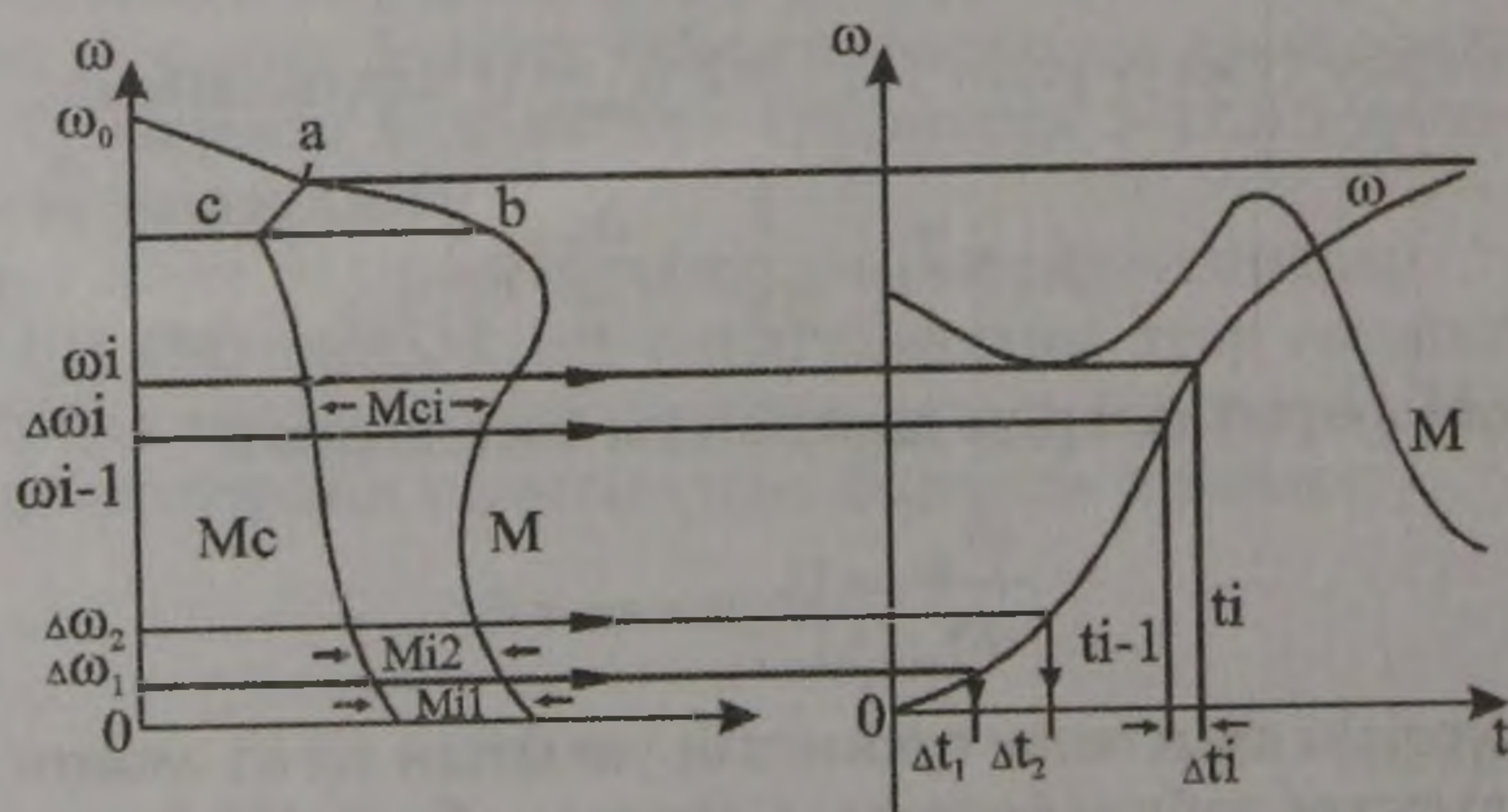
$$M_1 - M_{ci} = M_{\text{козг.}i} = J \frac{\Delta\omega_i}{\Delta t_i}$$

немесе
$$\Delta t_i = \frac{J \cdot \Delta\omega_i}{M_{\text{козг.}i}} \quad /5-13/$$

1,2,3 және т.б. қашықтықтағы уақытын есептеп және алынған

$$\omega_i = \omega_{i-1} + \Delta\omega_i \quad \text{мен} \quad t_i = t_{i-1} + \Delta t_i$$

нүктелерін жатық қисықтармен қосын 5-13,б суретіндегі графигін аламыз. Егер $\omega(M)$ және $\omega(M_c)$ қандай да бір бөлігінде түзу сызыққа жақын болса, онда $\omega(t)$ салу үшін б/,в/ бөлімшелеріндегі тәсілдерді қолдануға болады. 5-13,а суретінде осындай бөліктерге ас мен ав –



5-13 сурет. АҚ іске қосу механикалық сипаттамасы.

бөліктерін келтіруге болады. $M(t)$ қисығы нүктелер бойынша салынады; әрбір t_i ; үшін, белгілі ω_i бойынша $\omega(M)$ сипаттамасы арқылы табылады.

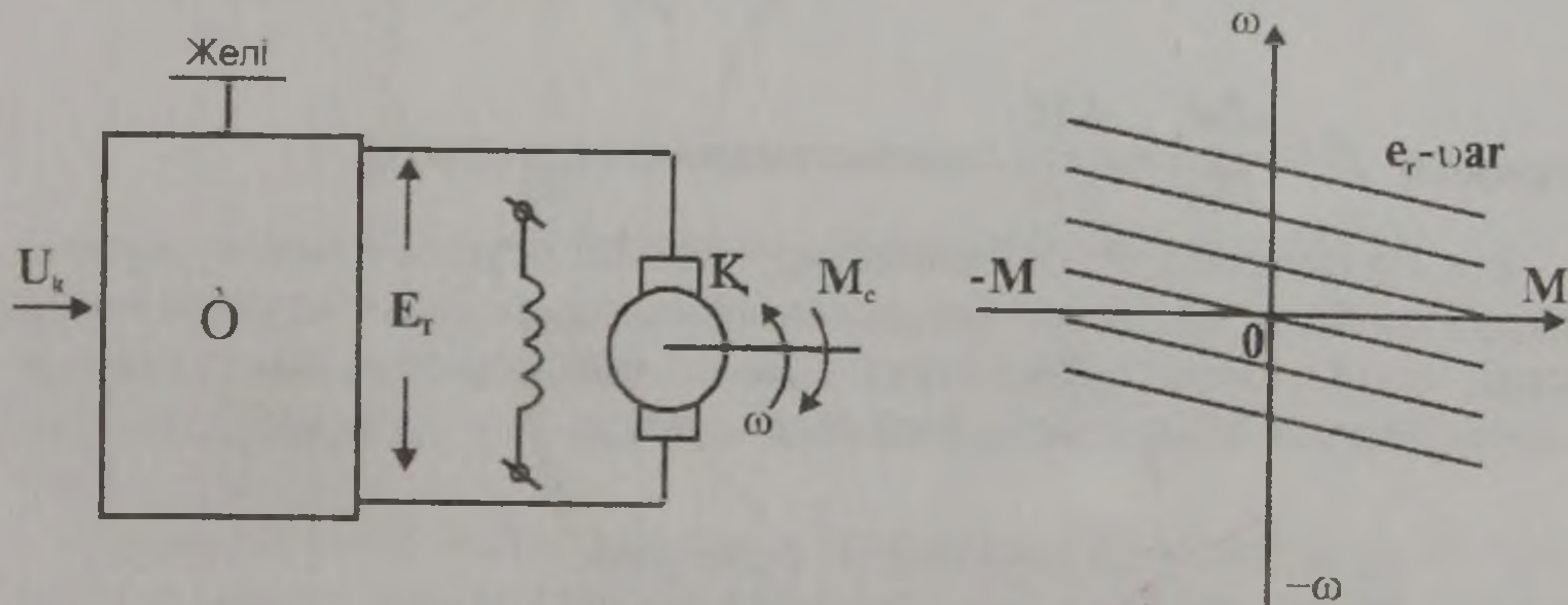
Мұндай есептеулер әдетте көп еңбекті қажет етеді, сондықтан да бұларды орындау үшін есептеу машиналарын қолданған жөн.

5.3. $L=0$ БОЛҒАНДА ЖӘНЕ ӘСЕР ЕТУ ФАКТОРЛАРЫ “БАҒУ” ӨЗГЕРГЕН КЕЗДЕГІ АУЫСПАЛЫ ПРОЦЕСТЕР

Бұл топтың есебіне жоғарыда түрлендіргіш-қозғалтқыш /ТҚ/ жүйесіндегі ауыспалы процестер жатқызылған. Ауыспалы процесс тудыратын фактор шапшаң өзгермейді /оның өзгеру шапшаңдығы, ауыспалы процестегі жетектің жылдамдығының өзгеруімен бірдей/: тек жетектегі механикалық екпін ғана ескеріледі /J/:, қозғалтқыш тізбегіндегі индуктивтілік аз немесе байқалмайды.

5-14 және 5-15 суреттерде Т-Қ жүйесінің қарапайым сүбесі мен механикалық сипаттамалары көрсетілген.

5-14 суреттегі сүбеде түрлендіргіштің ролін генератор /Г-Д жүйесі, тиристорлы түрлендіргіш /ТТ-Д/, магниттік күшейткіш



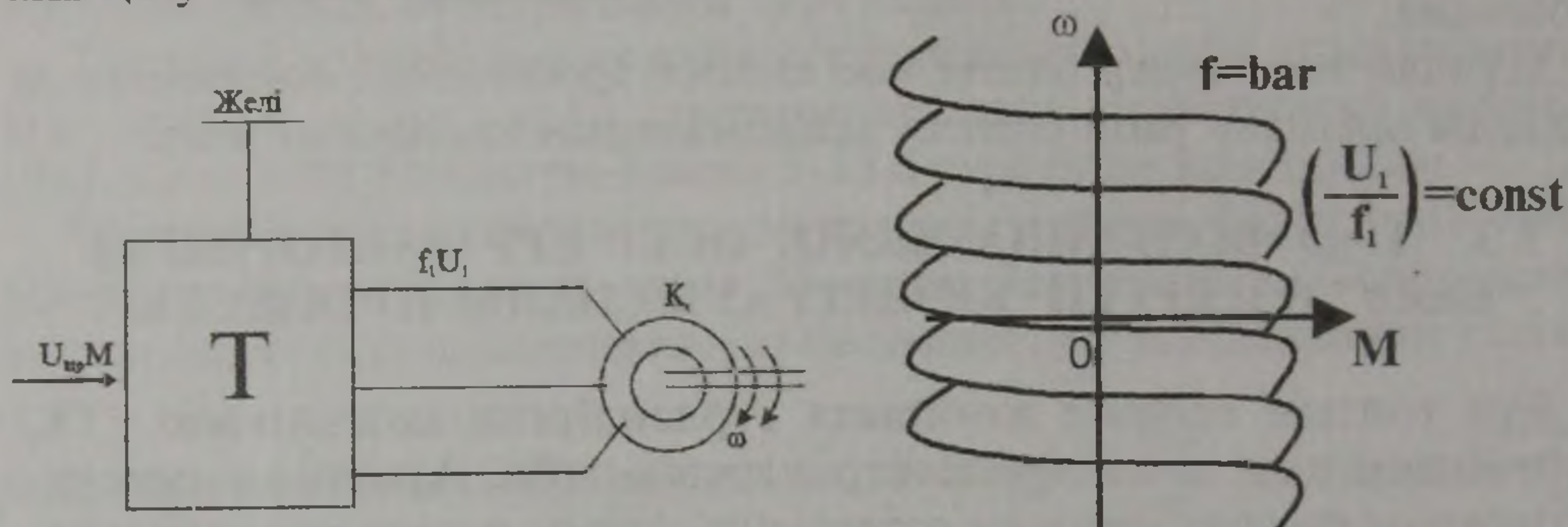
5-14 сурет. Т-Қ жүйесі және оның механикалық сипаттамасы.

МК-Д/ және т.б. атқара алады. Бұл жүйелердегі ауыспалы процестер тудыратын факторға e_r түрлендіргішінің ЭҚК-ін ауытқытатын кіріс сигналының $U_{кір}$ өзгеруі жатады.

5-15 суреттегі сүбеде түрлендіргіштің ролін генератор-қозғалтқыш синхронды генератор жүйесі, жетектің статикалық түрлендіргіші және т.б. атқарады. Ауыспалы процесс тудыратын фактор - түрлендіргіштің шығысындағы кернеу мен жиіліктің өзгеруіне әкеп соқтыратын, кіріс сигналдың $U_{кір}$ өзгеруі.

Бұрын айтылғандай, Т-Қ жүйесіндегі ауыспалы процестерді оқудағы мақсатымыз ауыспалы процестің жағдайы мен жетектің

параметрлері белгілі болған кездегі $i(t)$ және $\omega(t)$, $M(i)$ қатынастарын анықтау болып табылады.



5-15 сурет. АҚ-Т жүйесі, оның механикалық сипаттамасы.

Бірнеше жорамалдар мен шарттар кіргізейік.

1. Жетектің механикалық сипаттамалары $\omega(M)$ белгілі, түзу сызқты және бір-біріне параллель, яғни /5-4/ формуласымен берілген.

$$\omega = \omega_0 - \frac{M}{|\beta|} \quad /5-4/$$

мұндағы $\beta = \frac{dM}{d\omega} = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}$ - сипаттаманың қатаңдығы.

2. $e_T(t)$ немесе $f_1(t)$ байланыстары белгілі немесе анықтау мүмкін, яғни ауыспалы процесс тудыратын фактордың уақыт өтуімен өзгеру заңы, $e_T(t)$ немесе $f_1(t)$ жетектің идеал бос жүрістегі жылдамдығымен ω_0 бірдей байланыста болғандықтан,

$$\omega_0 = \frac{e_m}{C} \text{ -5-14 суретіндегі сүбе үшін} \quad /5-12/$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{P} \text{ -5-15 суретіндегі сүбе үшін}$$

5-15 сур. Сүбе үшін ω_0 -дың уақыт өтуімен өзгеру заңы белгілі.

3. Қозғалтқыштың, екпін моменті J , кедергі моменті M_c , соңғы $\omega_{\text{соп}}$ және бастапқы $\omega_{\text{баст.}}$ жағдайлары белгілі.

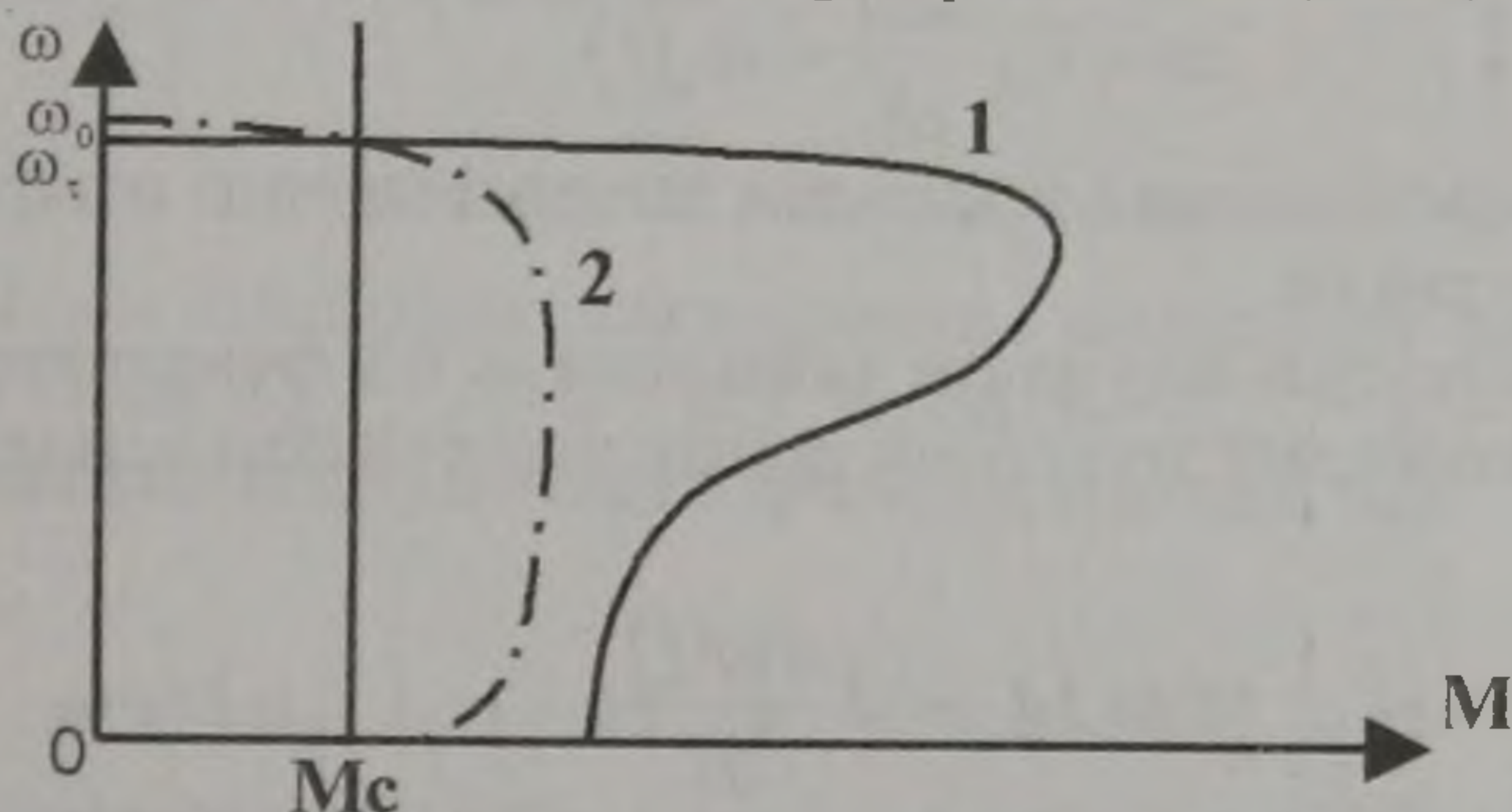
4. Түрлендіргіш екі жаққа да өткізеді, яғни $\omega(M)$ сипаттамалары барлық жазықтық ω, M квадраттарында орналасуы мүмкін.

Ең алдымен жоғарыдағы қарастырылған e_T немесе f_1 шапшаң өзгерген кезде, яғни жаңа механикалық сипаттама тез арада бірқалыпты жағдайға келгенде; ал момент M мен ω жылдамдықтың ауыспалы процесіндегі өзгерісі дәл осы сипаттамаға сәйкес өткен кездегі жағ-

дайлардың Т-Қ жүйесіндегі ауыспалы процестен айырмашылықтарын қарастырайық. Ауыспалы процесс жетектің статикалық механикалық сипаттамасымен анықталады.

Алдағы қарастырылатын есептерімізде e_t мен f_1 шапшаң өзгермейді, яғни жетектің бір сипаттамадан екінші сипаттамаға көшуі біртіндеп, жылдамдықтың өзгеруімен бір уақытта жүреді, осының арқасында әрбір уақыт кезеңінде жылдамдық ω пен M арасындағы сәйкестік статикалық механикалық сипаттамамен емес, басқа бір сипаттамалары өзгеше болып келген динамикалық сипаттамамен немесе жай ғана динамикалық сипаттамамен анықталады.

5-16 суретте мысал ретінде номинал жиіліктегі асинхронды қозғалтқыштың осындай жиіліктегі кернеу қозғалтқышқа шапшаң



5-16 сурет. АҚ статикалық, динамикалық сипаттамалары.

берілген кездегі статикалық сипаттамасы 1 және қандай да бір заң бойынша жиілікті нольден номиналға дейін біртіндеп өзгерту арқылы қозғалтқышты іске қосқан кездегі динамикалық сипаттамасы 2 көрсетілген.

Динамикалық сипаттамалар ауыспалы процесс туғызатын фактордың өзгеру жылдамдығын және жетектің параметрлерімен анықталады. Олар статикалық сипаттамалардан өзгеше формада болады.

Жетектің динамикалық сипаттамасынан $\omega(t)$ мен $M(t)$ қатынастарын оңай байқауға болады: $\omega(t)$ мен $M(t)$ тендеулерінен t уақытын алып тастап, біз динамикалық сипаттама аламыз.

А/. АУЫСПАЛЫ ПРОЦЕСТЕРДІ СУРЕТТЕЙТІН ТЕНДЕУЛЕР

Механикалық сипаттамасының тендеуінен /5-4/ алатынымыз:

$$M = |\beta|\omega_0 - |\beta|\omega \quad /5-13/$$

/5-13/-ны қозғалыс тендеуіне /5-1/ қойып, қарапайым түрлендіруден кейін мынаны аламыз:

$$\omega + \frac{J}{|\beta|} \cdot \frac{d\omega}{dt} = \omega_0 - \frac{M}{|\beta|} = \omega_c \quad /5-14/$$

$\frac{J}{|\beta|}$ туындысы кезіндегі коэффициент жоғарыдағыдай - электро-механикалық уақыт тұрақтылығы T_M деп белгіленеді. Тендеудің оң жақ бөлігі кедергі моментіне M_c сәйкес келетін жылдамдықты ω_c көрсетеді, бірақ қарастырып отырған жағдайда ω_0 , ендеше ω_c да тұрақты шамалар емес, белгілі уақыт функциялары $\omega_0(t)$ мен $\omega_c(t)$. Сонымен, /5-14/ тендеуі мынадай болады;

$$\omega + T_M \frac{d\omega}{dt} = \omega_c(t) \quad /5-15/$$

Бұл дифференциалды тендеудің шешімі ізденіп отырған қатынасты $\omega(t)$ анықтайды.

$M(t)$ қатынасын алу үшін табылған $\omega(t)$ функциясының туындысын /5-1/ қозғалыс тендеуіне қойып тікелей осы тендеуді қолданған ыңғайлы;

$$M = M_c + J \frac{d\omega(t)}{dt} \quad /5-16/$$

/5-15/ тендеуінің оң жақ бөлігі кез-келген түрде болуы мүмкін. $\omega_c(t)$ заңы, түрлендіргіш екпінді болмаған жағдайда оның кірісінде пайда болады; түрлендіргіш екпінді болған кезде $\omega_c(t)$ заңы түрлендіргіштің қасиеттерімен байланысты болады. Кейбір жағдайларда $\omega_c(t)$ заңы қажетті $\omega(t)$ заңын алатындай етіп құрылады.

Б/. $\omega_c(t)$ сызықты заң болған кездегі ауыспалы процестің тендеуі. /5-15/ тендеуінің шешімін бір маңызды функция $\omega_c(t)$ үшін, яғни ω_c -нің уақыт өтуімен сызықты өзгеруі үшін алайық;

$$\omega_c(t) = a + kt \quad /5-17/$$

Мұндай заң қарқын бергіштің көмегімен түрлендіргіш екпінді болмаған кезде құрылуы мүмкін.

/5-15/ тендеуі /5-17/ тендеуін есепке алғанда;

$$\omega + T_M \frac{d\omega}{dt} = a + kt \quad /5-18/$$

Шешуін, бұрынғыдай бос $\omega_{\text{бос}}$ және еріксіз $\omega_{\text{ер}}$ құрамдамалардың қосындысынан іздейміз;

$$\bar{\omega} = \omega_{\text{бос}} + \omega_{\text{ер}} \quad (*)$$

Еркін құрамдаманы (5-17), яғни біртекті тендеулердің шешімі мынадай болады:

$$\omega_{\text{бос}} = Ae^{-\frac{t}{T_n}}$$

Еріксіз құрамдаманы /5-17/ есепке ала отырып, мынадай түрде іздейміз:

$$\omega_{\text{ер}} = \beta + kt$$

өйткені, бірқалыпты режимде жылдамдық уақыттың өтуімен түзу сызықты өзгереді. $\omega_{\text{ер}}$ -ді /5-18/-ге қойып, алатынымыз:

$$\beta = kt + kT_M = q + kt$$

немесе $\beta = \alpha - kT_M$

Енді $\omega_{\text{бос}}$ пен $\omega_{\text{ер}}$ -ді (*)-ға қояйық

$$\omega = Ae^{-\frac{t}{T_M}} + a - kT_M + kt \quad /5-19/$$

А тұрақтысын бастапқы жағдайларды қолданып табамыз; $t=0$, $\omega=\omega_{\text{бос}}$ болған кезде $\omega_{\text{бос}} = A + a - kT_M$ бұдан $A = \omega_{\text{баст.}} - a + kT_M$ шығады.

Қорытындылай келе мынадай формуланы аламыз:

$$\omega = (\omega_{\text{бос}} - a + kT_M)e^{-\frac{t}{T_M}} + a - kT_M + kt \quad /5-20/$$

Енді Т-К жүйесіндегі кейбір нақтылы ауыспалы процесстерді қарастыруға көшейік.

В/ жүктемесіз іске қосу

Ауыспалы процесс тудыратын фактордың уақыт бойынша өзгеру заңы, e_t не f_t немесе жалпы жағдайда ω_0 /5-17/ суретте көрсетілгендей деп алайық. $M_c=0$ жүктемесіз іске қосу / болғандықтан $\omega_c(t)$; $\omega_0(t)$ – мен бірдей болады.

Қабылдаған $\omega_c(t)=\omega_0(t)$ заңында

$$k = \frac{\omega_{01}}{t_1} = \varepsilon$$

мұндағы ε - өзгеру жылдамдығын сипаттайтын үдеу.

$$\alpha=0$$

яғни $0 < t < t_1$ болғанда $\omega_c(t) = \varepsilon t$

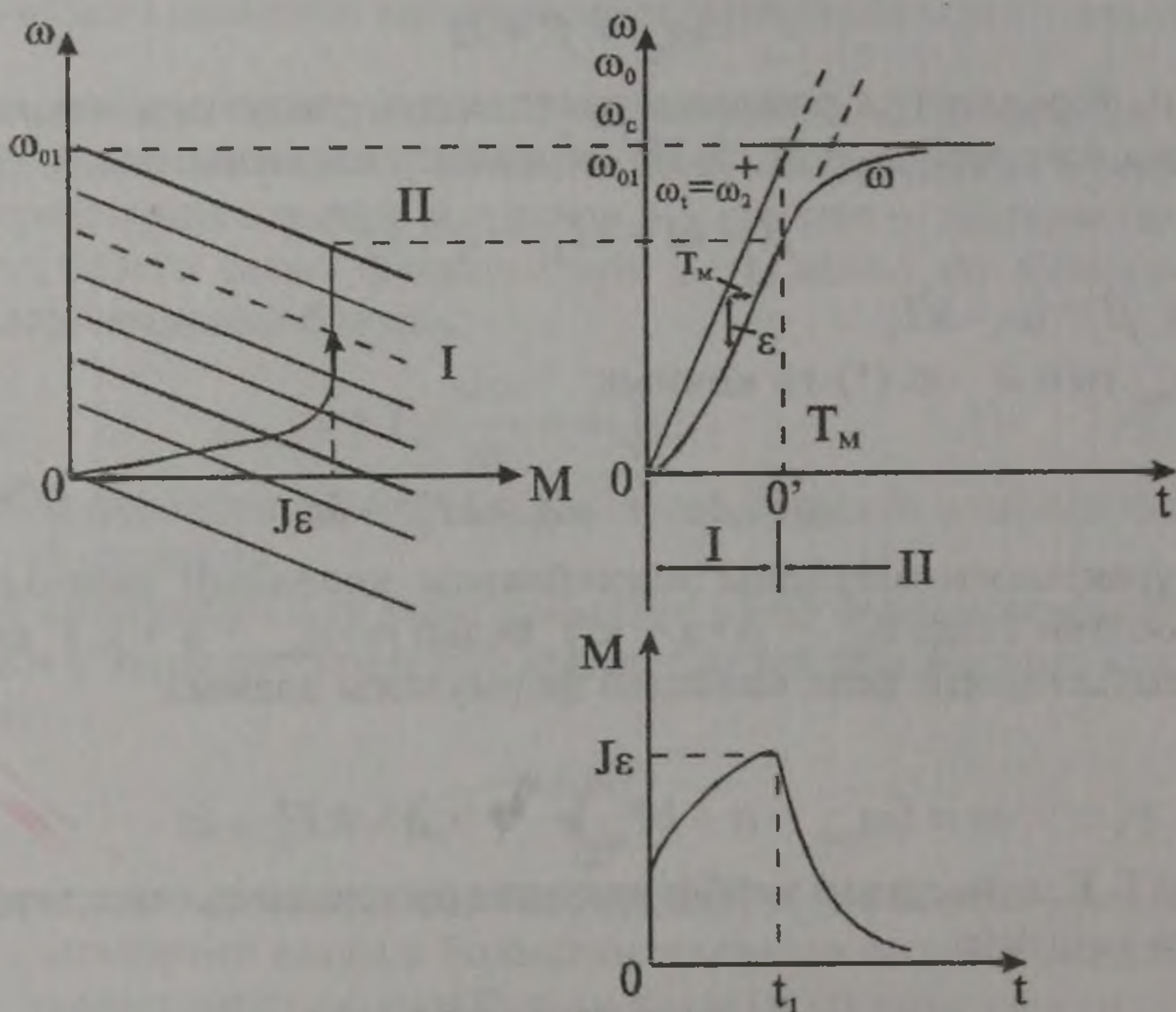
$t > t_1$ болғанда $\omega_c(t) = \omega_{01} = \text{const}$

$t=t_1$, болғанда $\omega_c(t)$ функциясының сынуы ауыспалы процесс екі кезеңнен тұратын және олардың әрбір бөлігін бөлек есептеу керек екенін көрсетеді.

I – кезең $0 < t < t_1$

$t=0$ болғанда $\omega_{\text{бзс}}=0$ деп алып және /5-20/ формуласына $\alpha=0$ қойып

алатынымыз;
$$\omega = \mathcal{E}T \cdot e^{-\frac{t}{T_M}} + \mathcal{E}t = \mathcal{E}t - \mathcal{E}T_M \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right) \quad /5-21/$$



5-17 сурет. Динамикалық механика сипаттамалары.

/5-16/ теңдеуін қолданып, моменттің уақыт бойынша өзгеру заңын табамыз.

$$M = J\mathcal{E} \left(1 + e^{-\frac{t}{T_M}} \right) \quad /5-22/$$

Алынған теңдеуге талдау жүргізейік;
Қозғалтқыштың үдеуі былай анықталады:

$$\frac{d\omega}{dt} = \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

$$t=0 \text{ болғанда } \omega_0 = \left. \frac{d\omega}{dt} \right|_{t=0} = 0$$

Бұл қорытынды ақиқат; $t=0$ болғанда $\omega_c = \omega_0 = 0$ яғни e_T немесе $f_1 = 0$ жетек моментін арттырмайды және де қозғалыс теңдеуіне сәйкес /5-1/

$$J \frac{d\omega}{dt} = \nu \quad \text{және} \quad \frac{d\omega}{dt} = \nu$$

$t > 3T_M$ болғанда $\left. \frac{d\omega}{dt} \right|_{t > 3T_M} \approx \mathcal{E}$ болады, яғни жылдамдықтың өзгеру қарқыны, ауыспалы процесс тудыратын фактордың қарқынымен бірдей болады. /5-21/ теңдеуінен шығатыны $t > 3T_M$ болғанда $\omega = \mathcal{E}(t - T_M) = \omega_c(t) - \mathcal{E}T_M$ /5-17/ суретте $\omega_c(t)$ мен $\omega(t)$ қисықтарының графигі көрсетілген.

$\omega(t)$ қисығы $\omega_0(t)$ - мен салыстырғанда оңға қарай T_M шамасына жылжытылған. $t > 3T_M$ болғандағы әрбір уақыт кезеңінде ω_c мен ω - ның аралығындағы айырмашылық $\mathcal{E}T_M$ -ге тең.

/5-22/-ге сәйкес момент экспоненциалдық заңмен өседі /5-17 сур. кара/ де $t > 3T_M$ болғанда $M_{max} = J\mathcal{E}$ шамасына жетеді.

Бұл қатынас мүмкіндік шамасын E бағалауға жағдай туғызады. Шынында егер $M_{max} = M_{мум.а}$ деп есептесек, онда

$$\mathcal{E}_{мум} = \frac{M_{мум.а}}{J} \quad \text{болады.}$$

Сонымен қатар, момент мүмкіндік мәнінен аспайтын кездегі жетекті минимал іске қосу уақытын да табуға болады.

$$t_{1min} = \frac{\omega_{01}}{\mathcal{E}_{мум}} = \frac{J\omega_{01}}{M_{мум.а}}$$

Егер қалыпты орташа қуатты электр машиналары үшін, $M_{мум.а} = 2M_H$

ал $|\beta| = \frac{20M_H}{\omega_{01}}$ деп алсақ, онда $t_{1Min} = \frac{J}{|\beta|} \cdot 10 = 10T_M$ болады.

II кезең.

II кезеңде $\omega_c = \omega_{01}$ ендеше e_T - да немесе t_1 -де тұрақты шамалар болып табылады.

Бұл жағдайдағы ауыспалы процестердің жоғарыда қарастырған бірінші топтың есептеріне жататын ауыспалы процестерден еш өзгешелігі жоқ. Егер уақытты t_1 -ден бастап санасақ /0 нүктесі/, онда жылдамдық пен момент /5-10/ теңдеуіне сәйкес өзгереді. $X_{баст.}$ ретінде

t_1 уақыты кезеңіндегі ω мен M шамаларын қабылдау керек. Егер $t_1 < 3T_M$ болса, бастапқы мәндері /5-21/, /5-22/ бойынша анықталады. Бұл формулаларға $t=t_1$ мәнін қою қажет.

II кезеңдегі $\omega(t)$ мен $M(t)$ графиктері 5-17 суретте көрсетілген.

Сол 5-17 суреттің сол жағында іске қосқандағы динамикалық механикалық сипаттама келтірілген.

Жоғарыда қарастырылған барлық шамалар мен қатынастардың, тұрақты тоқ қозғалтқышы бар Т-Д жүйесі үшін физикалық мәні бар. Шынында,

$$\omega_0(t) = \frac{e_T(t)}{C}; \quad \omega(t) = \frac{e_{\text{козг}}(t)}{C}$$

яғни $\omega(t)$ қисығы біраз масштабтағы e_T уақыт бойынша өзгеру заңын көрсетеді, ал $\omega(t)$ қисығы — осы масштабтағы $e_{\text{козг}}$ -нің өзгеру заңын көрсетеді. Кирхгофтың екінші заңына сәйкес, осы шамалардың айырмашылығы якорь тізбегіндегі өтетін тоқты анықтайды:

$$i(t) = \frac{e(t) - e_{\text{козг}}(t)}{R_{\Sigma}}$$

Олай болса қозғалтқышпен арттырылатын моментті де анықтайды.

$$M(t) = Ci(t)$$

Г) ЖҮКТЕМЕСІЗ РЕВЕРС

Реверсті іске асыру үшін ω_0 өзінің бағытын өзгерту керек. Онда не e_T нольге дейін төмендеп, содан кейін таңбасын өзгертеді де берілген шамаға дейін өседі, немесе t_1 нольге дейін төмендейді де, фазалардың алмасуын өзгертеді және t_1 берілген шамаға дейін өседі.

Бұрынғыдай $0 < t < t_1$ болғанда ω_0 уақыт бойынша сызықтық заң бойынша, содан кейін $t > t_1$ болғанда $\omega_0 = \omega_{01}$ деп есептемейміз. Сонымен, ауыспалы процесс әрқайсысы бөлек қарастырылатын екі бөліктен тұрады. Ауыспалы процесс жүктемесіз іске асқандықтан ($M_c = 0$) $\dot{Y}_c(t) = \omega_0(t)$ болады.

I кезең $0 < t < t_1$

I кезеңде 5-17 теңдеуінде $a = \omega_0$, $R = -E$ қойып, $\omega_c(t)$ ның өзгеруін көрсетуге болады. Олай болса, $\omega_{\text{бос}} = \omega_{01}$ болғандағы 5-20 теңдеуін қолданып мынаны аламыз;

$$\omega = -\mathcal{E}T_M e^{\frac{t}{T_M}} + \omega_{01} + \mathcal{E}T_M - \mathcal{E}t$$

немесе

$$\omega = \omega_{01} - \mathcal{E}t + \mathcal{E}T_M \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

5-16 теңдеуі моменттің M уақыт бойынша өзгеру заңын анықтайды

$$M = J \frac{d\omega}{dt} = -J \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

Алынған теңдеулерге талдау жүргізейік.

Жетектің үндеуі $\frac{d\omega}{dt} = \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$ $t=0$ болғанда $\left. \frac{d\omega}{dt} = 0 \right|_{t=0} = 0$

болады.

$t = 0$ болса $M = 0$ болады, $J \frac{d\omega}{dt} = 0$ және $\frac{d\omega}{dt} = 0$ $t > 3T_M$ бол-

ғанда $\left. \frac{d\omega}{dt} \right|_{t > 3T_M} \approx -\mathcal{E}$, яғни іске қосқандағы сияқты, жылдамдық та

ауыспалы процесс туғызатын фактордың өзгеру қарқынымен өзгереді. $t > 3T_M$ болғанда

$$\omega = \omega_{01} - \mathcal{E}(t - T_M) = \omega_c(t) + \mathcal{E}T_M$$

яғни іске қосқан кездегідей $\omega(t)$ қисығы $\omega_c(t)$ қисығынан оңға қарай орналасады, және де t осі бойындағы жылжу T_M шамасына тең, ал $t > 3T_M$ болғанда әрбір уақыт кезеңінде ω_c мен ω -ның аралығындағы айырмашылық $\mathcal{E}T_M$ -ге тең.

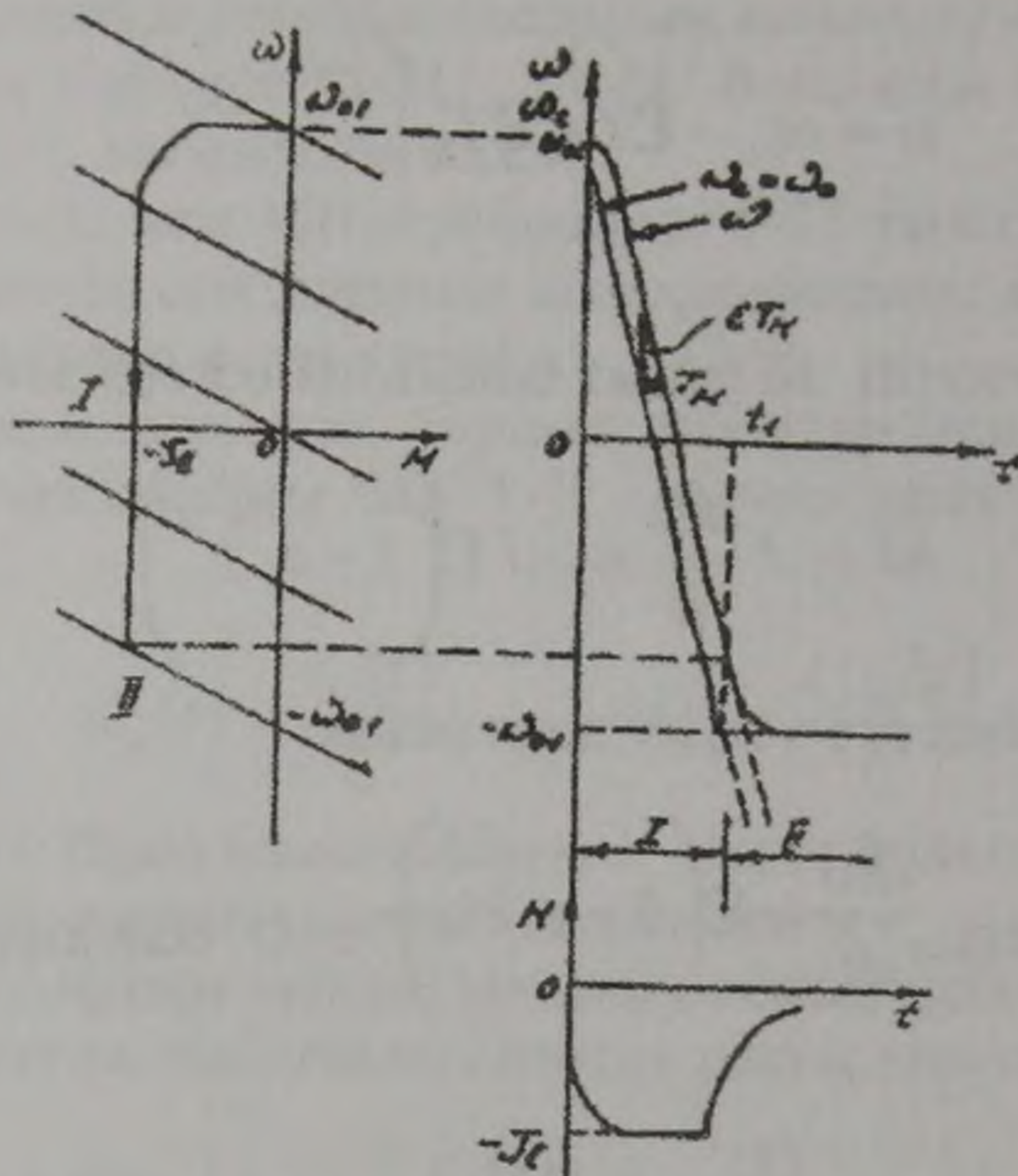
Момент теріс және экспоненциалды заң бойынша

$$M_{\max} = -J \mathcal{E}$$

шамасына дейін өзгереді.

II кезең ($t > t_1$)

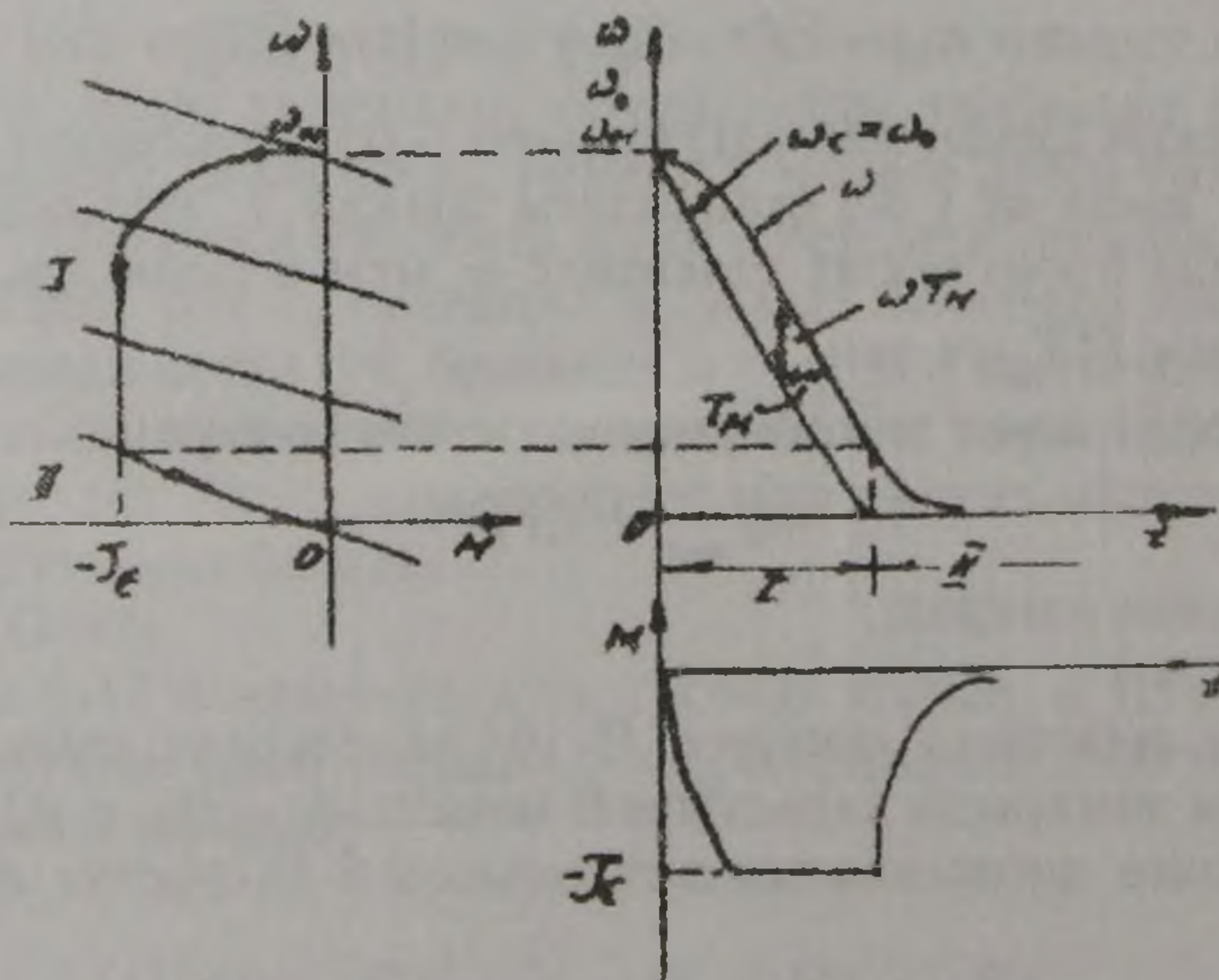
II кезеңде ауыспалы процесс /5-10/ теңдеуімен анықталады, ал есептеу жолы жоғарыда қарастырғанымыздай; $\omega_c(t)$, $\omega(t)$ және $M(t)$ қисықтары және динамикалық сипаттамасы 5-18 суретте көрсетілген.



5-18 сурет. $W(f)$, $M(f)$ динамикалық сипаттамалар.

Д) ЖҮКТЕМЕСІЗ ТЕЖЕУ

Тежеген кезде ω_0 , ω_{01} - ден нольге дейін өзгереді. Реверстегі сияқты процесс екі кезеңнен тұрады және де I кезеңде ($\omega < t < t_1$) $\omega(t)$ мен $M(t)$ қисықтары реверстегі қисықтармен бірдей, ал II-ші кезеңде $X_{\text{баст}}$ мен $X_{\text{соң}}$ -ға сәйкес /5-10/ теңдеуіне бағынады.



5-19 сурет. $\omega(t)$, $M(t)$ қисықтары мен динамикалық сипаттамалары.

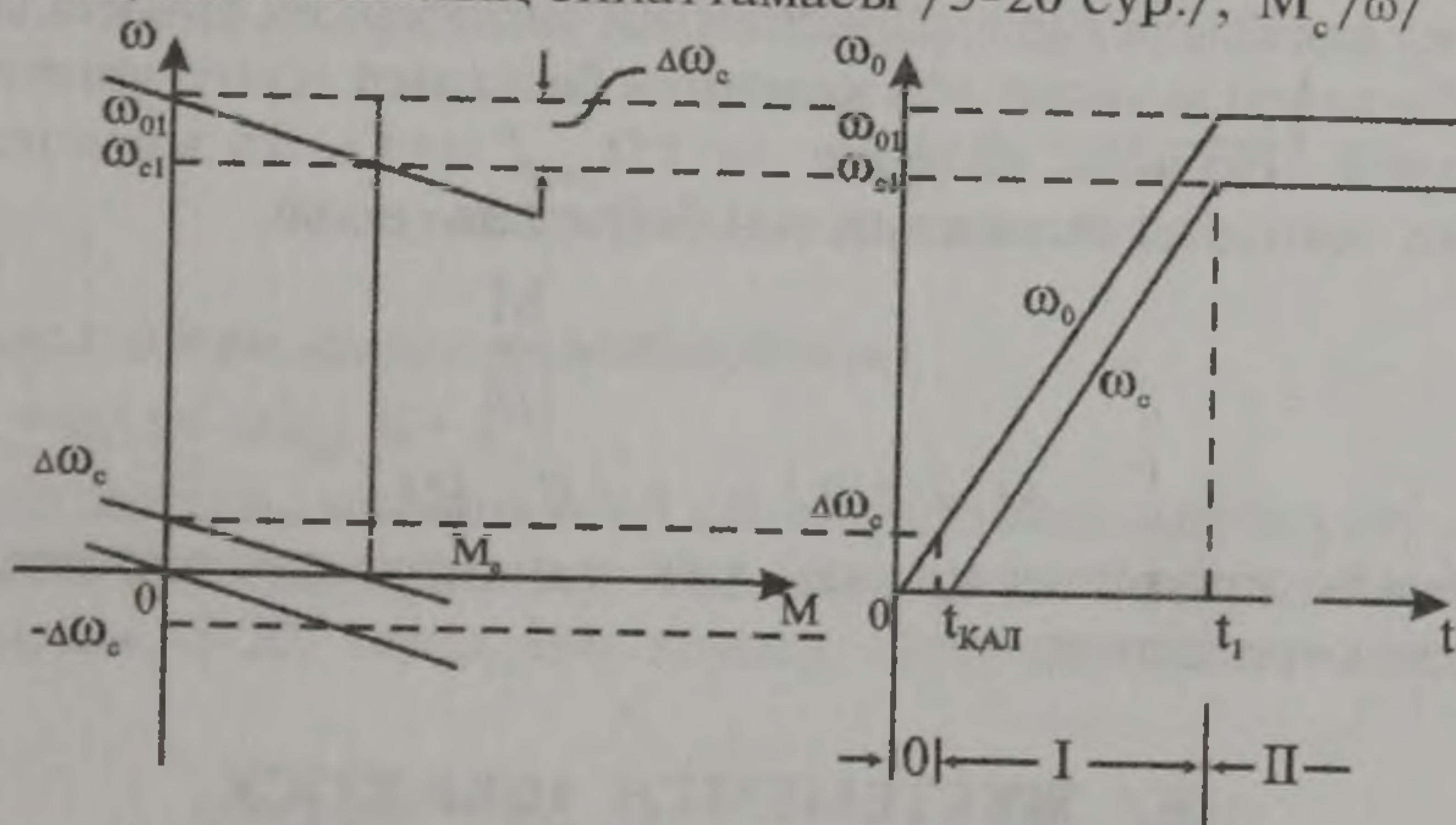
Е/. ЖҮКТЕМЕМЕН ІСКЕ ҚОСУ

M_c – реактивті

Жүктемемен іске қосқан кезде, басқа да ауыспалы процестер сияқты $M_c \neq 0$ болғанда жоғарыда қарастырылған жағдайлардан ($M_c = 0$) принципиалдық айырмашылығы сол, мұнда $\omega_c \neq \omega_0$ және $\omega_c(t)$ мен $\omega_0(t)$ графиктері бірдей болмайды. Сонымен бірге, егер $\omega_c t$ ны біле отырып $\omega_c(t)$ -ны табуды үйренсек, онда біз жоғарыда алынған қорытындыларды /5-20/ теңдеуін қолдана аламыз. Және оған $\omega_{\text{бост.}}$ сонымен қатар $\omega_c(t)$ қисығынан а-мен к-ны қойып, қандай жағдайға болса да $\omega(t)$ заңын тауып ала аламыз.

Сонымен, $M \neq 0$ болғанда уақыт бойынша ω_c -тің өзгеру заңын іздейміз, оны тапқаннан кейін, /5-20/ теңдеуін және жоғарыда қарастырылған $\omega(t)$ алуға арналған тәсілдерді қолдануға болады.

Жетектің механикалық сипаттамасы /5-20 сур./, $M_c / \omega /$



5-20 сурет. $W(M)$ -графикі, ауыспалы процестер.

графикі, және $\omega_0(t)$ графикі белгілі болсын. $M_c = \text{const}$ /5-4/ теңдеуінен

$$\omega_c = \omega_0 - \frac{M_c}{|\beta|}$$

$\frac{M}{|\beta|} = \Delta\omega_c$ – деп белгілеп, алатынымыз;

$$\omega_c(t) = \omega_0(t) - \Delta\omega_c$$

Ендеше, $\omega_c(t)$ қатынасын $M_c = \text{const}$ болған жағдайда барлық ординатасын $\Delta\omega_c$ -ға кішірейтіп алуға болады. Бұл кезде мынаған көңіл аудару керек; $\omega = 0$ болғанда, реактивті M_c таңбасын өзгертеді. Бұл $\Delta\omega \leq \omega_0 \leq \omega_c$ болғанда $\omega_0 = 0$ болатынын көрсетеді. ω_0 -дың $\Delta\omega_c$ шамасына

дейін өсетін уақытын табуға болады. /Бұл уақыт кейбір кездерде кешігу уақыты деп аталып, $t_{\text{кеш}}$ деп белгіленеді/. Жалпы жағдайда бұлай болса

$$\omega_c = a + kt; \quad \Delta\omega_c = a + kt_{\text{кеш}}$$

бұдан

$$t_{\text{кеш}} = \frac{\Delta\omega_c - a}{k}$$

Егер $a=0$, $k=\varepsilon$ болса, онда

$$t_{\text{кеш}} = \frac{\Delta\omega_c}{\varepsilon} = \frac{M}{|\beta|\varepsilon} \text{ болады.}$$

Сонымен, $\omega_c(t)$ графигі 5-20 суретінде көрсетілгендей болады және үш бөліктен О, I және II тұрады. I-ші және II-ші кезеңдегі ауыспалы процестер жоғарыда қарастырылғандай тәсілдермен анықталады. Тек қана әрбір кезеңде уақыт сол кезеңнен басталып есептелінетінін еске ұстау керек. Нольдік кезеңде $0 < t < t_{\text{кеш}}$ $\omega = 0$, ал момент /5-4/ теңдеуіне қатысты сызықтық заң бойынша өседі.

$$0 = \omega - \frac{M}{|\beta|}$$

$$M = |\beta| \omega_0 = |\beta| \varepsilon t$$

Ауыспалы процестің қисығы мен динамикалық сипаттамасы 5-21 суретте көрсетілген.

Ж/ ЖҮКТЕМЕМЕН ІСКЕ ҚОСУ

M_c — активті

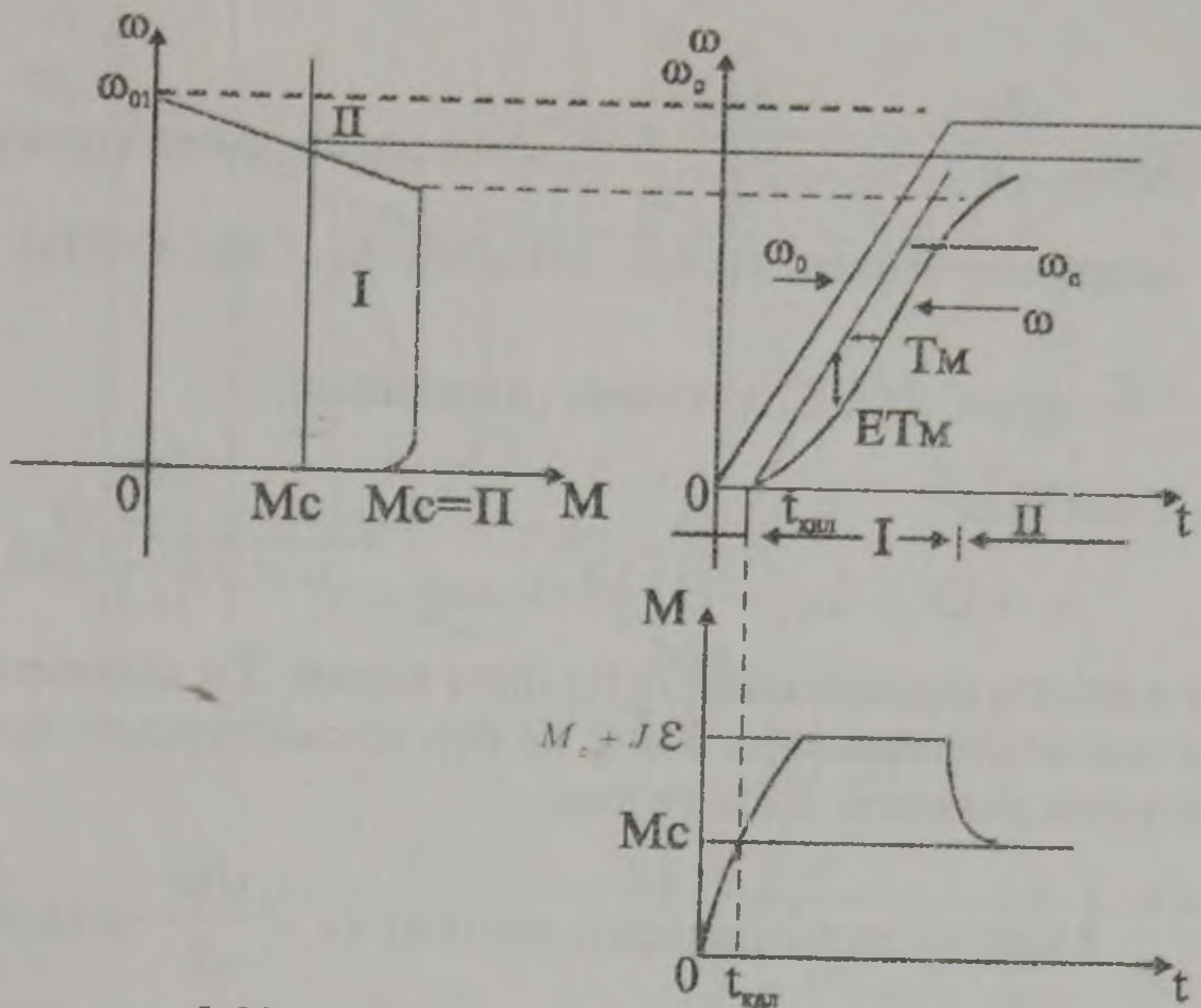
Бұл жағдайда M_c таңбасын өзгертпейді, және ауыспалы процесс екі кезеңнен тұрады.

I кезеңде өткен жағдайдағы байланыс сияқты қатынастары мына формуламен анықталады:

$$\omega_0(t) = \varepsilon t \cdot \omega_c(t)$$

$$\omega_c(t) = -\Delta\omega_c + \varepsilon \cdot t$$

Ауыспалы процестің жүру сипаты I кезеңнің бастапқы жағдайларымен анықталады.



5-21 сурет. Ауыспалы процесстерді есептеу.

Екі қарапайым мысал қарастырайық.

1. $\omega_{\text{бос}} = 0$; $a = -\Delta\omega_c$; $K = \epsilon$

Бұндай жағдай, мысалы егер көтергіш лебедкада берілу сигналы бір уақытта өскенде және жүк тежелген кезде болады. Көрсетілген жағдайларды /5-20/ теңдеуіне қойып, қарастырамыз.

$$\omega = (\Delta\omega_c + \epsilon T_M) e^{-\frac{t}{T_M}} - \Delta\omega - \epsilon T_M + \epsilon t$$

немесе

$$\omega = \epsilon t - (\Delta\omega_c + \epsilon T_M) \left(1 + e^{-\frac{t}{T_M}} \right) \quad /5-25/$$

Осы теңдеуге талдау жүргізейік.

$$\frac{d\omega}{dt} \epsilon - \frac{\Delta\omega - \epsilon T_M}{T_M} e^{-\frac{t}{T_M}} = \epsilon - \left(\frac{\Delta\omega}{T_M} + \epsilon \right) e^{-\frac{t}{T_M}}$$

$t = 0$ болғанда $\frac{d\omega}{dt}\Big|_{t=0} = \frac{-\Delta\omega_c}{T_M} < 0$, яғни алғашқы кезде жүк өз сал-

мағының әсерінен төмен түседі, өйткені $M < M_c$ $t > 3T_M$ болғанда

$\frac{d\omega}{dt}\Big|_{t>3T_M} = \mathcal{E}$, яғни жүк \mathcal{E} үдеумен көтеріледі.

$t > 3T_M$ болғанда

$$\omega \approx \mathcal{E}t - \Delta\omega_c - \mathcal{E}T_M = -\Delta\omega_c + \mathcal{E}(t - T_M)$$

яғни, $\omega(t)$ қисығы бұрынғыдай $\omega_c(t)$ оңға қарай T_M шамасына айырмашылық жасап орналасады және де бұл қисықтардың ординаталарының айырмашылығы $\mathcal{E}T_M$ -ге тең.

Үдеу $\frac{d\omega}{dt}$ ендеше динамикалық момент те $J \frac{d\omega}{dt}$ экспонент бой-

ынша өзгереді: қозғалтқышпен арттырылатын момент /5-16/ теңдеуімен анықталады. Ауыспалы процестердің графигі мен динамикалық сипаттамасы /5-22/ суретте көрсетілген.

$$2/. \quad \omega_{баст.} = -\Delta\omega_c; \quad a = -\Delta\omega_c; \quad K = \mathcal{E}$$

Бұндай жағдай, жүкті көтерудің алдында жүк өз салмағының әсерінен бірқалыпты жылдамдықпен төмен түскен кезге сәйкес келеді.

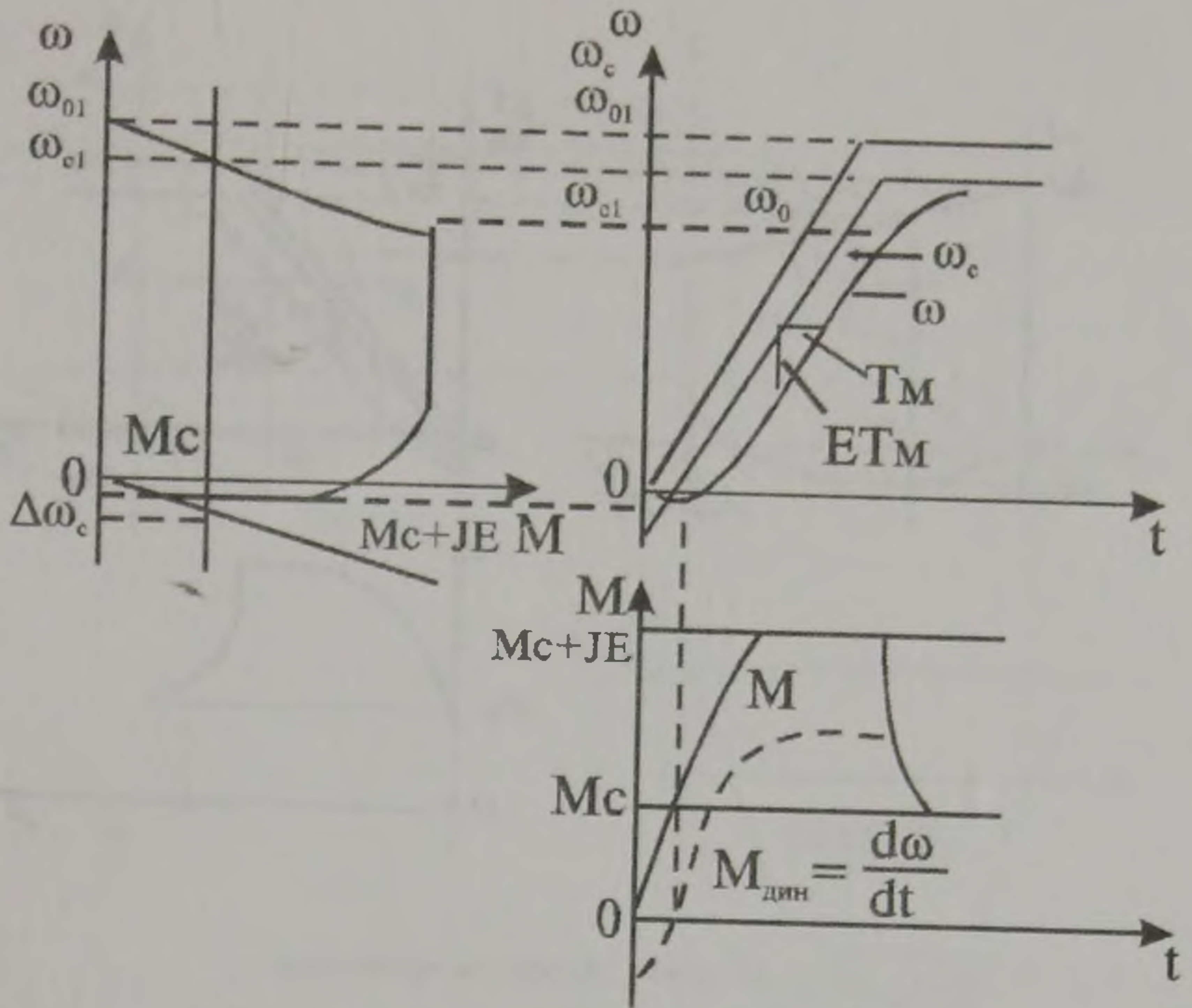
/5-20/ теңдеуі бойынша

$$\omega = (-\Delta\omega_c + \Delta\omega_c + \mathcal{E}T_M) e^{-\frac{t}{T_M}} - \Delta\omega_c - \mathcal{E}T_M + \mathcal{E}t$$

немесе

$$\omega = \mathcal{E}t - \Delta\omega_c - \mathcal{E}T_M \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right) \quad /5-26/$$

Бұл теңдеуді /5-21/- мен салыстырсақ, ауыспалы процестің, жүктемесіз іске қосқандағы ауыспалы процеспен бірдей болатынын



5-22 сурет. Ауыспалы процестерді есептеу.

көруге болады, бірақ бұл жағдайда $\omega_c(t)$ мен $\omega(t)$, $\Delta\omega_c$ шамасына төмен жылжиды.

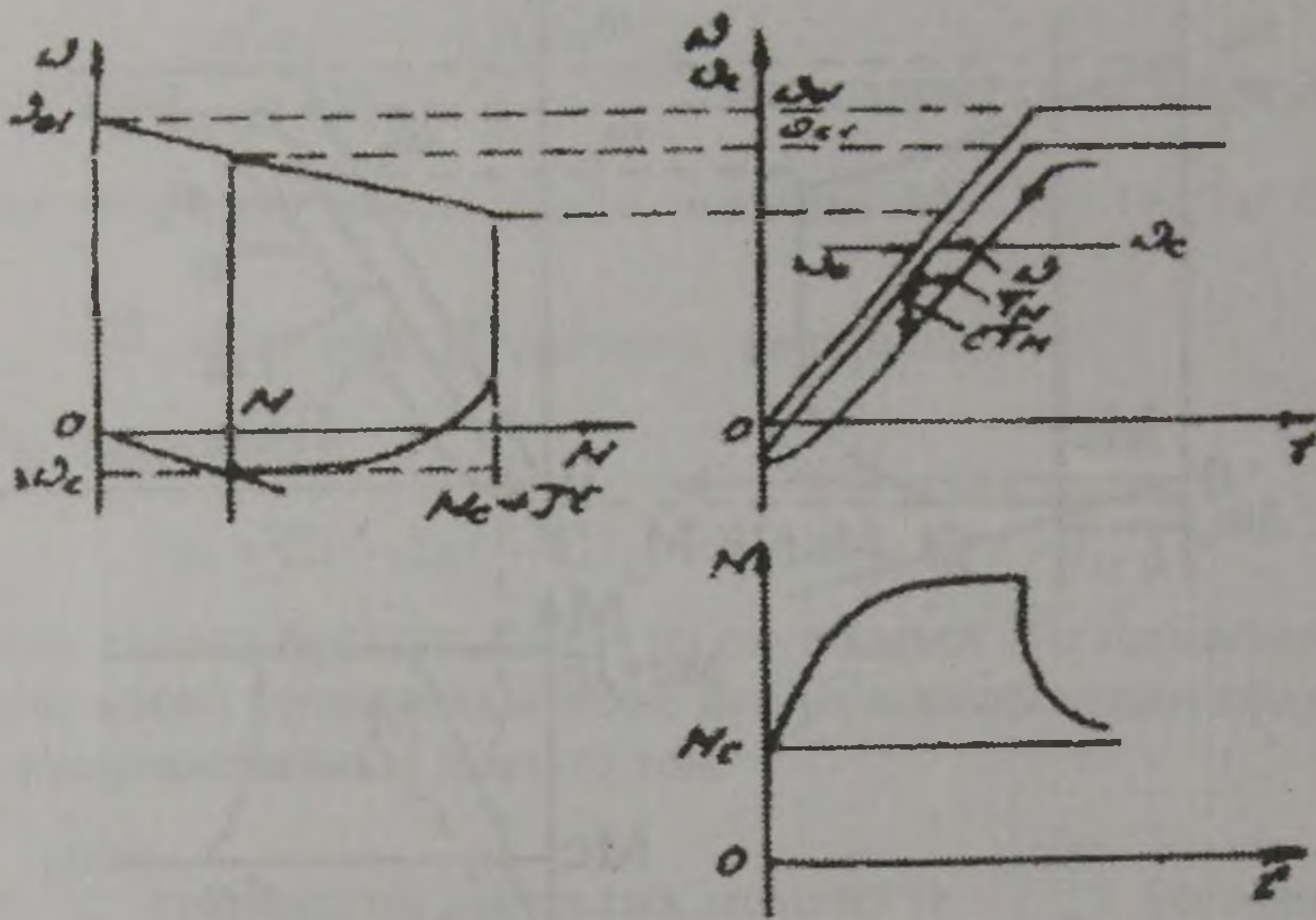
Динамикалық момент мына формуламен анықталады.

$$M_{\text{дин}} = J \frac{d\omega}{dt} = J \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

Бұл формула /5-22/- мен бірдей; қозғалтқышпен арттырылатын момент, /5-16/ сәйкес былай жазылады;

$$i(t) = \frac{e(t) - e_{\text{козг}}(t)}{R_{\Sigma}}$$

Ауыспалы процестің графигі мен динамикалық сипаттамасы /5-23/ суретте көрсетілген.



5-23 сурет. Ауыспалы процестер.

3/. ЖҮКТЕМЕМЕН ТЕЖЕУ

M_c - активті

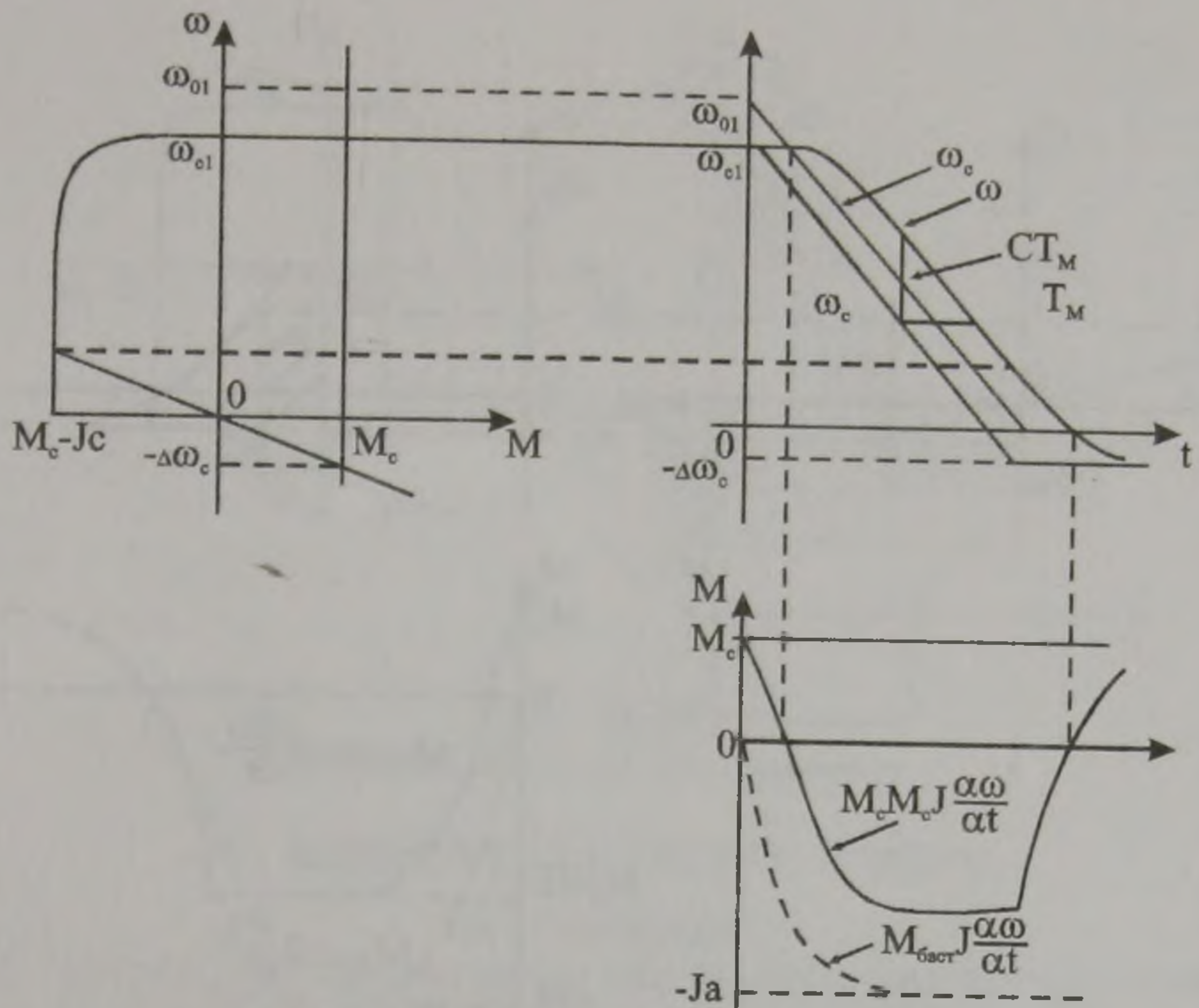
$\omega_c(t)$ заңын алу үшін тағы да /5-4/ формуласын қолданамыз. Бұл қатынасты алғаннан кейін /5-24 сур. қара/ /5-20/ тендеуіне $\omega_{баст.} = \omega_{cl}$; $a = \omega_{cl}$ $K = E$ мәндерін қойып, осы тендеудің көмегімен I кезеңдегі $\omega(t)$ қисығын салуға көшеміз.

$$\omega = (\omega_{cl} - \omega_{cl} - \epsilon T_M) e^{-\frac{t}{T_M}} + \omega_{cl} + \epsilon T - \epsilon t$$

немесе

$$\omega = \omega_{cl} \epsilon t + \epsilon T_M \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

осы тендеу бойынша I этаптағы $\omega(t)$ қисығын салуға көшеміз.



5-24 сурет. Ауыспалы процестердің түрлері.

Қозғалтқыш моментінің теңдеуі мынадай болады:

$$M = -M_c + J \frac{d\omega}{dt} = M_c - J \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

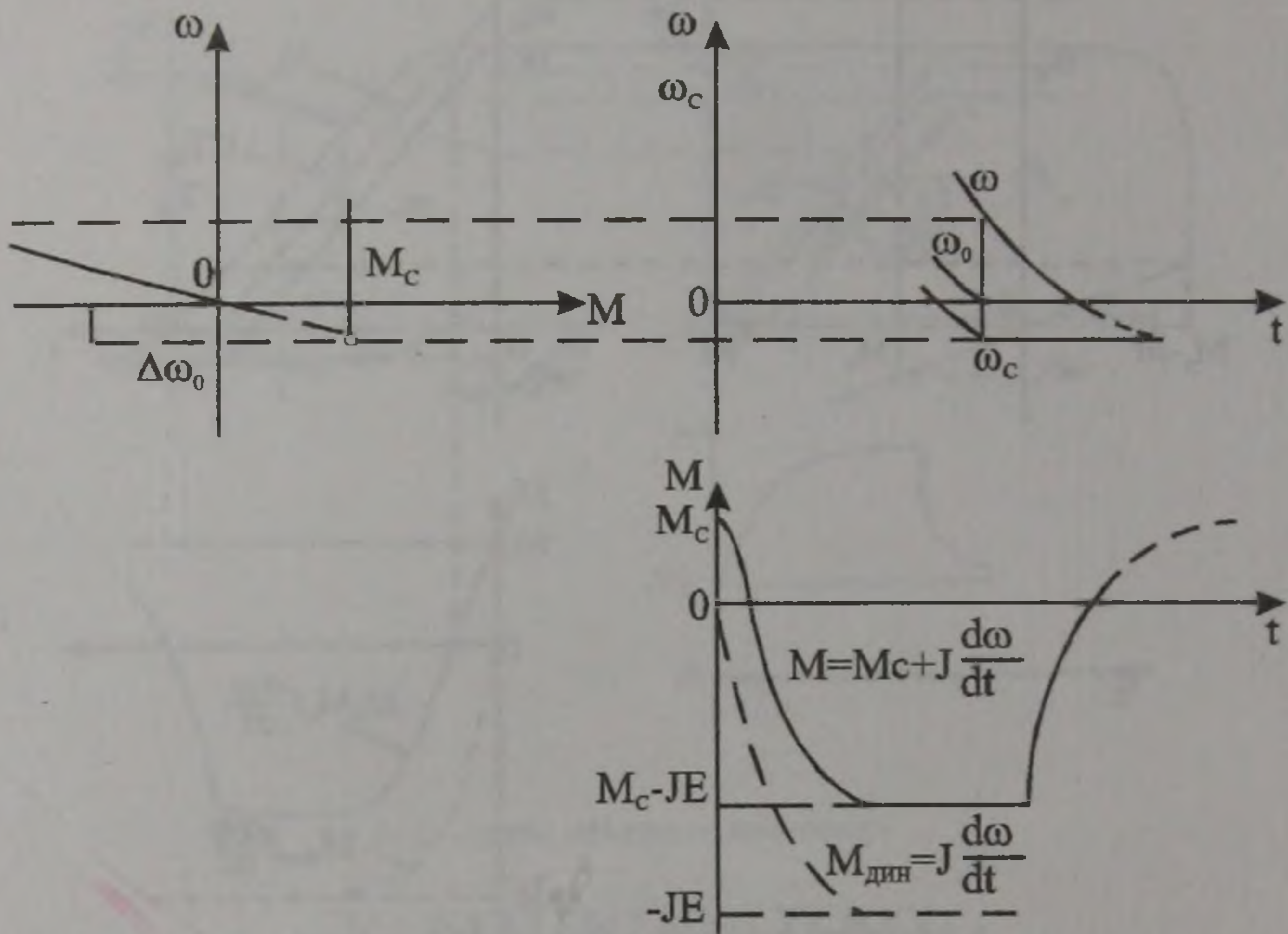
II кезеңде \$\omega\$ мен \$M\$ - \$\Delta\omega_c\$ мен \$M_c\$ - шамасына ұмтылатын экспонент бойынша өзгереді.

Ауыспалы процестің графигі мен динамикалық сипаттамасы 5-24 суретте көрсетілген.

И/. ЖҮКТЕМЕМЕН ТЕЖЕУ

\$M_c\$ - реактивті

\$\omega\$ нольге жеткен кездегі уақытқа дейін ауыспалы процесс жоғарыда қарастырылғандардан еш өзгешелігі жоқ. Содан кейін \$\omega = M = 0\$, өйткені реактивті \$M_c\$ машинаны қозғалысқа келтіре, алмайды /5-25 сур./



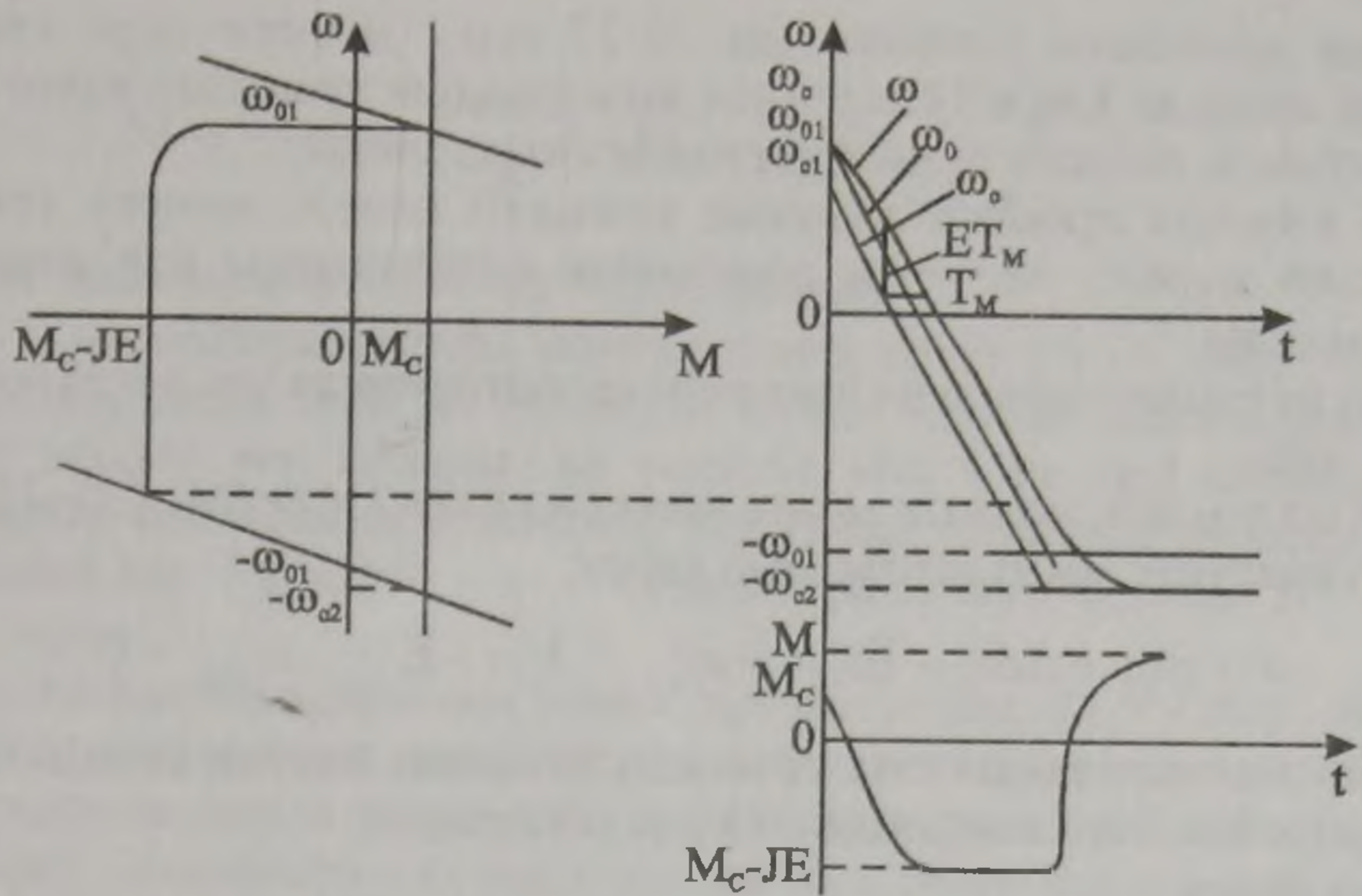
5-25 сурет. Тежеу ауыспалы процестер.

M_c едәуір болғанда және E -ның шамасында машина қозғалтқыштық режимде тежелуі екенін есте сақтау керек.

К/. ЖҮКТЕМЕ КЕЗІНДЕГІ РЕВЕРС

M_c – активті

Бұл жағдай M_c активті болған кездегі тежеумен бірдей деуге болады, айырмашылығы тек қана II кезеңнің басына сәйкес келетін уақыт моментіне ғана қатысты /5-26 сурет./

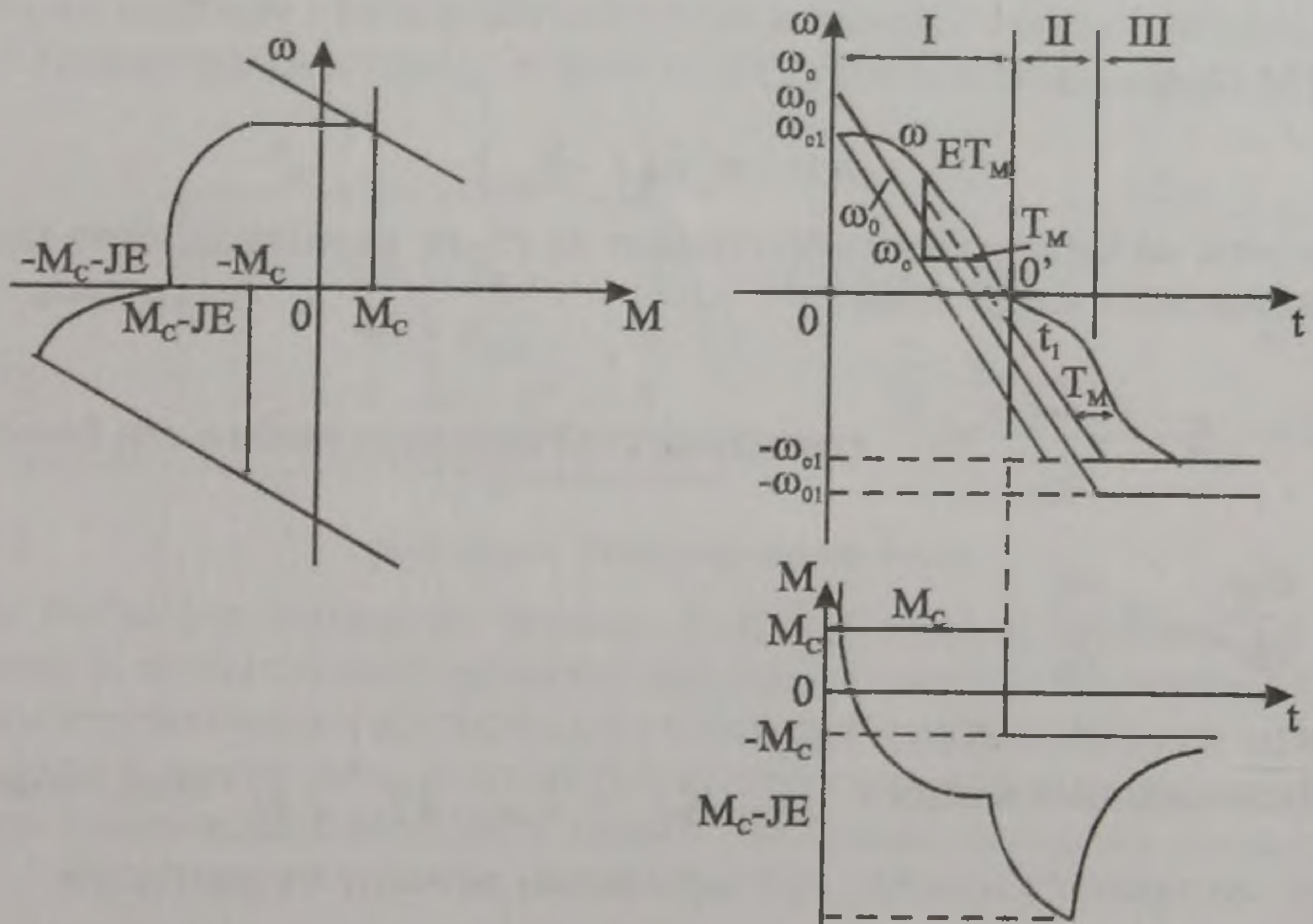


5-26 сурет. Реверс ауыспалы процестер.

Л/. ЖҮКТЕМЕ КЕЗІНДЕГІ РЕВЕРС

M_c – реактивті

Бұл жағдай $\omega=0$ болған кезде M_c таңбасының өзгеруі, егер ω сызықты заң бойынша өзгерсе $\omega(t)$ – ын өте бір күрделі қатынасына тап боламыз /5-27 сур./.



5-27 сурет. Реверс ауыспалы процестер.

Бұнда ауыспалы процесс үш /5-27 сур./ немесе төрт кезеңге бөлінеді және де I мен II кезеңнің шекаралары тұрақсыз және жылдамдықтың ω нольдік мәнге кетуімен анықталады.

I-ші кезеңде процесс жүктеме кезіндегі реверс немесе тежеген кездегідей жүреді; M_c —тің реактивтік сипаттамасы бұл жағдайда байқалмайды.

II-ші кезеңнің ауыспалы процесін қарастырғанда үш жағдайға тоқталған жөн.

1/ Жылдамдық нольдік мәнге жеткен кезде $M > M_c$ /5-27 сур./ /5-20/ тендеуіне мыналарды қою керек:

$$a = \omega_{01} + \Delta\omega_c - Et_1 = -\omega'_c; \quad k = -E: \quad \omega_{\text{бас}} = 0$$

Әрбір кезеңде уақыт сол кезеңнің басынан бастап саналатынын еске түсірейік /Бұл жағдайда - O нүктесінен/.

Олай болса

$$\omega = (0 + \omega'_c - \varepsilon T_M) e^{-\frac{t}{T_M}} - \omega'_c + \varepsilon T_M - \varepsilon t$$

немесе

$$\omega = -\varepsilon t - (\omega'_c - \varepsilon T_M) \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

$t > 3T_M$ болғанда

$$\omega = -\omega'_c \varepsilon (t - T_M)$$

яғни тағы да бұрынғыдай $\omega(t)$ графигі $\omega_c(t)$ -ға қарағанда, оңға қарай T_M шамасына жылжыған.

$$\frac{d\omega}{dt} = -\varepsilon - \frac{\omega'_c \varepsilon T_M}{T_M} e^{-\frac{t}{T_M}} \text{ туындысы } t=0 \text{ болғанда нольге тең болмай-}$$

$$\text{ды. } \left. \frac{d\omega}{dt} \right|_{t=0} = \frac{\omega'_c}{T_M}$$

Динамикалық момент $\omega = Ae^{-\frac{t}{T_M}} + a - kT_M + kt$ - мен анықталады, ал қозғалтқышпен арттырылатын момент бұрынғыдай

$$M = -M_c + J \frac{d\omega}{dt} = -M_c - J \left(\varepsilon + \frac{\omega'_c - \varepsilon T_M}{T_M} e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

$t > 3T_M$ болғанда, $M = -M_c - J \varepsilon$ болады.

2/. Жылдамдық нольдік мәнге жеткен кезде $|M| < |M_c|$ - болады.

Бұл жағдайда тағы да бір кезең пайда болады; жылдамдық біраз уақыт нольге тең болады, ал момент M_c - ке тең шамаға дейін сызықтық заң бойынша өзгереді. Әрі қарай жоғарыда қарастырылған реактивті M_c - арқылы іске қосумен тура сәйкес келетін III - кезең басталады.

3/. Жылдамдық нольдік мәнге жеткен кезде $|M| = |M_c|$ - болады.

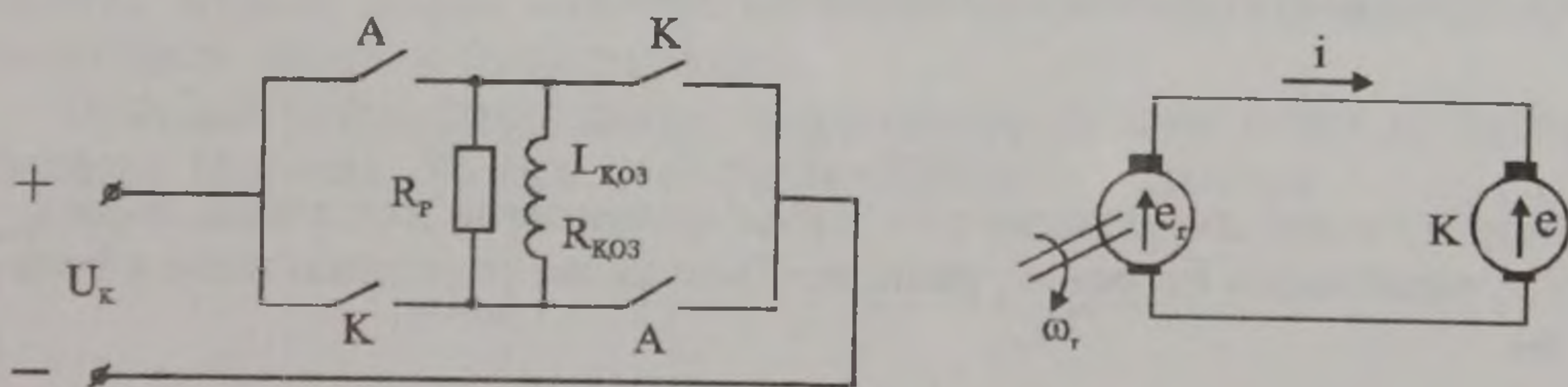
Бұған шекаралық жағдайлар сәйкес келеді; жетек тоқтайды да, лезде қарама-қарсы жаққа айнала бастайды /реактивтік M_c іске қосуды қара/. Жоғарыдағы нольдік жылдамдық бөлігі бұл кезде бір нүктеде айналады.

M / $\omega(t)$ экспоненциалды қатынасы болғанда ауыспалы процестің теңдеуі.

Тағы да бір маңызды /5-15/ теңдеуінің оң жағында экспоненциалды уақыт функциясы болған жағдайды қарастырайық. Бұл жағдай атап айтқанда, генератор-қозғалтқыш /Г-К/ жүйесіне тән.

$\omega(t)$ -ның экспоненциалды заңмен өзгеруінің себебі, генератордың қоздыру орамының электрлік емпінділігі болып табылады.

Генератордың қоздыру тізбегі (5-28 суретте көрсетілген).



5-28 сурет. Генераторлық қоздыру.

сүбе бойынша жиналған болсын. Г-К жүйесіндегі қозғалтқыш ҚВ немесе Н контактілерін тұйықтау арқылы іске қосылады /әрине, бұған дейін генератордың жетектік қозғалтқышы іске қосылған да қозғалтқышты Қ тежеу үшін В немесе Н контактілері ажыратылады; бұл кезде генератордың қоздыру орамы разрядтық кедергіге қосылады.

Егер R_p болмаған жағдайда, өзіндік индукция ЭКК-ң $e = L \frac{di_{\text{козг}}}{dt}$

әсерінен қоздыру орамын ажыратқан кезде, орамда кернеудің шамадан тыс көп болуына әкеп соқтырады. Әдетте $R_p - /3+4/$.

Қозғалтқышқа Қ реверс жасау үшін В-ны ажыратып, Н-ды қосу керек немесе керісінше жасаймыз.

Осы жағдайлардың барлығында индуктивтік тізбек $I_{қоз.}$, $R_{қоз.}$ - генератордың қоздыру орамы – тұрақты орамы – тұрақты кернеу $U_{қоз.}$ кезіне қосылады немесе одан ажыратып тасталынады.

Қоздыру тізбегінің теңдеуі мынадай болады:

$$U_{қоз} = I_{қоз} R_{қоз} + L_{қоз} \frac{di_{қоз}}{dt}$$

немесе

$$I_{қоз} = T_{қоз} \frac{di_{қоз}}{dt} = \frac{U_{қоз}}{R_{қоз}} = I_{қоз.сон} \quad /5-27/$$

мұнда $T_{қоз.} = \frac{L_{қоз}}{R_{қоз}}$ қоздыру тізбегінің уақыт тұрақтылығы орамды ажыратқан кезде

$$T_{қоз.} = \frac{L_{қоз}}{R_{қоз} + R_p}$$

/5-27/ теңдеуінің шешімі мынадай болады:

$$i_k = /i_{к.баст.} - i_{к.сон} / e^{-\frac{t}{T_{қоз}}} + i_{к.сон}$$

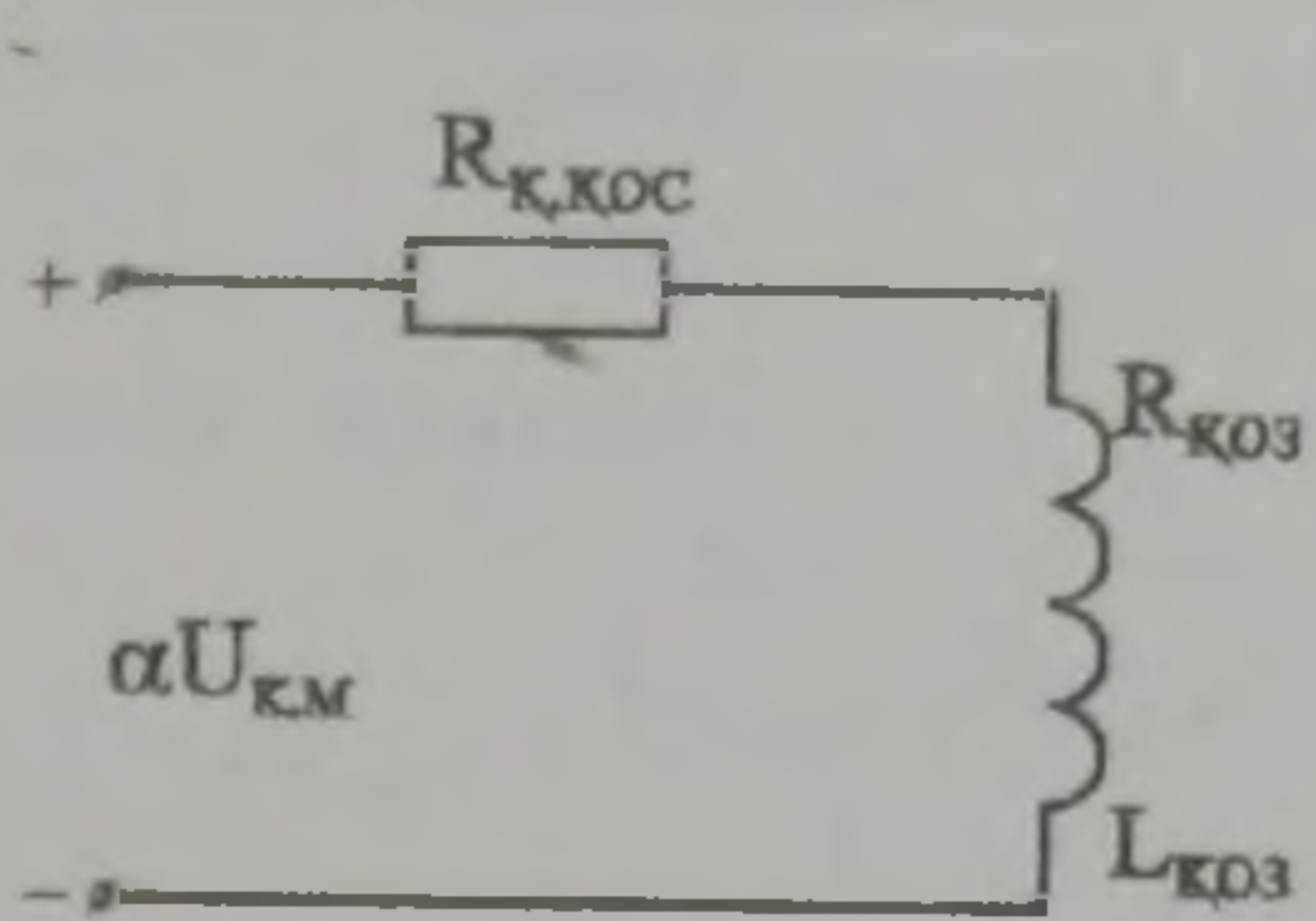
Егер $\omega_r = \text{const}$ және магниттік тізбек қанықпаған деп алсақ, онда $i_{қоз.} = \omega_0$ олай болса E_r мен ω_0 үшін де (*)-ге ұқсас теңдеулер жазуға болады.

$$e_r = (e_{r.бас} - e_{r.сон}) e^{-\frac{t}{T_{қоз}}} + e_{r.сон} \quad /5-28/$$

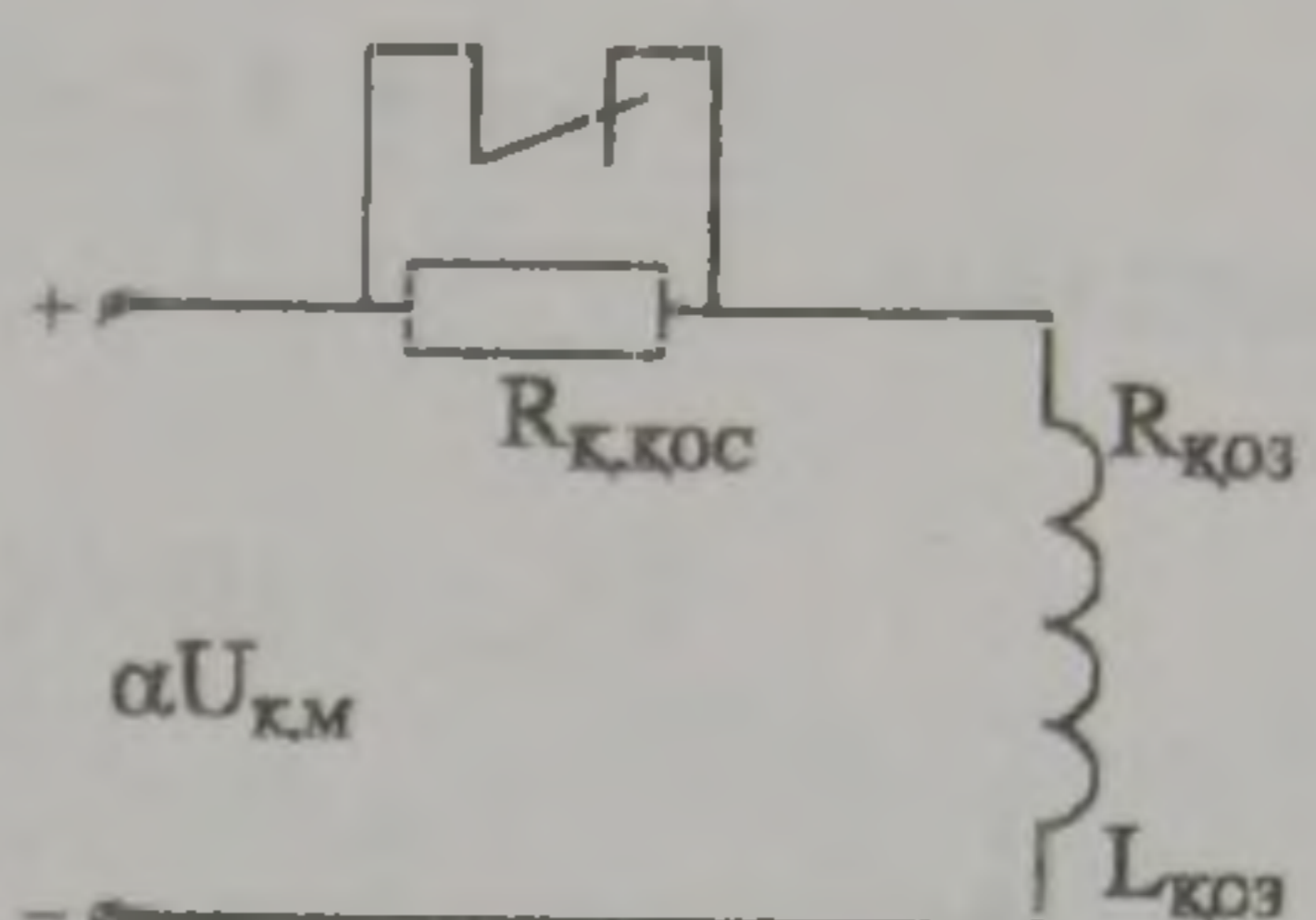
$$\omega_0 = (\omega_{0.бас} - \omega_{0.сон}) e^{-\frac{t}{T_{қоз}}} + \omega_{0.сон} \quad /5-29/$$

Г-Қ жүйесінде машинаның қуаты айтарлықтай болған кезде, ауыспалы процесті тездету проблемасы туады. Бұл қуатты генератордың қоздыру орамының уақыт тұрақтылығының көптігіне байланысты, /2-4 с. дейін/ яғни генератордың қоздыру уақыты үлкен / $3T_k = 6-12с$ / болады.

Әртүрлі нақтылы тәсілдерге қарамастан ауыспалы процестерді тездету әрқашан да орамға берілген кернеуді номиналмен салыстырғанда α рет көбейту арқылы, яғни қоздыру орамын кернеуі $\alpha U_{\text{к.н}}$ болатын кернеу көзіне қосу арқылы жүргізіледі. Қоздырғыштың бір қалыпты тоғын номинал деңгейде сақтау үшін қосымша кедергі қосу керек немесе артық кернеулерді алып тастау керек. Кейбір жағдайларда қосымша кедергі тізбекке қосулы болады /5-29 сур./; кейбіреуінде $R_{\text{к.қос}}$ тоқ номинал мәнге жеткеннен кейін қосылады /5-30 сур./.



5-29 сурет. Қосымша кедергіні тізбектен қосу.

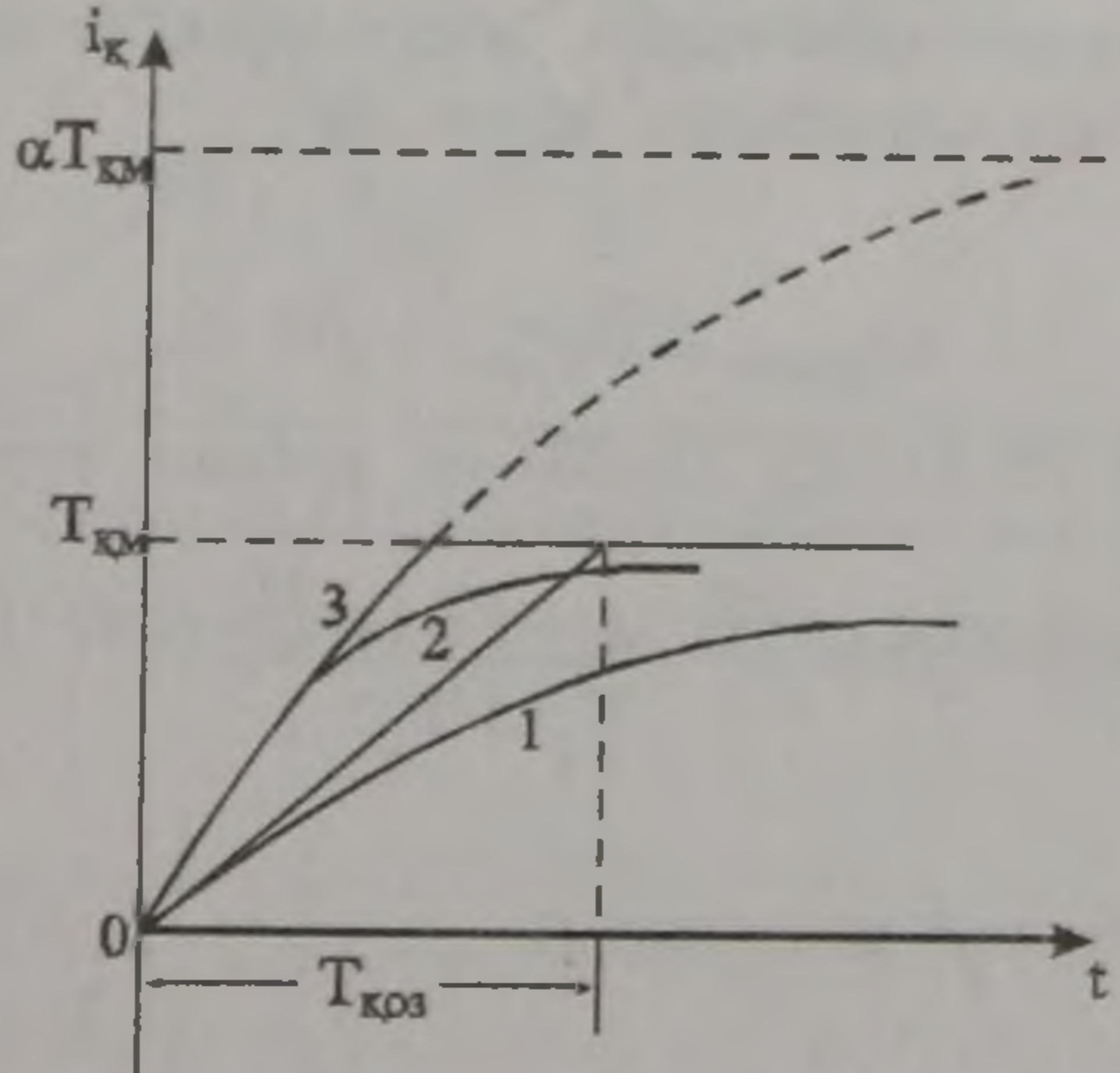


5-30 сурет. Қосымша кедергіні қосу, кейін қосу.

Осыларға сәйкес $i_{\text{к.қос}}(t)$ қисықтары 5-31 суретте көрсетілген, /1-тездетусіз, 2 – тездету 5-29 суреттегі сүбе бойынша, 3-тездету 5-30 сур. сүбе бойынша/.

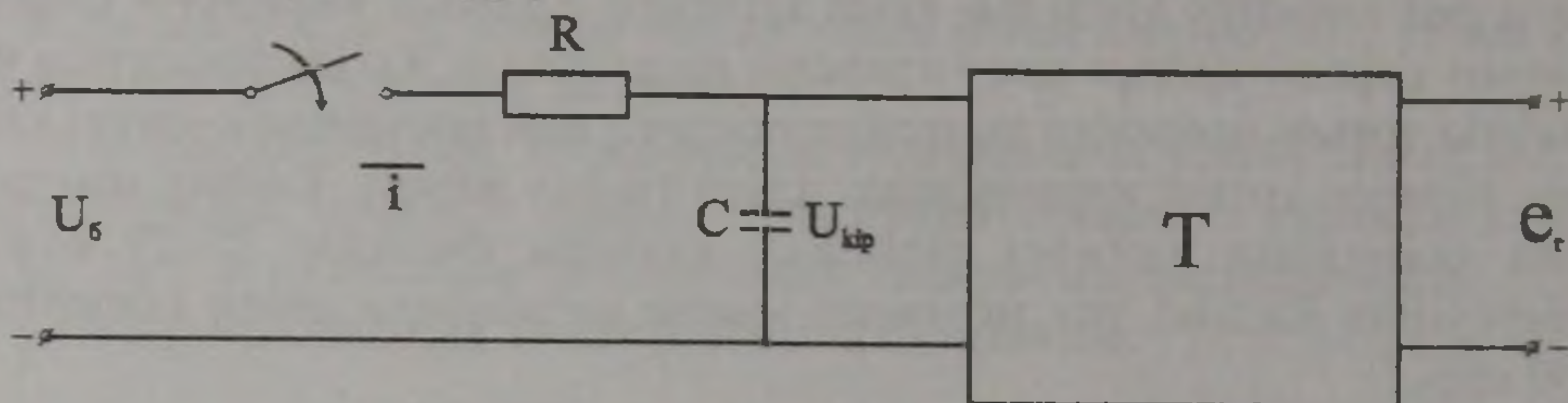
Барлық жағдайларда /5-28/ және /5-29/ тендеулері әділ болатын ақиқат: $E_{\text{г.соң}}$ мен $\omega_{\text{з.соң}}$ шамалары ғана өзгереді. 5-30 суреттегі сүбе үшін осы шамалар ретінде $\alpha E_{\text{г.Бос}}$ немесе $\alpha E_{\text{г.Бос}}$ алу керек; процесс $E_{\text{г.Бос}}$ немесе $\omega_{\text{о.Бос}}$ -ға жеткенше /5-28/ немесе /5-29/ тендеулеріне сәйкес жүреді, содан соң бұл шамалар $\omega_{\text{о}}$ -ді сызықты өзгерткен кездегідей тұрақты болып қалады.

Осындай тендеулерді басқа түрлендіргіш болған кезде де алуға болады. Мысалы, екпінді емес түрлендіргіштің кірісінде



5-31 сурет. Әртүрлі кедергідегі $L=f(f)$ графигі.

уақыттың өтуімен біртіндеп өзгертін сигнал алу үшін R-C тізбегі қолданылады /5-32 сур./.



5-32 сурет. R-C тізбегіндегі T-түрлендіргіш.

Бұл жағдайда

$$U_{\text{бер}} = iR + U_{\text{кп}}; \quad \frac{R_{\text{ш}}}{R_n + R_{\text{ш}}} = a$$

деп жазуға болады, яғни $U_{\text{кп}} = CR \frac{dU_{\text{кп}}}{dt} + U_{\text{кп}}$

Алынған теңдеудің шешімі /5-29/ теңдеуіне келтірілетін экспоненциалдық функция болып табылады; бұл жағдайда

$T_k = RC$ болады.

Жоғарыда байқағанымыздай, /5-29/ формула - кез-келген жеке жағдайлар үшін формуланы оңай алуға болатын экспоненциалды қатынастың жалпы теңдеуі.

Егер, $M_c = 0$ деп алсақ /5-15/ теңдеуі мынадай түрде жазылады:

$$\omega + \dot{\omega}_M \frac{d\omega}{dt} = (\omega_{0\text{бас}} - \omega_{0\text{сон}}) e^{-\frac{t}{T_M}} + \omega_{0\text{сон}} \quad /5-30/$$

Бұл теңдеудің шешімін еркін және еріксіз құрамдамалардың қосындылары ретінде қараймыз, және де

$$\omega_{\text{еріксіз}} = \omega_{0\text{сон}} + \beta e^{-\frac{t}{T_k}} \quad /5-31/$$

В-ы анықтау үшін /5-31/-ді /5-30/-ға қойып түрлендіруден кейін

$$\beta = \frac{(\omega_{0\text{бас}} - \omega_{0\text{сон}}) T_k}{T_k - T_M}$$

аламыз.

ω үшін теңдеу былай жазылады.

$$\omega = Ae^{-\frac{t}{T_M}} + \omega_{0,сон} + \frac{(\omega_{0,бас} - \omega_{0,сон})}{T_K - T_M} e^{-\frac{t}{T_M}}$$

А тұрақтысы бастапқы жағдай $t=0$ бойынша анықталады.

$$A = \omega_{бас} - \omega_{0,сон} - \frac{(\omega_{0,бас} - \omega_{0,сон})T_K}{T_K - T_M}$$

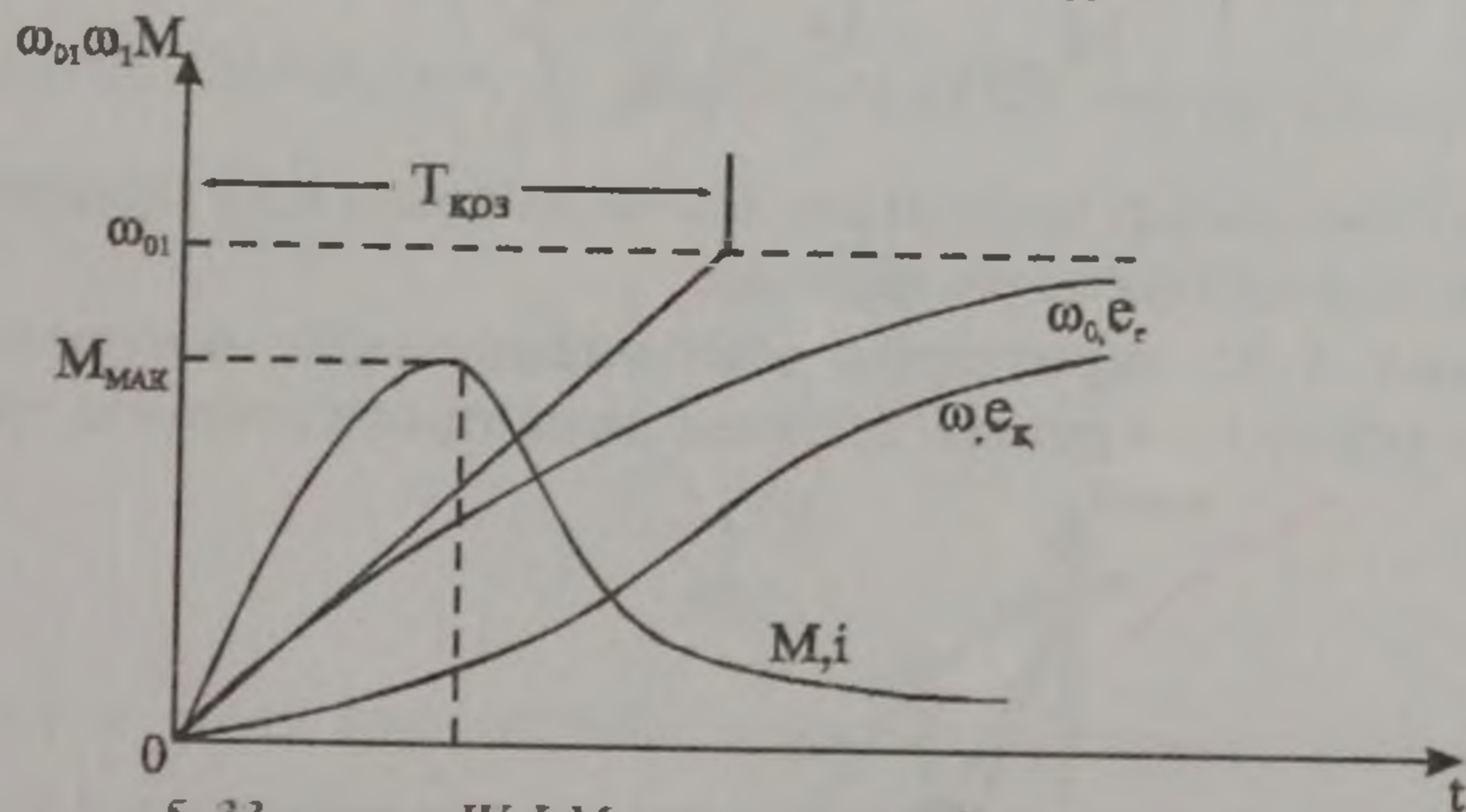
Ең соңында алатынымыз;

$$\omega = \left[\omega_{аа\bar{n}} - \omega_{0,\bar{n}ii} - \frac{(\omega_{0,аа\bar{n}} - \omega_{0,\bar{n}ii})T_{\bar{e}}}{T_{\bar{e}} - \dot{O}_M} \right] \bar{a}^{-\frac{t}{T_M}} + \omega_{0,\bar{n}ii} + \frac{(\omega_{0,аа\bar{n}} - \omega_{0,\bar{n}ii})\dot{O}_{\bar{e}}}{\dot{O}_{\bar{e}} - \dot{O}_M} \bar{a}^{-\frac{t}{T_M}}$$

Алынған формулаларды қарапайым мысалда қолданып көрейік;

$I_{\kappa e}$ және $\frac{U_H}{k\Phi} \omega_0$ экспоненциалды өскен кездегі жетекті жүктемесіз іске қосу.

Бұл кезде $\omega_{баст.} = 0, \omega_{0,баст.} = 0, \omega_{0,сон.} = \omega_{01}$ /5-33 сур./



5-33 сурет. ω, I, M уақыттан байланыстылығы.

Бұлай болса, /5-32/-ден қарапайым түрлендіруден кейін алатынымыз:

$$\omega = \frac{\omega_{01}}{T_K - T_M} \left[T_K \left(1 - e^{-\frac{t}{T_r}} \right) - T_M \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right) \right] \quad /5-33/$$

/5-16/-ды қолданып $M(t)$ табамыз.

$$M = \frac{J\omega_{01}}{T_K - T_M} \left(e^{-\frac{t}{T_K}} - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

немесе $M_{к.т.}$ көбейткеннен және бөлгеннен кейін

$$M = \frac{T_M \cdot M_{к.т.}}{T_K - T_M} \left(e^{-\frac{t}{T_K}} - e^{-\frac{t}{T_M}} \right) \quad /5-34/$$

Қарастырылған жағдайдың $\omega(t)$ мен $M(t)$ графиктері 5-33 суретте келтірілген.

/5-34/-тен $M(t)$ -ның максимумы бар екені шығады. M_{\max} -қа жеткендегі t' уақытын табу үшін /5-34/-ны бойынша дифференциалдап, туындыны нольге теңестіріп және шыққан теңдеуді есептеу керек. Осы операцияларды орындағаннан кейін алатынымыз:

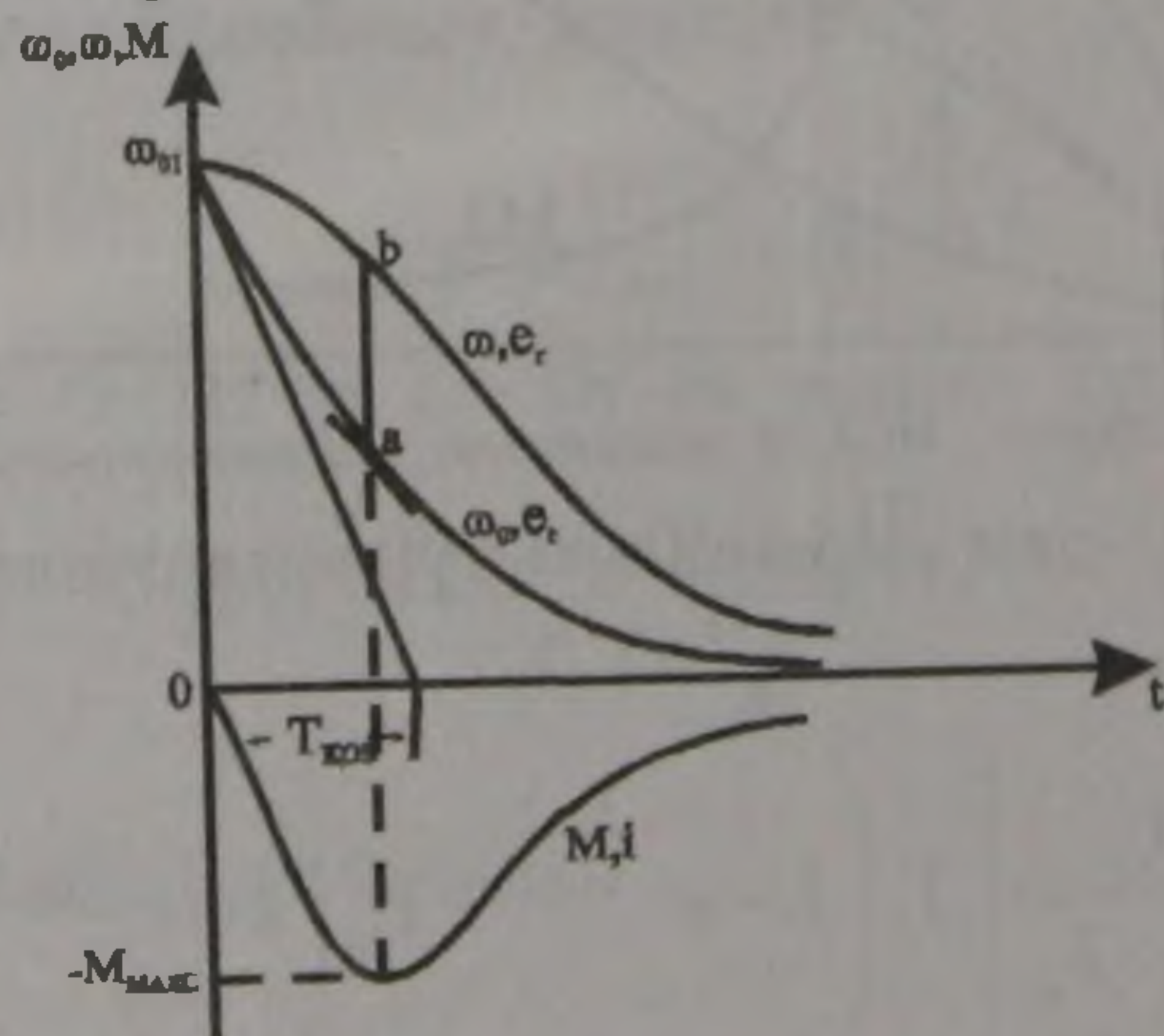
$$t' = \frac{T_K T_M}{T_K - T_M} \ln \frac{T_K}{T_M}$$

t' -ты /5-34/-ке қойып, алатынымыз:

$$M_{\max} = M_{к.т.} \left(\frac{T_M}{T_K} \right)^{\frac{T_K}{T_K - T_M}}$$

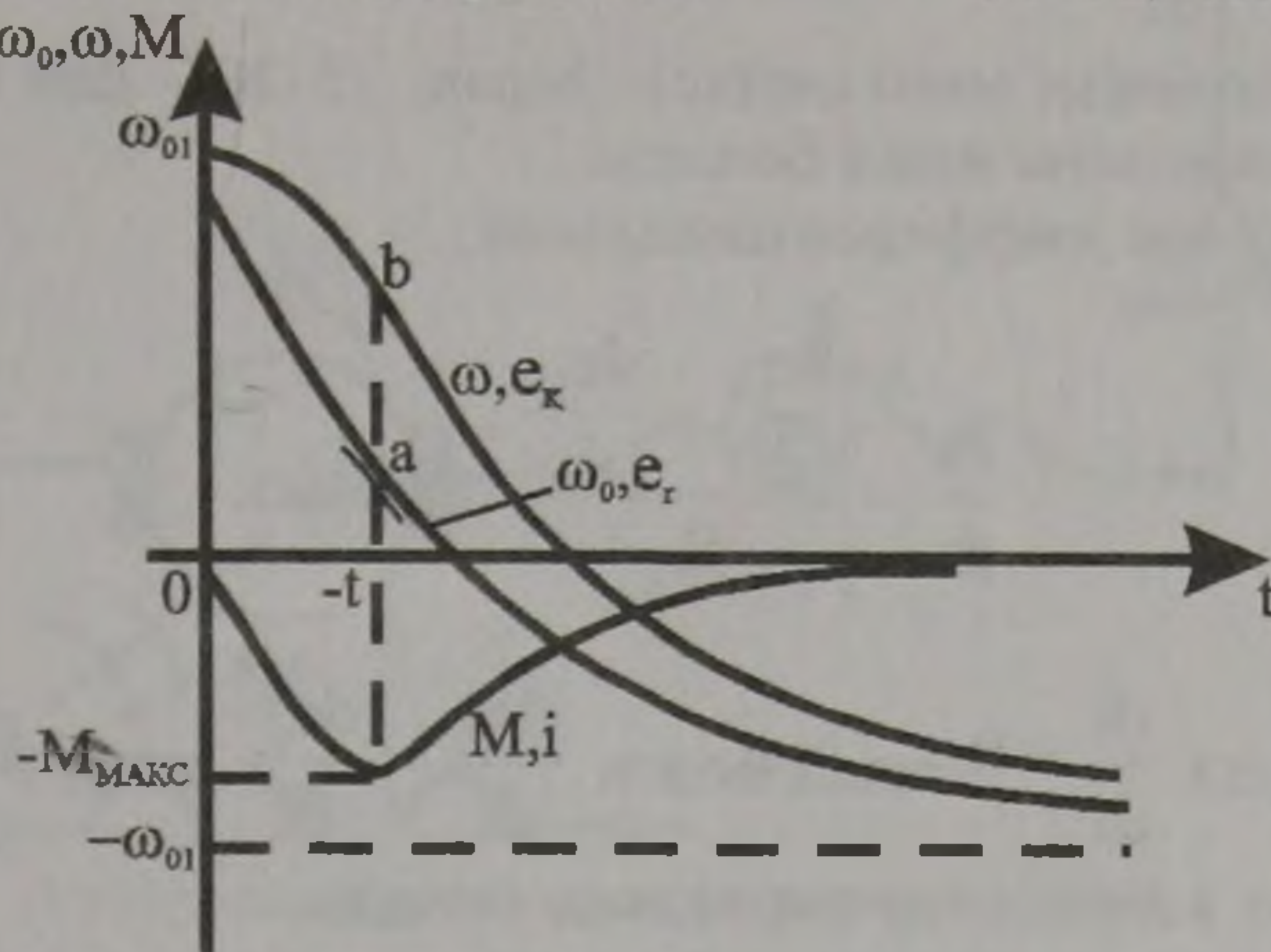
Көрсетілген тәсілдерді қолданып, басқа да ауыспалы процестер үшін де осындай қортынды алуға болады.

5-34 және 5-35 суреттерде экспоненциалды өзгерген кездегі жүктемесіз тежеу мен реверстің ауыспалы процестерінің графиктері



5-34 сурет. Тежеу ауыспалы процестері.

$\omega(t)$ мен $M(t)$ -ның формулаларын іске қосқан кездегі сияқты тиісті бастапқы және соңғы мәндерді қою арқылы /5-32/ мен /5-16/



5-35 сурет. Реверсивті ауыспалы процесс.

теңдеулерінен де алуға болады.

Алынған қисықтардың сипатын Г-Қ жүйесіндегі мысалды талдау ыңғайлы. $M_c=0$ болғанда бұл жүйеге мына теңдеулер тура

$$\dot{i} = J \frac{d\omega}{dt}$$

немесе белгілі $M=ci$, $\omega = \frac{e_k}{C}$ қатынастарын есепке алып

$$i = \frac{J}{C^2} \frac{de_k}{dt} \quad /5-35/$$

$$i = \frac{e_\Gamma - e_k}{R_\Sigma} \quad /5-36/$$

$e_\Gamma(t)$ немесе $\omega_0(t)$ қисықтары тек қана генератордың қоздыру тізбегіндегі параметрлерімен ғана анықталады да /5-28/ және /5-29/ теңдеулері арқылы құрылады. Ауыспалы процестің басында және аяғында $i=0$ өйткені $M_c=0$, сондықтан /5-35/ теңдеуіне сәйкес

$\frac{de_k}{dt} = 0$; $e_k(t)$ қисығына жүргізілген жанама, көлденең болады. Бұдан

$e_k(t)$ қисығының иілу нүктесінің бар екені шығады; 5-33-5-35 суреттерінде бұл нүкте t уақыт моментіне сәйкес келеді. Иілу

нүктесінде $\frac{de_K}{dt}$; максимал мәнге жетеді, бұған /5-35/ бойынша

тоқтың да максимал мәні сәйкес. Бірақ, /5-36/- дан $t=t$ болғанда $e_3 - e_1$ айырмасы максимал болады.

Егер /5-36/-ны дифференциалдасак,

$$\frac{di}{dt} = \frac{\frac{de_{\bar{A}}}{dt} - \frac{de_K}{dt}}{R_{\Sigma}} \text{ аламыз.}$$

$i = I_{\max}$ болғанда $\frac{di}{dt} = 0$ олай болса $\frac{de_{\bar{A}}}{dt} = \frac{de_K}{dt}$ яғни $t=t$ қисықтары-

на жүргізілген жанамалар параллель болады.

Егер $e_r(t)$ және $\omega(t)$ сынық болса /мысалы, экспонент көлденең түзуге көшсе - 5-31 суреттегі 3-ші график/, онда ауыспалы процесс осы параграфтағы в/ бөлімшедегі кезендерге бөлінеді.

Барлық алынған қорытындылар $M_c \neq 0$ болған жағдайларға да қолданылады. Бұндай есепті шығарған кезде е/ - л/ бөлімшелерінде қарастырылған тәсілдерді қолданған жөн.

5.4. $L \neq 0$ БОЛҒАН КЕЗДЕГІ АУЫСПАЛЫ ПРОЦЕСТЕР

Бұл топқа жататын есептерді қарастыруды, жетектің механикалық сипаттамасы сызықты болған жағдаймен шектейік.

Бұрынғыдай, ауыспалы процесс /5-1/ теңдеуін қанағаттандыруы керек.

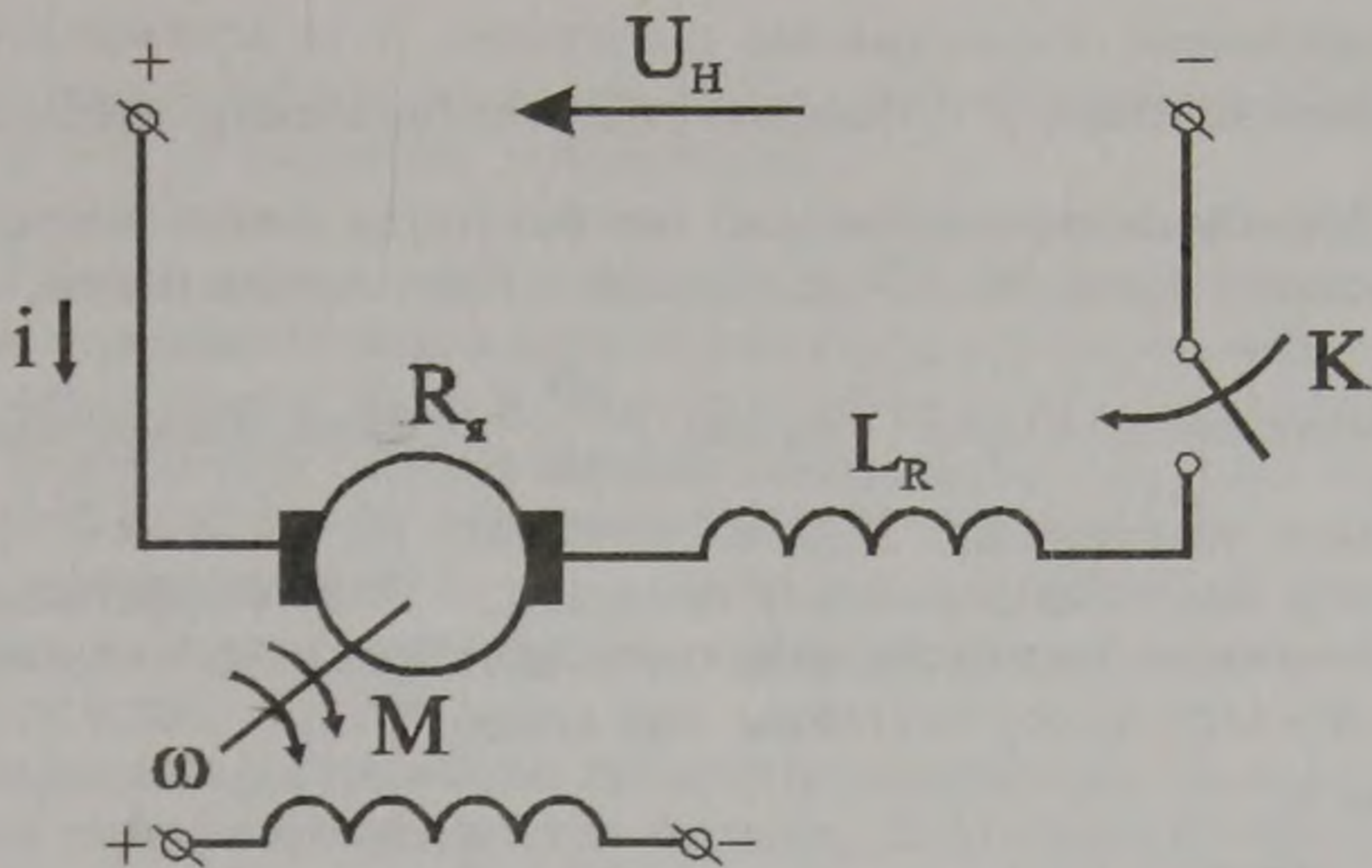
$$M = M_c = J \frac{d\omega}{dt}$$

бірақ, M -нің бұған орай $\frac{d\omega}{dt}$ - ның өзгеруі, енді тек қана сыртқы

әсерлермен ғана емес, электрлік екіпінділік - индуктивтілікпен L анықталады. Жүйеде екі энергия жинағыш J және L болады; белгілі бір жағдайда осы екі жинағыштың аралығында энергия ауысуы, яғни тербелмелі процесс болуы мүмкін.

а/ $L \neq 0$ болғанда тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышындағы ауыспалы процесс.

5-36 суреттегі сүбені қарастырайық. Жоғарыда келтірілген сүбелерден бұл сүбенің айырмашылығы индуктивтілік L болуы.



5-36 сурет. Тұрақты ток электрқозғалтқышы.

Якорь тізбегі үшін

$$U_H = iR_y + \tilde{N}\omega + L_y \frac{di}{dt} \quad /5-37/$$

тендеуі ақиқат.

/5-37/ тендеуін ω -ға қатысты шығарайық;

$$\omega = \frac{U_H - L_y \frac{di}{dt} - iR_y}{\tilde{N}} (*)$$

$$U_H - L_y \frac{di}{dt} = U'$$

$$\omega = \frac{U - iR_y}{C} (**)$$

деп белгілеп тендеуін аламыз.

Егер /* */ мен /2-4/ тендеуін салыстырсақ, онда бұл тендеулер бірдей болады, бірақ /* */- дағы U шамасы $\frac{di}{dt}$ -ге байланысты, яғни

/* */ тендеуі табиғи сипаттамаға параллель, одан не төмен $\frac{di}{dt} > 0$ /,

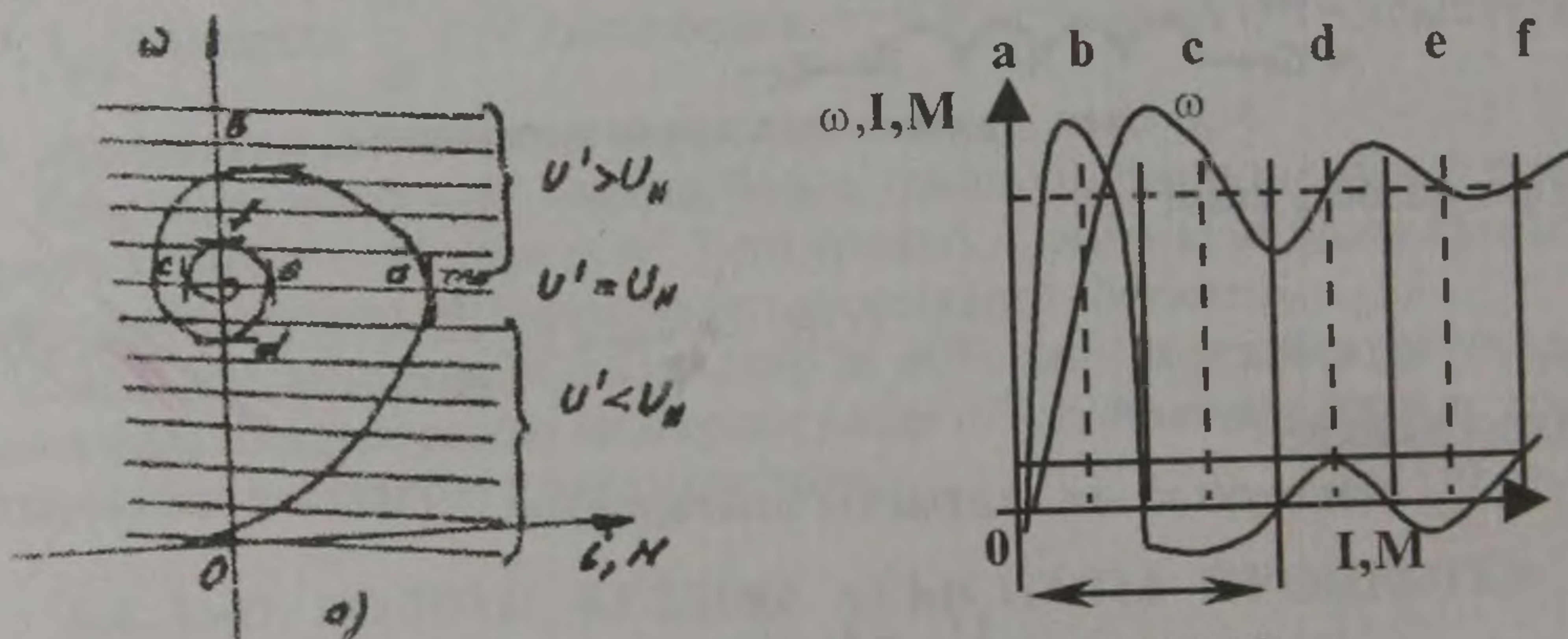
не жоғары $\frac{di}{dt} < 0$ / орналасқан көптеген түзулерден тұрады.

$\frac{di}{dt} = 0$ болған кезде, /* */ теңдеуі табиғи сипаттамаға сәйкес келеді.

Кілт К қосылғаннан кейін ток i өсе бастайды, демек жетек талдуды қысқарту үшін $M_c = 0$ деп аламыз /бір сипаттамадан, екінші

сипаттамаға көше отырып артады. / $\frac{di}{dt} > 0$ бірақ жылдамдығы артқан сайын, төмендейді/.

Ток пен жылдамдықтың өсу процесінде /5-37, а суретіндегі О а бөлігі/ индуктивтіліктегі де, айналыстағы якорьдегі де энергия қоры өседі, а нүктесінде өсу тоқтайды; бұл кезде /*/



5-37 сурет. Ток пен жылдамдықтың өсу процесі.

теңдеуіне сәйкес қозғалтқыш табиғи сипаттамасында болады, бірақ $M > M_c = 0$ а нүктесінен бастап ток төмендей бастайды, яғни L_a -дағы жиналған энергия айналыстағы якорьге беріледі. Беріліс механизмінің /*/ теңдеуінен көруге болады; якорьге берілген кернеу u желідегі кернеуден u_n көп болады.

а b бөлігінде жетектің жылдамдығы артады, осыған сәйкес $e_k = C \omega$ өседі, және де в нүктесінде $i = 0$ — L_a -дағы энергия қоры біткен, бірақ $\omega > \omega_n$, $e_k > u_n$, яғни якорьда артық механикалық энергия қоры бар.

в с бөлігінде $e > u_n$ -нің әсерінен ток өзінің бағытын өзгертеді, жетек тежеледі, бұл кезде артық механикалық энергия қайтадан индуктивтілікте жиналатын электромеханикалық энергияға айна-

лады. С нүктесінде $\frac{di}{dt} = 0$, бірақ L_a -да энергия қоры бар, бұған $i \neq 0$

және $M \neq 0$ болуы сәйкес келеді. Жетектің тежелуі d нүктесіне дейін созылады, содан кейін процесс қайталанылады.

Оавсd қисығы $\omega-t$ жазығында динамикалық механикалық сипаттама болып табылады. Бұған сәйкес $\omega(t)$, $i(t)$ немесе M/t қатынастары 5-37, б суретінде көрсетілген.

Якорь тізбегінде $R_{я}$ кедергісі болғандықтан, энергияны айдау процесі оның ыдырауымен бірдей жүреді, осының нәтижесінде, бірнеше тербелістен кейін жүйе бірқалыпты режимге сәйкес келетін ω_0 нүктесіне келеді. Егер $R_{я}$ кедергісі нольге тең болған жағдайда ω мен M тербелістері сөнбейтін сипаттамада болар еді. Егер, керісінше $R_{я}$ үлкен болса, $L_{я}$ - да сақталған энергия Oa бөлігінде $R_{я}$ -дегі шығынды жабуға жетпей қалуы мүмкін де, якорь $i=0$ болғанда $\omega \rightarrow \infty$ нүктесіне шығуы мүмкін. Бұл жағдайда процесс апериодтық сипаттама көрсетеді.

Жоғарыда қарастырылған процестің теңдеулерін /5-1/ мен /5-37/-ні бірге шығара отырып, алуға болады. /5-1/-ден $Mc=0$ болғанда;

$$i = \frac{J}{C} \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

Осы формуланы және оның туындысын

$$\frac{di}{dt} = \frac{J}{C} \cdot \frac{d^2\omega}{dt^2}$$

/5-37/-ге қойып, қарапайым түрлендірулерден кейін алатынымыз;

$$\omega + T_M \frac{d\omega}{dt} + T_M T_y \frac{d^2\omega}{dt^2} = \omega_0 \quad /5-38/$$

мұндағы $T_M = \frac{JR_{я}}{C^2}; T_y = \frac{L_{я}}{R_{я}}; \omega_0 = \frac{U_H}{C};$

/5-38/ шешімін мына түрде табамыз;

$$\omega = \omega_{\text{бос}} + \omega_{\text{ep}} = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} + \omega_0 \quad /5-39/$$

мұнда A_1, A_2 - бастапқы жағдайлармен анықталатын тұрақтылар.

$$\omega|_{t=0} \text{ және } \left. \frac{d\omega}{dt} \right|_{t=0}$$

p_2, p_1 – сипаттама теңдеулерінің түбірі

$$1 + T_M p + T_M T_y p^2 = 0 \quad /5-40/$$

/5-40/ шығарып мынаны аламыз;

$$P_{1,2} = -\frac{1}{2T_{я}} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4T_{я}}{T_{М}}} \right)$$

бұдан процестің тербелмелілігі шығады. Егер $\frac{4T_{я}}{T_{М}} > 1$ $T_{М} < 4T_{я}$

болса, онда түбір комплексті және процесс тербелмелі сипаттаманы

көрсетеді, егер $\frac{4T_{я}}{T_{М}} \leq 1$ $T_{М} \geq 4T_{я}$ болса, онда түбір анық және

процесс апериодты болады.

Ток пен моменттің теңдеулерін, бұрынғыдай /5-16/-ны қолданып оңай алуға болады. /5-39/-ны дифференциалдап және шыққан қорытындысын J - ге көбейтіп, алатынымыз;

$$M = J(A_1 P_1 e^{P_1 t} + A_2 P_2 e^{P_2 t}) \quad /5-41/$$

б/ Ток көзі - қозғалтқыш ТК-Қ жүйесіндегі ауыспалы процестер.

ТК-Қ жүйесінде /§ 2-8/ жылдамдық бойынша теріс кері байланыс әсер ететін бөліктегі ауыспалы процесті қарастырайық. Егер бірқалыпты режимді талдаған кезде қоздыру тізбегінің индуктивтілігін ескермеген болсақ, ал енді оны ескеру керек, өйткені бұл жүйеде момент іқ арқылы анықталады /-2-21 қара/, ал бұл токтың өзгеруі $L_{к}$ -қа байланысты.

2-30 суреттегі сүбе үшін динамика теңдеуі мынадай түрге келеді /бұрынғы жағдай сияқты $M_c = 0$ аламыз/.

$$M = J \frac{d\omega}{dt} \quad /5-42/$$

$$U_{к} = i_{к} R_{к} + L_{к} \frac{di}{dt} \quad /5-43/$$

мұнда $U_{к}$ - қоздыру орамындағы кернеу

$R_{к}$, $L_{к}$ - қоздыру тізбегіндегі индуктивтілік пен активті кедергі.

$i_{к}$ - қоздыру тоғының нақты мәні.

Бұл теңдеулер жүйенің динамикалық қасиеттерін көрсетеді, өйткені мұнда J мен $L_{к}$ мүшелері бар. Бұлардан басқа, айнымалылардың арасындағы байланыстарды көрсететін теңдеулерді жазу керек. /2-21/ теңдеуден;

$$M = kI_H \alpha I_K \quad /5-44/$$

/2-20/ есепке алып /2-21/- ден алғанымыз;

$$I_K = k_\delta (F - k_{K.K} \omega) \quad /5-45/$$

мұнда
$$I_K = \frac{U_K}{R_K}$$

/5-42/ мен /5-44/- тен табатынымыз;

$$i_K = \frac{J}{RI_H \alpha} \frac{d^2 \omega}{dt} (*)$$

$$\frac{di_K}{dt} = \frac{J}{RI_H \alpha} \frac{d^2 \omega}{dt^2} (**)$$

/5-43/-ті R_K -ға бөліп, алынған теңдеуге /5-54/-ті қойып, мынаны аламыз:

$$k_\delta F_M - k_\delta k_{K.K} \omega = i_K + T_K \frac{di_K}{dt} (***)$$

(*) мен (**) -ны (***) -ға қойып түрлендірулерден кейін, алатынымыз:

$$\omega + T_M \frac{d\omega}{dt} + T_K T_M \frac{d^2 \omega}{dt^2} = \omega_0 \quad /5-46/$$

мұндай $T_M = \frac{J}{k_H J \alpha k_\delta k_{K.K}}$ - уақыттың электромеханикалық тұрақтылығы.

$$T_K = \frac{L}{R_K} \text{ қоздыру тізбегінің уақыт тұрақтылығы}$$

$$\omega_0 = \frac{F_M}{k_{K.K}} \text{ идеал бос жүрістің жылдамдығы - /2-22/}$$

/5-46/ мен /5-38/ салыстырып, бұл екі теңдеудің параметрлері әртүрлі болғанмен ұқсас екенін көреміз. Бұдан 2-30 мен 5-36 суреттегі жүйелердің ұқсас екендігі шығады, бұлардың әрқайсысында екі энергия жинағышы бар және екеуінің арасында өнергияның алмасуына

жағдай жасалған /2-30/ суреттегі сүбеде күшейткіштің екпінділігін ескермейміз/.

/5-46/ тендеуіне а./ бөлімшесінде қарастырылған процестің сәйкес екендігі ақиқат.

в/ Тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштың магнит ағыны өзгерген кездегі ауыспалы процесс. Енді осы бір өте маңызды жағдайды /5-38 сур./ қарастырып көрейік. Бастапқы жағдайда кілт К қосылған, жетек табиғи сипаттамасында $\omega_{\text{баст.}} = \omega_{\text{сбаст.}}$ нүктесінде жұмыс істейді /5-39 сур./

Ауыспалы процесс $t=0$ болған кезде кілттің К ажыратылуымен пайда болады, осының әсерінен I_k тоғы мен магниттік ағын Φ төмендейді де жетек жоғарғы сипаттамасына көшеді. Егер қоздыру орамын индуктивтілік болмаған жағдайда, ток i_k шапшаң өзгерген болар еді, яғни бастапқы /табиғи/ сипаттама шапшаң соңғы сипаттамамен ауысын, ал ауыспалы процесс §5-2-де көрсетілгендей сол соңғы сипаттамамен жүретін еді. /5-39 суреттегі үзік сызық/. Шындығында да $L_k \neq 0$, ауыспалы процесс табиғи сипаттамадан соңғы сипаттамаға уақыт өтуі бойынша көшеді және де бұл ауысудың қарқыны жалпы алғанда жылдамдықтың өзгеру қарқынымен бірдей. Динамикалық механикалық сипаттамасы 5-39 суретте көрсетілгендей түрде болады /бағыттағышы бар тұтас сызық/.

Жылдамдықтың өзгеруін көрсететін тендеуді алайық. Бұл үшін негізгі ретінде жоғарыдағыдай қозғалыс тендеуін аламыз.

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad /5-1/$$

Моменттің жылдамдыққа қатынасын 5-39 суретке сәйкес былай жазуға болады;

$$M = M_{\text{к.т.і}} - \frac{M_{\text{к.т.і}}}{\omega_{0i}} \omega \quad / * /$$

/*/-ны /5-1/-ге қойып, қарапайым түрлендіруден кейін, алатынымыз;

$$\omega + \frac{J\omega_{0i}}{M_{\text{к.т.і}}} \frac{d\omega}{dt} = \omega_{0i} - \frac{\omega_{0i}}{M_{\text{к.т.і}}} M_c$$

егер,

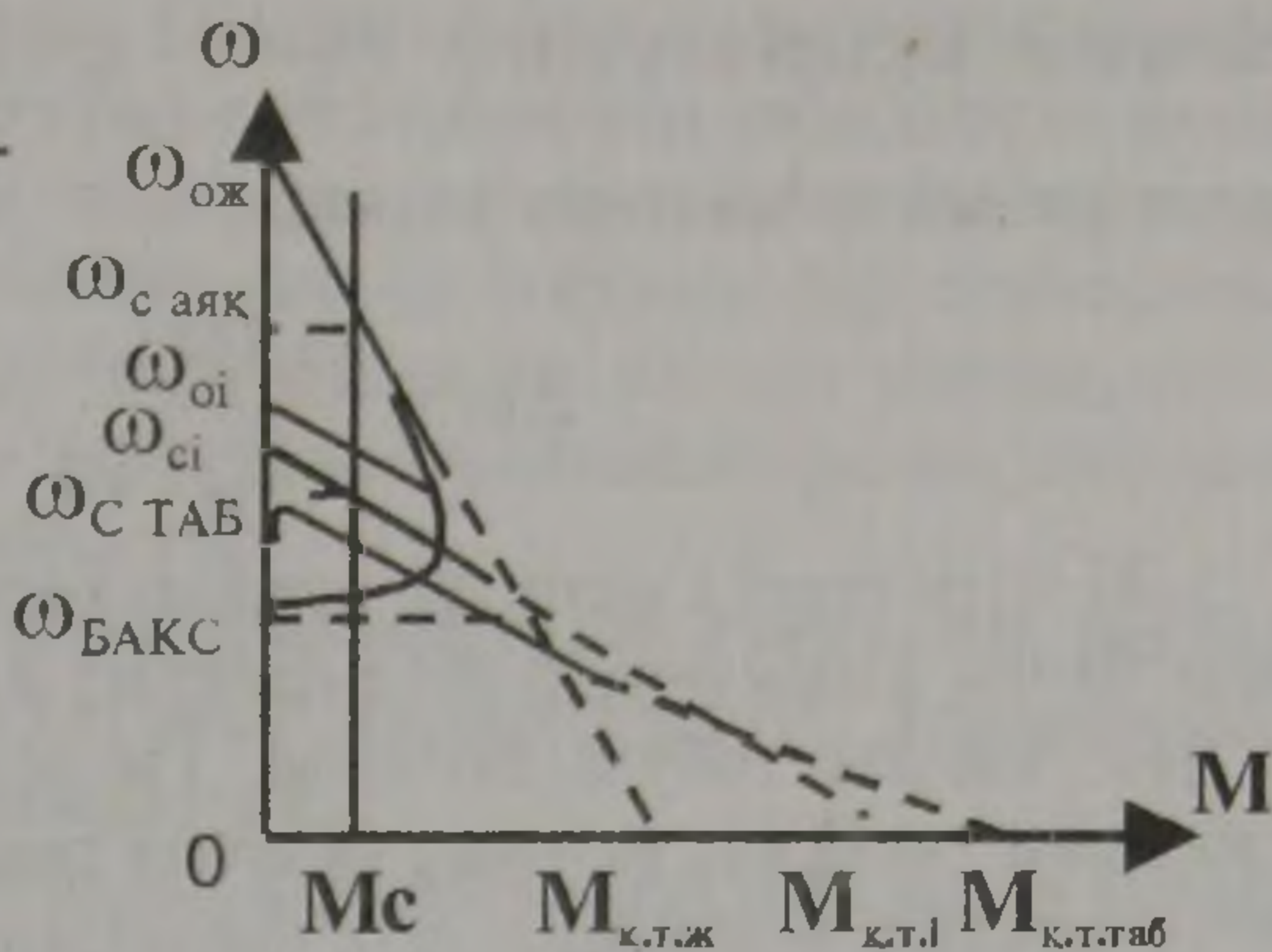
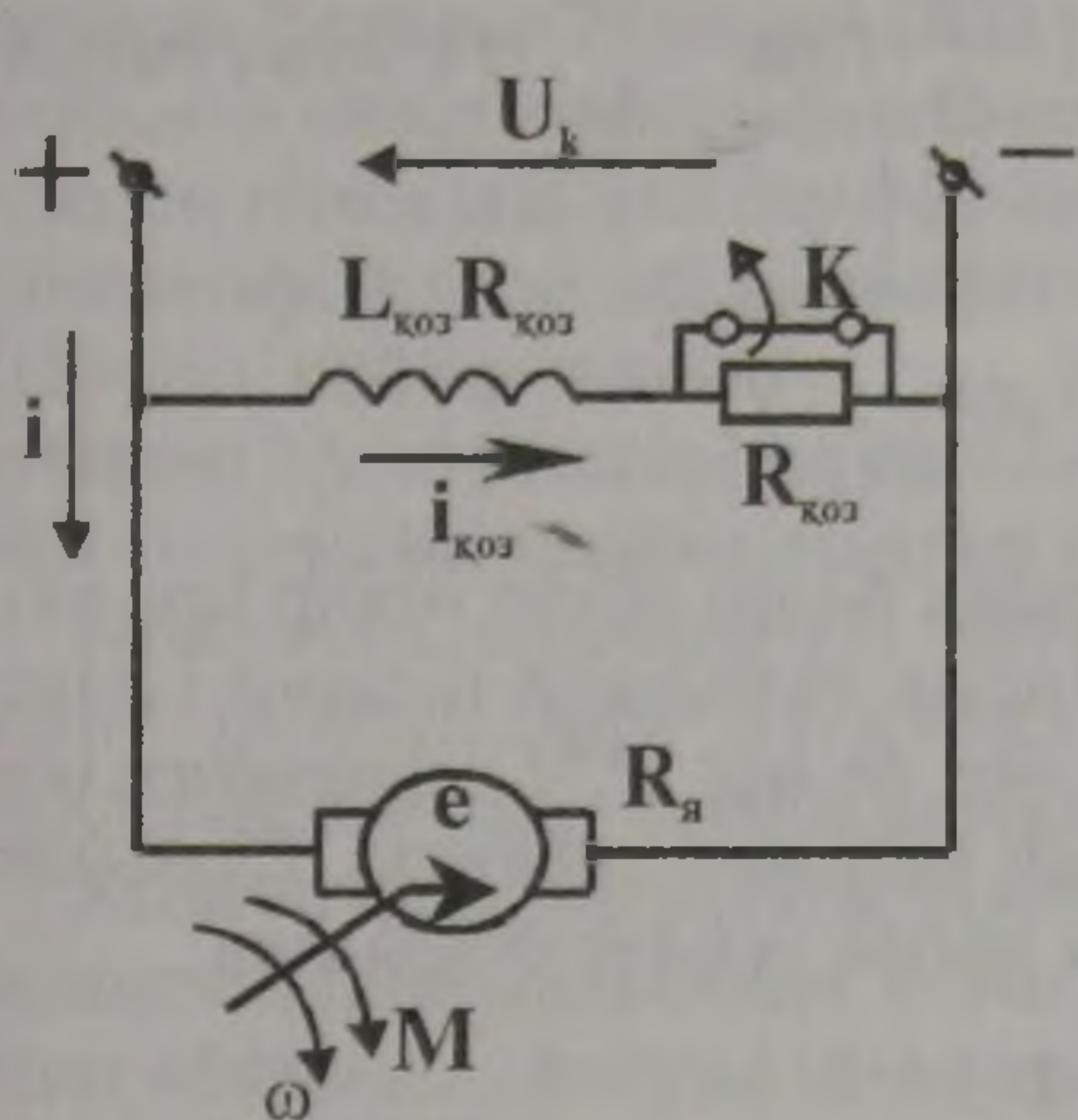
$$\omega_{0i} = \frac{U_H}{k\Phi} \quad \text{және} \quad M_{\text{к.т.і}} = k \frac{U_H}{k_\gamma} \Phi$$

екенін ескерсек, онда

$$\omega + T_M(\hat{O}) \frac{d\omega}{dt} = \omega_c(\hat{O})$$

/5-47/

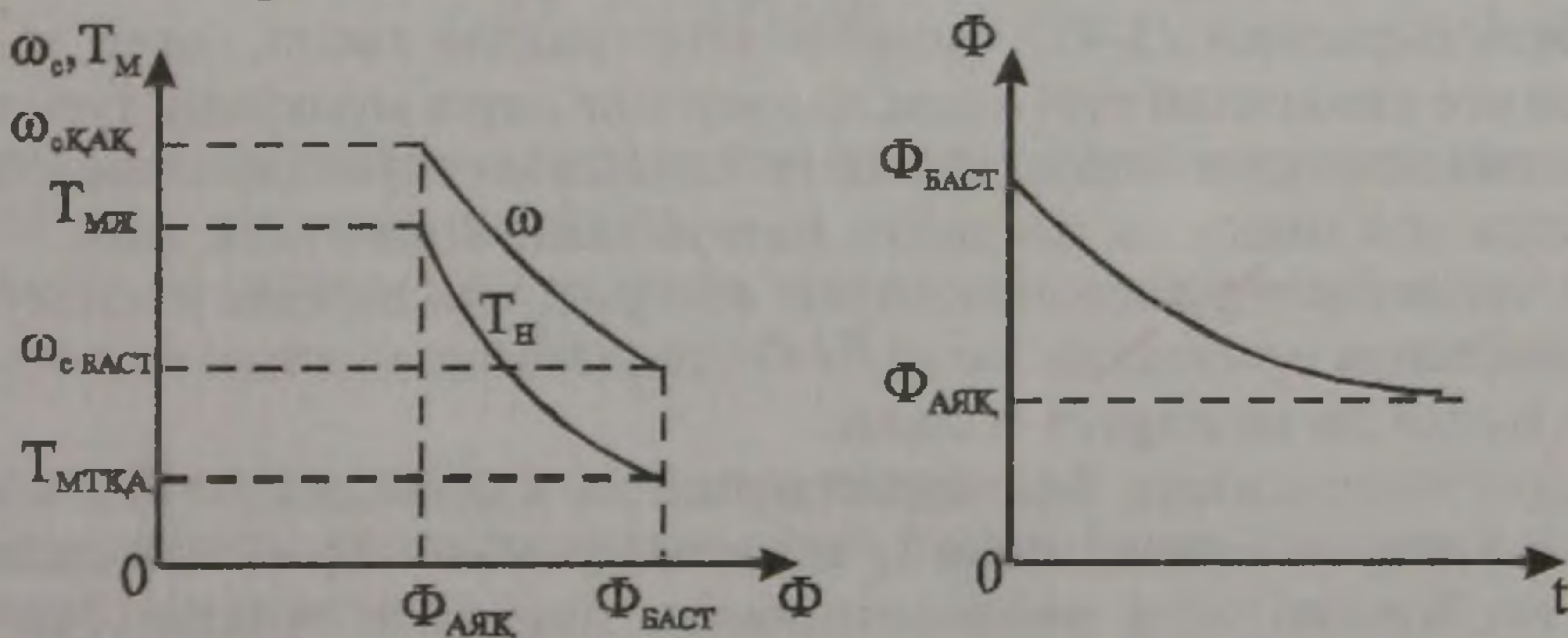
болады.



5-38 сурет. Тұрақты ток параллель қоздырғышты электрқозғалтқышы.

5-39 сурет. Магнит ағынын өзгерткендегі сипаттама.

Сырт пішіні /5-6/-ға ұқсас бұл тендеуде ерекше өзгешелік бар; T_M мен ω_c ағынға байланысты. Бұл $T_M/\Phi/$, $\omega/\Phi/$ қатынастары шамаланған түрі 5-40 суретте көрсетілген.



5-40 сурет. ω_c мен T_M магнит ағынынан байланысты сипаттама.

5-41 сурет. Φ -ның уақыттан экспоненциалды байланысы.

Магнит ағыны уақыт өтуімен өзгереді. Егер $\Phi / i_k /$ сызықты, яғни $L_k = \text{const}$ деп алсақ, онда ағынның өзгеруі экспоненциалды заң бойынша жүреді /5-41 сурет/.

$$\Phi = (\Phi_{\text{бас}} - \Phi_{\text{сон}}) e^{-\frac{t}{T_k}} + \Phi_{\text{сон}}$$

/5-47/ теңдеуін § 5-2, д/ көрсетілгендей, сандық әдіспен шығарған

ыңғайлы. Бұлай ету үшін /5-47/- дегі $\frac{d\omega}{dt}$ -ны $\frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ -ға ауыстырып,

$\Delta\omega$ -ға қатысты шығару керек.

$$\Delta\omega = \frac{\omega_c(\Phi) - \omega}{T_M(\Phi)} \Delta t \quad (**)$$

5-41 суреттегі t осін $\Delta\omega$ аралықтарына бөліп және әрбір аралықтағы Φ -ты анықтап, 5-40 суреттегі қисық бойынша осыған сәйкес ω_c пен T_M -ды табуға болады. T_M және Δt -ны /**/ формуласына тізбектей қойып, $\Delta\omega$ -ны, осыған орай $\omega(t)$ -ны, табамыз. Сонымен қатар аралық бойынша i/t қисығын мына теңдеу бойынша

$$i = \frac{U_H - k\Phi\omega}{R_j}$$

және $M(t)$ мына теңдеу бойынша

$$M = k_i \Phi$$

салуға болады.

$\omega(t)$, $i(t)$ және $M(t)$ байланыстарының шамаланған түрі 5-42 суретте көрсетілген.

Қарастырылған /5-47/ теңдеуін интегралдау тәсілі, егер Δt аралығын өте кішкентай етіп алсақ дәл нәтиже алуға мүмкіндік туғызады. Бірақ табылған шешімнің кез-келген сандық интегралдау кезіндегідей, тек қана сол нақтылы жағдайға жататынын, атап өткен жөн.

/5-47/теңдеуін аналогтың есептеуі өте ұзақ, сондықтан есептеу машиналарында орындаған жөн. /5-47/ теңдеуін аналогтың есептеу машинасында да шығаруға болады.

Қорытындысында, бұл қарастырылған жағдайда ауыспалы процесс екі екпінділікпен J және L_k анықталады және біреуі түзу сызықты емес екі бірінші ретті дифференциалды теңдеуден тұрады. Бұл теңдеулерде комплекстік түбірлер болған жоқ, бұл екі жинағыштың арасында энергия алмасуының мүмкін еместігін көрсетеді.

5.5. АУЫСПАЛЫ ПРОЦЕСТЕРДЕГІ ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНЫ

Осы тараудың өткен параграфтарында ауыспалы процестер әдетте момент пен тоқтың біршама ырғуымен жүретіндігі байқалады.

Кейбір жағдайларда тоқты шектеу үшін тұрақты ток қозғалтқышының якорімен немесе контактілі сақинасы бар асинхронды қозғалтқыштың ротор орамына тізбектеліп іске қосу және кедергілері қосылады. Бұл кезде қозғалтқыштың орамында және сыртқы тоқты шектейтін кедергілерде қозғалтқыштың қатты қызуына әкелетін энергияның біршама шығыны болады. Осыдан басқа, ауыспалы процесс кезіндегі энергия шығыны электржетегі жүйесінің тиімділігін анықтайтын маңызды фактор болып табылады, өйткені олар электр энергиясының жалпы қолданылуына көп әсерін тигізеді. Бұл шығынның шамасы кейбір жағдайларда жетекті таңдауға шешуі әсерін тигізе отырып электржетегі жүйесіне, электрқозғалтқыштардың іске қосу мен тежеу тәсілдеріне тәуелді болады.

Ауыспалы процесстегі энергия шығынының шамасын бағалау және шығын мен электржетегінің параметрлері арасындағы байланысты табу есебін қарастырайық.

Қозғалтқыштың күштік тізбегіндегі активті кедергілер жылу түрінде бөлінетін шығынды ғана есепке аламыз, өйткені ауыспалы процессте атап айтқанда, жалпы шығынның осы құрамындағы байқарлықтай өседі.

Талдауды /§ 5-1/ бірінші және екінші топтағы ауыспалы процесстер үшін ғана жүргіземіз.

Энергия шығынының жалпы формуласы өзіміз білетінімізден мынадай түрде болады;

$$\Delta A = \int_0^{t_{\text{аз}}} \Delta P(\dot{a}) dt \quad /5-48/$$

мұнда ΔA — ауыспалы процесс уақытындағы t ал энергияның шығыны $\Delta P(t)$ - қуаттың шығыны.

Тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышында;

$$\Delta P(t) = i_2^2 (R) \quad /5-49/$$

мұндағы R -якорь тізбегінің толық кедергісі.

Асинхронды қозғалтқыштағы ротор мен статор тізбектеріне сәйкес қуаттың шығыны

$$\Delta P(t) = 3i_2^2 Z_{22} = 3(i_2')^2 Z_2' \quad /5-50/$$

$$\Delta P_c(t) = 3i_1^2 Z_1 \quad /5-51/$$

мұнда i_2, i_1 — ротор мен статордағы ток.

- Z_2, Z_1 ротор мен статор фазасындағы кедергі.

а/ Әсер ету факторы шапшаң өзгерген кездегі энергияның шығыны /§5-1/- дегі бірінші топқа кіретін ауыспалы процесстердегі энергия шығынын қарастырайық. Бұл процесстердің ерекше белгісі, шапшаң жаңа сипаттаманың құрылуы және де содан кейінгі ауыспалы процесстердің осы сипаттама бойынша жүруін еске саламыз, яғни динамикалық механикалық сипаттама бірқалыпты жағдай үшін құрылған “статикалық” сипаттамамен дәл келеді.

Жоғарыда - /2-13/ пен /4-21/ теңдеулерін қара / - якорь немесе ротор тізбегіндегі қуаттың шығыны былай көрсетілуі мүмкін.

$$\Delta P = M\omega_0 S \quad /5-52/$$

мұнда S — асинхронды қозғалтқыштың сырғанауы немесе тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышының жылдамдығының салыстырмалы күрт түсуі.

$$S = \Delta \varpi = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \quad (*)$$

$M_c = 0$ болсын, яғни ауыспалы процесс білікте жүктемесіз жүреді. /5-48/-ге /5-52/-ні қойып

$$\Delta A = \int_0^t M\omega_0 S dt \quad (**)$$

аламыз.

Бірақ $M_c = 0$ болғандағы ауыспалы процеске

$$M = J \frac{d\omega}{dt}$$

теңдеуі, немесе (*)-ны есепке алсақ

$$M = -J\omega_0 \frac{dS}{dt}$$

теңдеуі тура.

Бұл теңдеуді (**)-ге қойып және интегралдау шектерін ауыстырып алатынымыз;

$$\Delta A = \int_{S_{\text{ááá}}}^{S_{\text{óóó}}} -J\omega_0^2 S dS = J\omega_0^2 \int_{S_{\text{ááá}}}^{S_{\text{óóó}}} S dS$$

Интегралдағаннан кейін, алатынымыз;

$$\Delta A = \frac{J\omega_0^2}{2} (S_{\text{бас}}^2 - S_{\text{сон}}^2) \quad /5-53/$$

яғни, $M_c = 0$ болғанда, тәуелсіз қоздырғышты тұрақты ток қозғалтқышының якорь тізбегіндегі немесе асинхронды қозғалтқыштың ротор тізбегіндегі энергия шығыны, $\omega = \omega_0$ болған кездегі кинетикалық энергияның қорымен немесе жетектің бастапқы не соңғы жағдайымен анықталады.

Маңызды жеке жағдайлар үшін; жүктемесіз іске қосу ($S_{\text{бас}} = 1, S_{\text{сон}} = 0$)

$$\Delta A_{\text{iК}} = \frac{J\omega_0^2}{2} (1 - 0) = \frac{J\omega_0^2}{2}$$

жүктемесіз қарсы қосу арқылы тежеу ($S_{\text{бас}} = 2, S_{\text{сон}} = 1$)

$$\Delta A = \frac{J\omega_0^2}{2} (2^2 - 1) = 3 \frac{J\omega_0^2}{2}$$

жүктемесіз реверс ($S_{\text{бас}} = 2, S_{\text{сон}} = 0$)

$$\Delta A_{\text{РсК}} = \frac{J\omega_0^2}{2} (2^2 - 0) = 4 \frac{J\omega_0^2}{2}$$

жүктемесіз динамикалық тежеу ($S_{\text{бас}} = 1, S_{\text{сон}} = 0$)

/5-53/ теңдеуі ауыспалы процесс жүретін сипаттаманың формасына ешқандай шек келтірместен алынғанын атап кетейік. Ең бастысы ол сипаттама шапшаң жүзеге асады.

Сонымен қатар бұл қорытындының ортақтылығын да атап кеткен жөн. Мысалы, егер сымдылығы C болатын шығынсыз конденсаторды тұрақты кернеу U кезінде қоссақ, онда мұнда $\frac{CU^2}{2}$ энергия

қоры болады және осы энергия қорын жинағанда өткізгіштегі кедергіге қарамастан осынша энергия жоғалады /қозғалтқышты іске қосқан кездегі энергия шығынымен салыстырындар./

/5-50/ мен /5-51/-ді еске алып /5-53/-ті қолдансақ асинхронды қозғалтқыштың статор тізбегіндегі шығынды оңай тауып алуға болады.

Шынында да егер бос жүріс тоғын ескермесек /4-1 сур.қара/ онда, $i_1 = i_2$. Бірақ онда

$$\Delta P_c = 3i_1^2 r_1 = 3(i_2')^2 r_1 = 3(i_2')^2 r' \frac{r_1}{r_2'} = \Delta P \frac{r_1}{r_2'}$$

және осыған орай

$$\Delta A_c = \Delta A \frac{r_1}{r_2'} \quad /5-54/$$

ал, асинхронды қозғалтқыштағы энергияның жалпы шығыны былай анықталады.

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A \left(1 + \frac{r_1}{r_2} \right) \quad /5-55/$$

мұнда ΔA – ротор тізбегіндегі шығындар.

Ауыспалы процестегі энергия шығыны қаншалықты көп екеніне көз жеткізу үшін қарапайым мысал келтірейік.

Айқас тұйықталған асинхронды қозғалтқыш МТК-31-6

$$(P_H = 9,5_{кВт}; n_H = 930_{ор/мин}; \eta_H = 0,8; J = 0,25_{кгм^2})$$

$$M_{ид} \approx \frac{M_a + M_{i.к}}{2} = 330 N_M; \frac{r_1}{r_2} = 1$$

жүктемесіз іске қосылған деп алайық. Іске қосқандағы энергия шығыны мынадай болады;

$$\Delta A_{i.к} = \frac{J\omega_0^1}{2} \left(1 + \frac{r_1}{r_2'} \right) = \frac{0,25 \cdot 105^2}{2} (1 + 1) = 2750 \text{ Аэ}$$

іске қосуға кеткен уақытты былай табамыз;

$$t_{i.к} = \frac{J\omega_0}{M_{орт}} = \frac{0,25 \cdot 105}{330} = 0,08 \text{ с}$$

НОМИНАЛ ШЫҒЫН

$$\Delta P_H = P_H \frac{1 - \eta_H}{\eta_H} = 9500 \frac{1 - 0,8}{0,8} = 2350 \text{ Вт}$$

$t_{i.к}$ уақытындағы номинал режимдегі энергия шығыны

$$\Delta P_H t_{i,K} = 2350 \cdot 0,08 = 190 \text{ Дж}$$

яғни

$$\frac{\Delta A_{i,K}}{\Delta P_H t_{i,K}} \frac{2750}{190} \approx 14,5$$

Жүктемесіз іске қосқан кездегі энергия шығыны, сол уақыттағы номинал режимге қарағанда 15 рет көп.

Енді, жүктеме кезіндегі ауыспалы процестің энергия шығынын қарастыруға көшейік. Оны маңызды бір жеке жағдай үшін /іске қосу, қарсы қосып тежеу, динамикалық тежеу / $\omega_0 \approx \omega_c$ және ауыспалы процестегі $M_c = \text{const}$ және $M = M_{\text{opt}} = \text{const}$ деген болжаумен қарастырайық.

Қуаттың шығынын желіден алынатын және білікке берілетін қуаттардың айырмасы ретінде бағалайық. Яғни,

$$\Delta P = P_1 - P_2 = M_{\text{opt}} \omega_0 - M_{\text{opt}} \omega \quad /5-56/$$

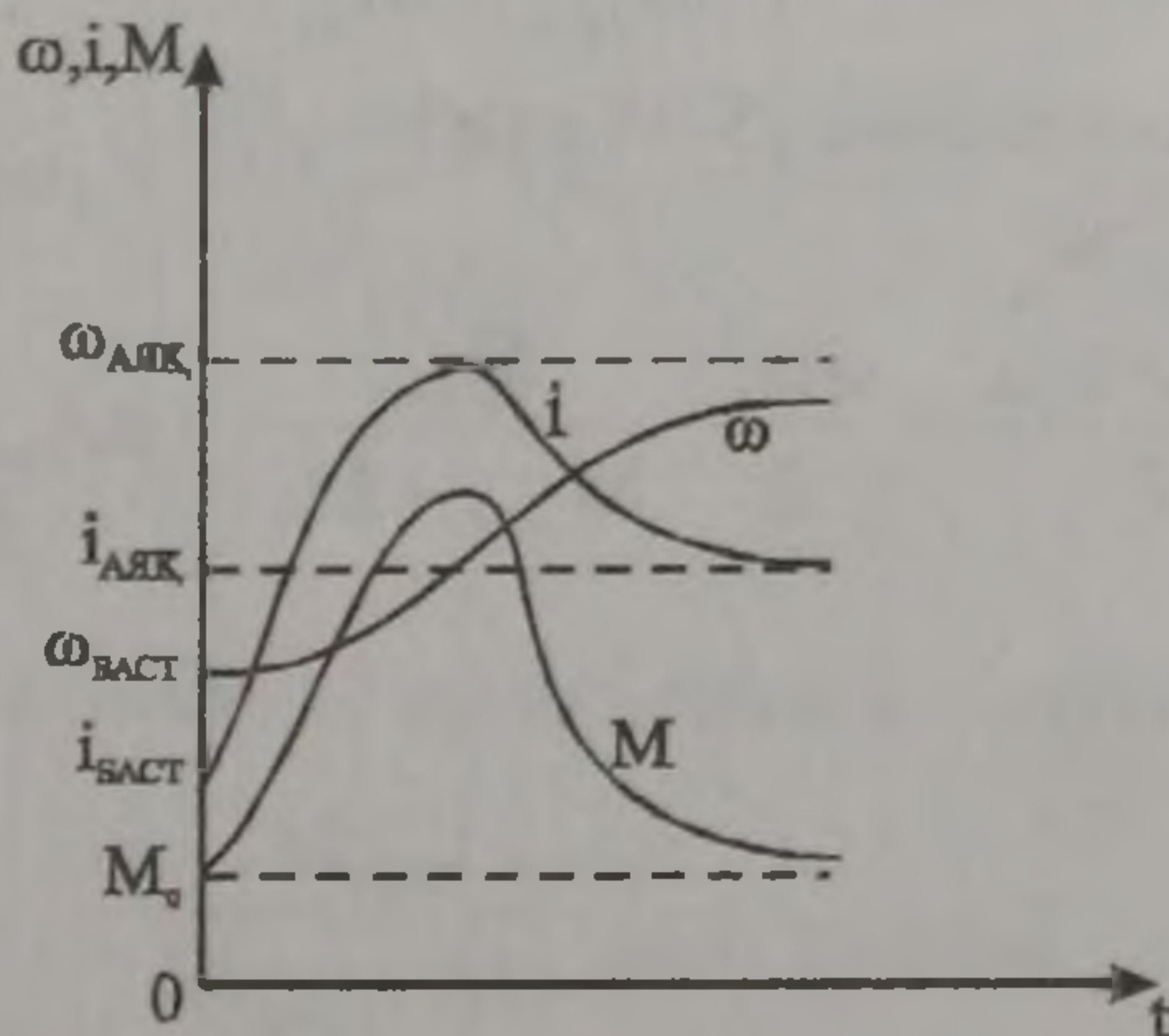
ал, энергия шығынын /5-48/ формуламен табамыз.

Көрсетілген әрбір режимдер үшін $\omega(t)$, $R(t)$, $P(t)$, $P\Delta(t)$ графиктерін салайық. Онда ΔA координат өсімен және $\Delta P(t)$ графигімен шектелген аудан сияқты анықталады - /5-43 + 5-45 суреттерді қара./

Іске қосу үшін /5-43 сур./

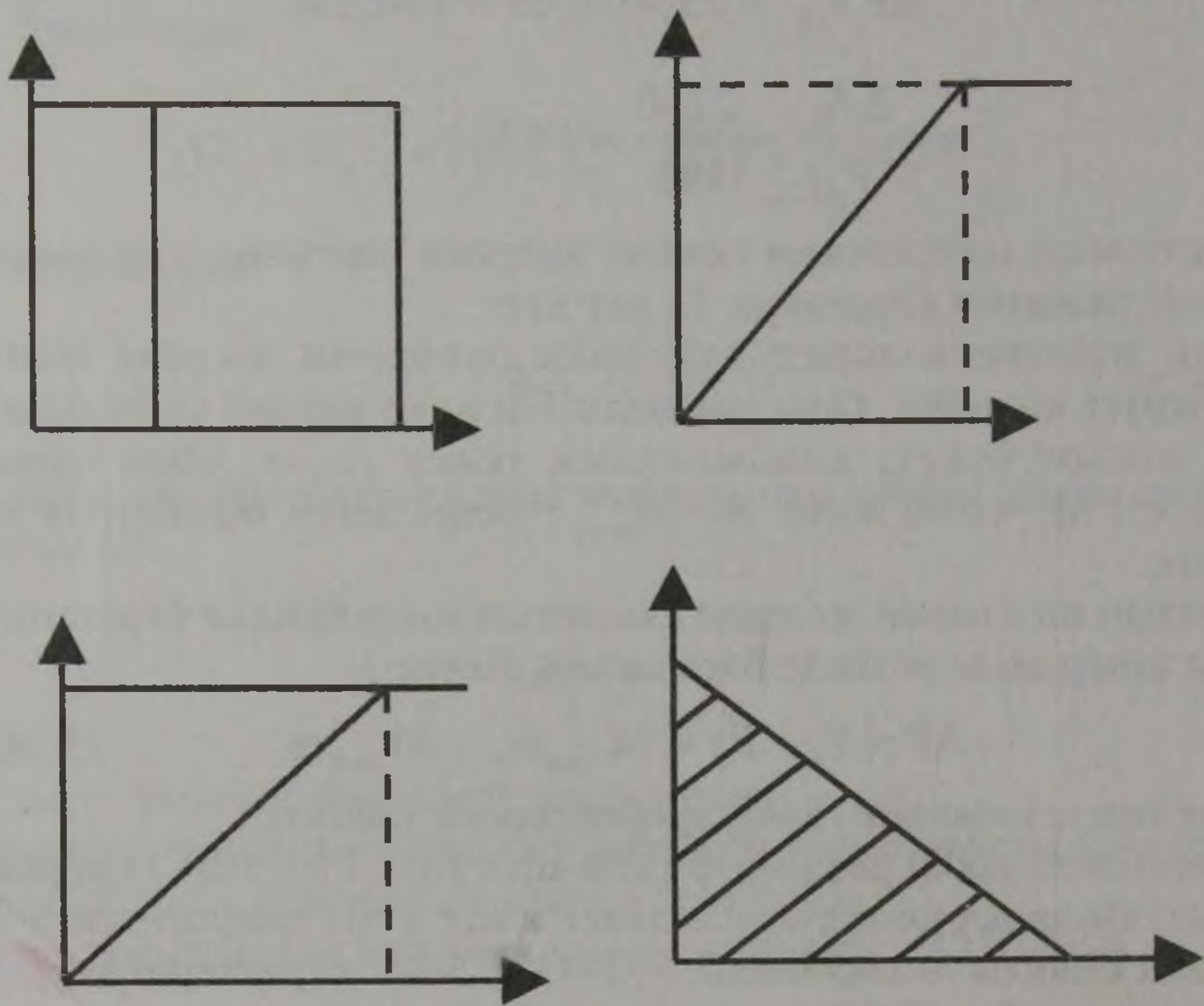
$$t_{a.n} = \frac{J\omega_0}{M_{\text{opt}} - M_c}$$

$$\Delta A_{i,K.H} = \frac{M_{\text{opt}} \omega_0 t_{a.n}}{2} = \frac{J\omega_0^2 M_{\text{opt}}}{2 M_{\text{opt}} - M_c} = \Delta A_{i,K} \frac{M_{\text{opt}}}{M_{\text{opt}} - M_c} \quad /5-57/$$



5-42 сурет. ω , i , M -нің ауыспалы процестердегі сипаттамалары.

Яғни жүктемемен іске қосқан кездегі шығын $\Delta A_{i.k.}$ жүктемесіз іске



5-43 сурет. $W=(M)$, $W=(f)$, P_1 , $P_2=f(f)$ және $\Delta P=f(f)$ режимдері.

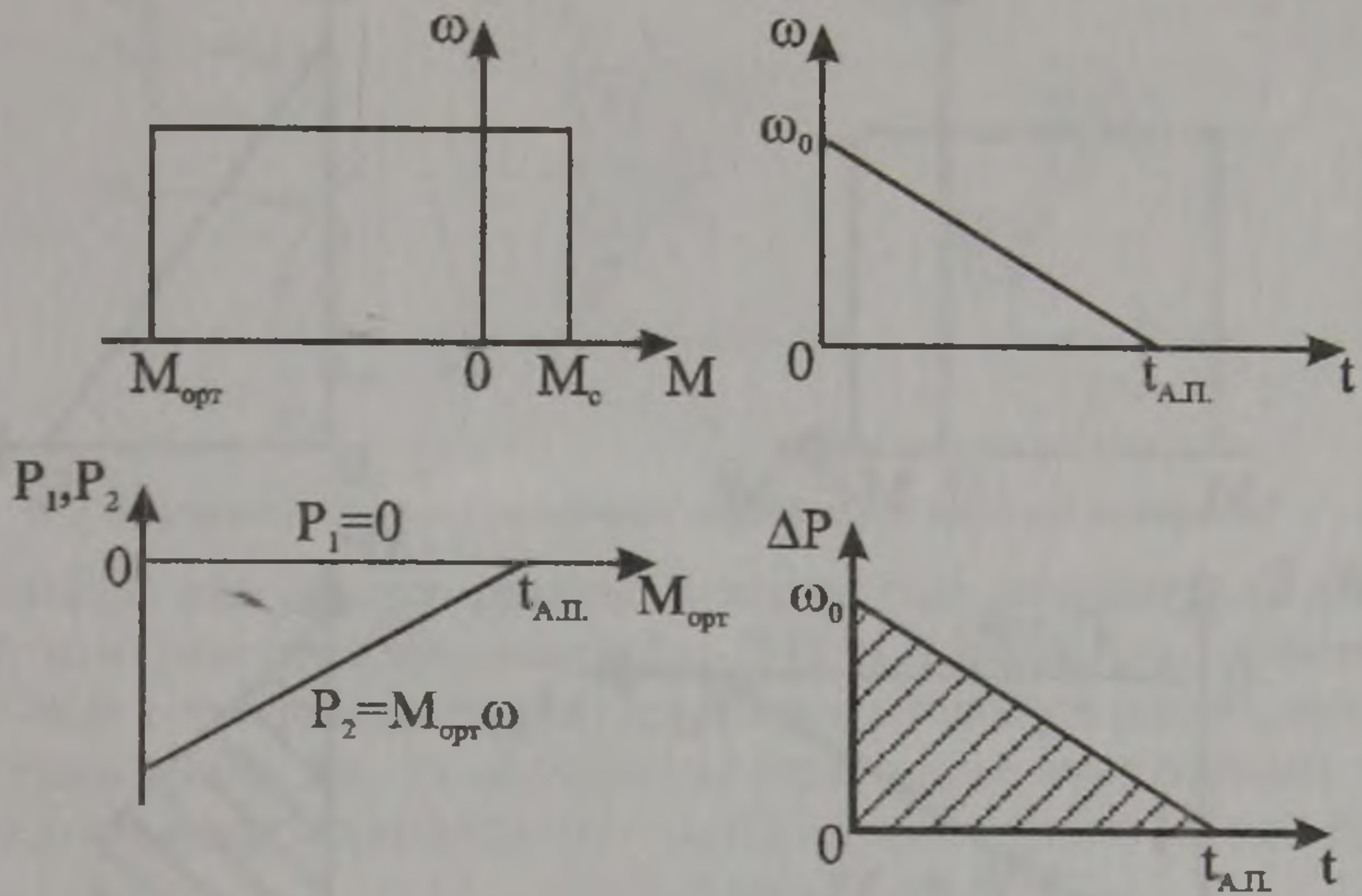
қосқан кездегі шығыннан $\Delta A_{i.k.}$, $\frac{M_{opt}}{M_{opt} - M_c}$ рет өскен

$$t_{an} = \frac{J\omega_0}{M_{opt} + M_c}$$

Динамикалық тежегенде /5-44 сур./

$$\Delta A_{т.дин.и} = \frac{M_{opt}\omega_0 t_{an}}{2} = \frac{J\omega_0^2}{2} \frac{M_{opt}}{M_{opt} + M_c} = \Delta A_{т.дин} \frac{M_{opt}}{M_{opt} + M_c}$$

/5-58/



5-44 сурет. Энергия шығынын көрсететін әртүрлі режимдер.

яғни жүктемедегі динамикалық тежеу кезінде энергияның шы-

ғыны $\frac{M_{орт}}{M_{орт} + M_c}$ рет азайған

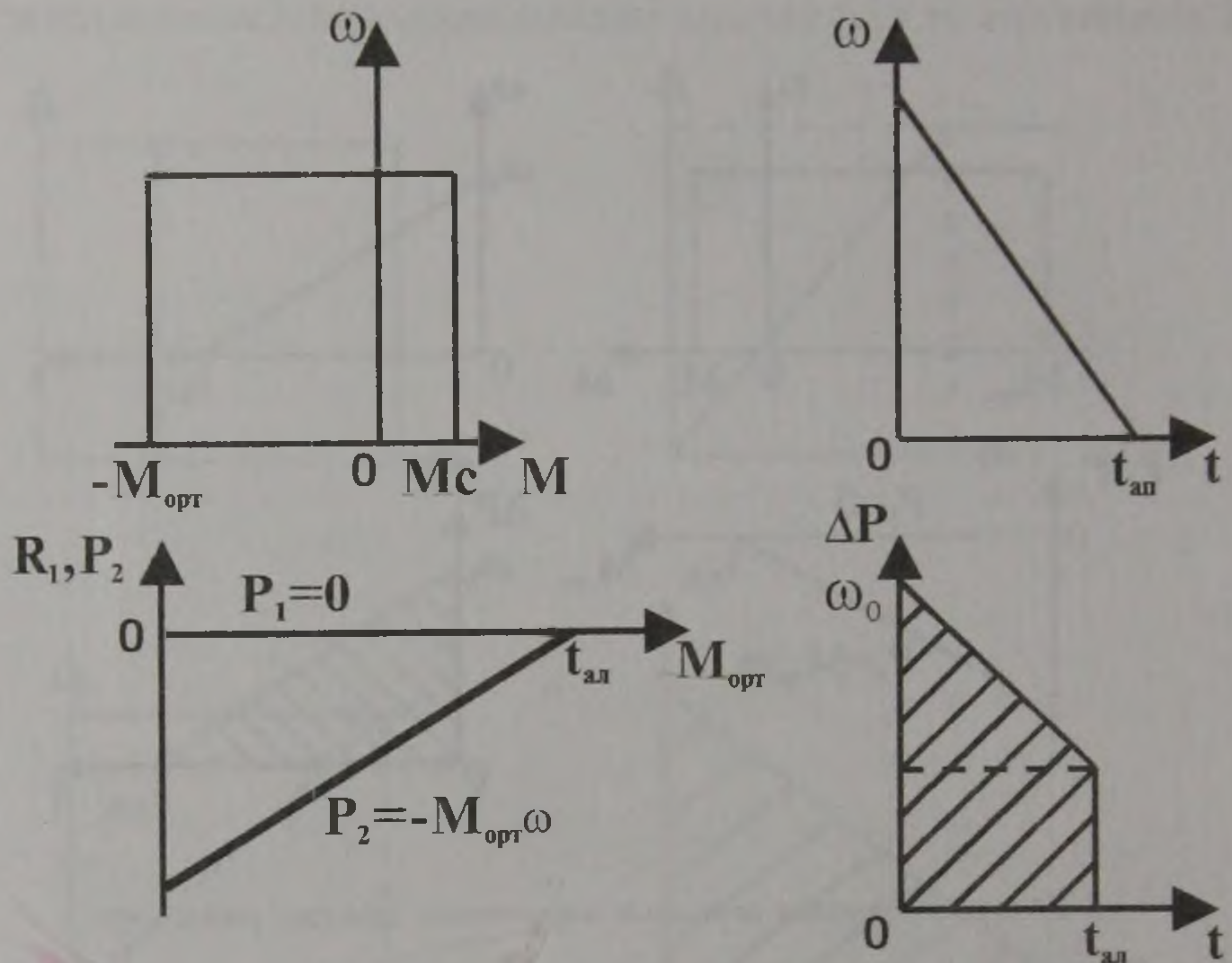
Қарсы қосу тежеуі үшін /5-45 сур./

$$t_{ae} = \frac{J\omega_0}{M_{орт} + M_c}$$

$$\begin{aligned} \Delta A_{т.ер.н} &= \left(M_{орт}\omega_0 + \frac{M_{орт}\omega_0}{2} \right) t_{ап} = 3 \frac{J\omega_0^2}{2} \frac{M_{орт}}{M_{орт} + M_c} = \\ &= \Delta A_{т.ер} \frac{M_{орт}}{M_{орт} + M_c} \end{aligned} \quad /5-59/$$

яғни динамикалық тежеу кезіндегі сияқты энергияның шығыны

$$\frac{M_{орт}}{M_{орт} + M_c} \text{ рет азаяды.}$$



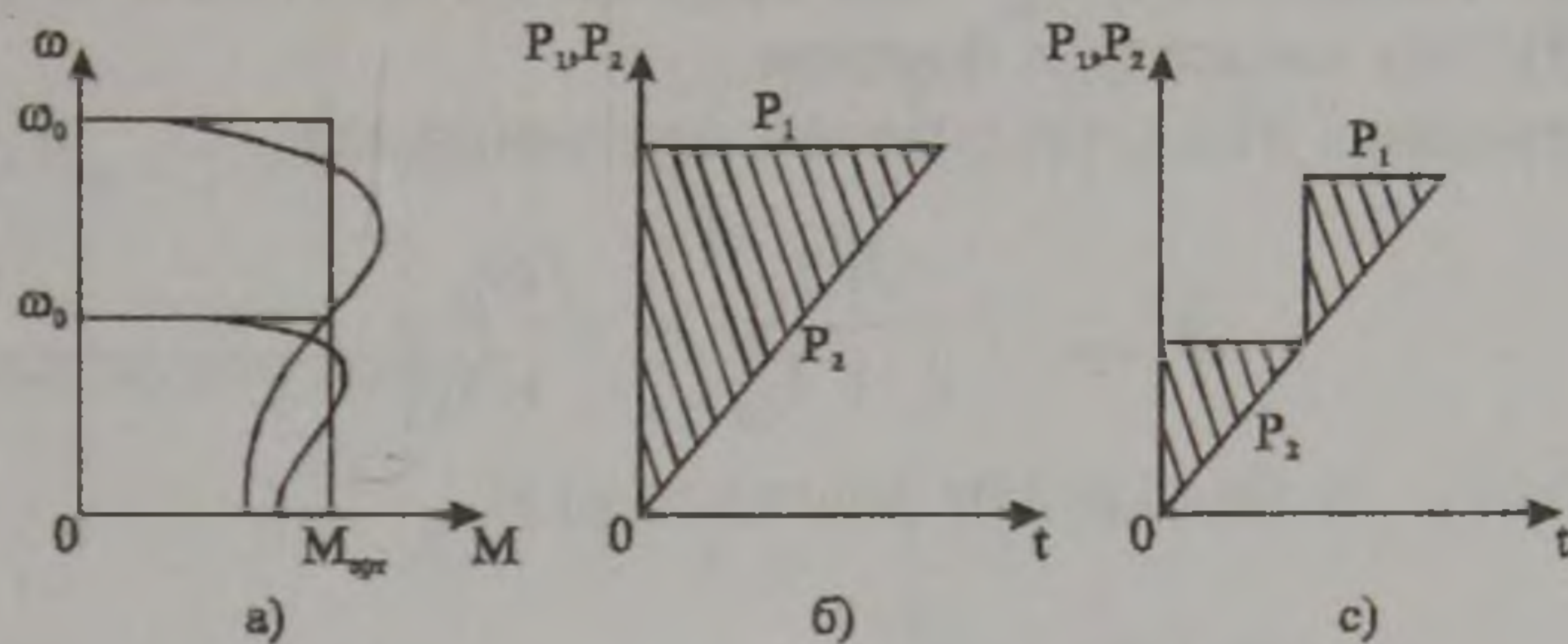
5-45 сурет. Энергия шығынын көрсететін әртүрлі режимдер.

Қорыта келе, жүктемемен іске қосқан кезде энергия шығыны өседі, ал жүктемемен тежегенде жүктемесіз тежеген кездегімен салыстырғанда азаяды. Мұндай құбылыстардың болу себебі – ауыспалы процесс уақытының өзгеруінде. Мысалы, 5-43 суреттегіге ұқсас диаграммадан жүктемесіз іске қосу үшін мынаны аламыз;

$$t_{\text{ае}} = \frac{J\omega_0}{M_{\text{опт}}}, \Delta A_{i.k} = \frac{M_{\text{идо}} \omega_0 t_{\text{ае}}}{2} = \frac{J\omega_0^2}{2}$$

Мұндай қорытындының /5-57/-ден айырмашылығы тек қана $t_{\text{ал}}$ шамасында.

Ауыспалы процестегі энергия шығыны, көрсеткеніміздей, өте көп болуы мүмкін, осыған байланысты шығынды азайту проблемасы туады. /5-53/-ке сүйене отырып, J_{4K} ды азайту арқылы энергия шығынын төмендетуге болатынын көруге болады. Бұл тәсілді жетекті жобалаған кезде қолдануға болады, мысалы, қозғалтқыш таңдағанда екпін моменті аз қозғалтқыш алып, бір қозғалтқышты қуаты жартысындай болатын екі қозғалтқышпен ауыстыруға болады. Бірақ J -ға әсер етіп шығынды көп азайта алмаймыз. Бұған қарағанда іске қосқан кезде ω_0 -ді өзгертуге негізделген тәсіл тиімді. Мысалы, бізде сипаттамалары 5-46, а суреттерінде көрсетілгендей



5-46 сурет. Энергия шығынын көрсететін әртүрлі режимдер.

сипаттамалы екі жылдамдықты асинхронды қозғалтқыш болсын. Тікелей жоғарғы жылдамдыққа $2\omega_0$ ($M_c=0$) қосқанда энергия шығыны 5-46,б суретте көрсетілген штрихталған үшбұрышпен, ал бірінші ω_0 -ға, содан кейін $2\omega_0$ -ға сатылап қосқан кезде энергияның шығыны 5-46,в суреттегі штрихталған үшбұрышпен анықталады. Демек,

$$\Delta A_{ep} = 2\Delta A$$

Бұндай қорытынды /5-53/ формуласын қолданып та алуға болады. ω_0 -дың жатық өзгеруіне жалғасады.

б/. Түрлендіргіш-қозғалтқыш жүйесінің ауыспалы процесс кезіндегі энергия шығыны.

Көрсеткеніміздей, ауыспалы процесте ω_0 -ды жатық өзгертудің мүмкіндігі Т-Д жүйесінде туады. /§5-3/ $\omega_0(t)$ сызықтық графигінде және $t \geq T/t - \omega_0$ -дың өсу уақыты/ болған кездегі жүктемесіз іске қосу режиміндегі энергия шығынын қарайық.

5-17 суретте көрсетілген $\omega_0(t)$, $\omega(t)$ және $M(t)$ графиктері 5-47 суретте көрсетілгендей түзу сызықтармен шектелген. ω_0 мен ω -ны M_{opt} -қа көбейтіп, $P_1(t)$ және $P_2(t)$ графиктерін аламыз. Сонда энергия шығыны $\Delta A_{i.k}$ Т-К /5-56/-ға және /5-48/-ге сәйкес штрихталған аймақ ауданымен анықталады.

$$\Delta A_{i.k} T - K = \int_0^{t+T_M} [P_1(t) - P_2(t)] dt = M_{opt} \omega_{01} T_M$$

Егер, $T_M = \frac{J\omega_{01}}{M_{k.m}}$ екенін ескерсек, онда

$$\Delta A_{i.k} T - K = 2 \frac{M_{opt}}{M_{é.ó}} \frac{J\omega_{01}^2}{2} = 2 \frac{M_{opt}}{M_{é.ó}} \Delta A_{i.k} \quad /5-60/$$

мұндағы $\Delta A_{i.k} - \omega_{01} - M_{k.t}$ 1 сипаттамасы бойынша іске қосқан кездегі энергия шығыны.

$M(t)$ графигі бойынша M_{opt} – ны шығарып, жетектің параметрлері арқылы $M(t)$ –ны көрсетуге болады.

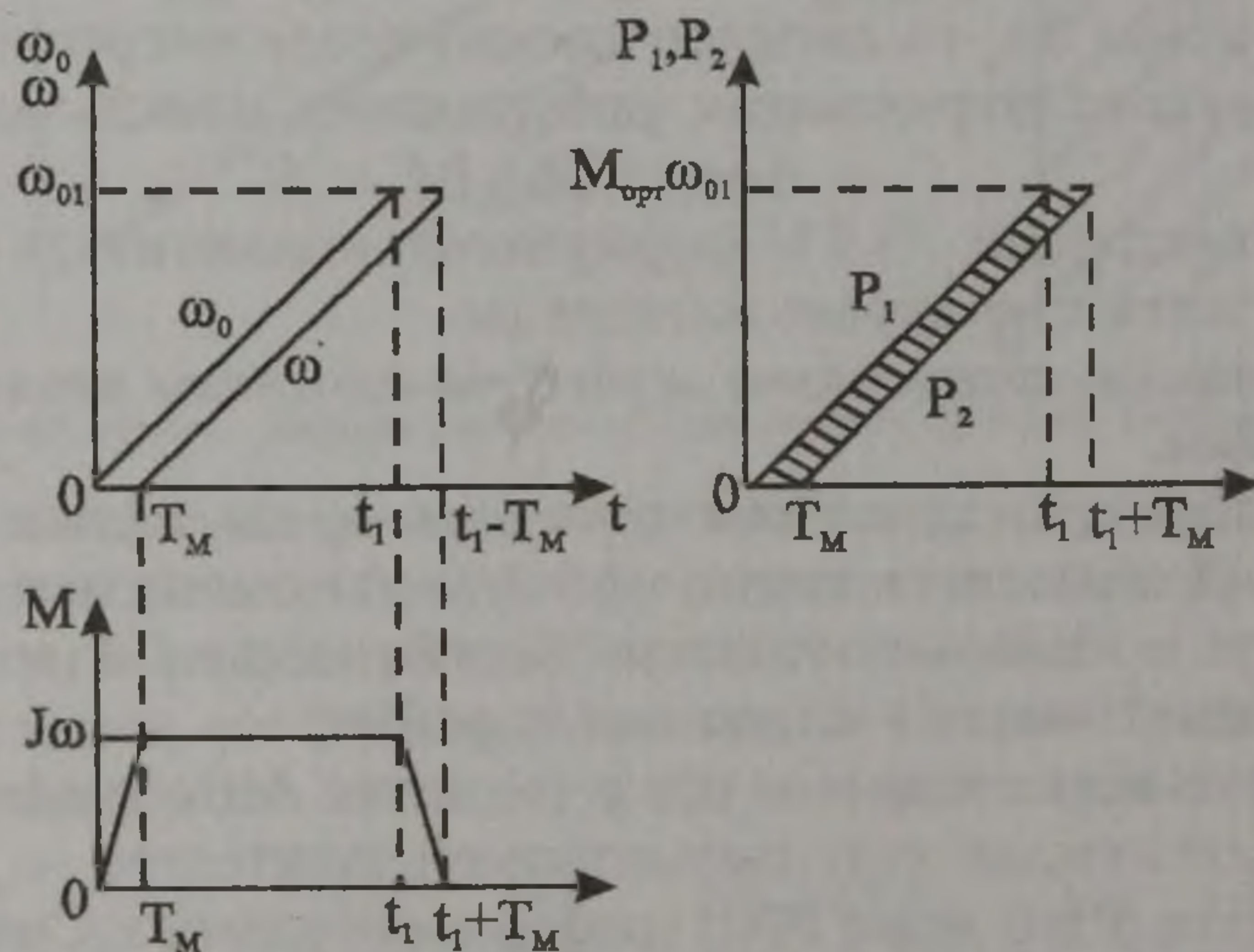
5-47 суретіндегі $M(t)$ графигінен алатынымыз;

$$M_{opt} = \frac{J\epsilon t_1}{t_1 + T_M} = \frac{J\omega_{01}}{t_1 + T_M}$$

Бұл формуланы /5-60/ қойып алатынымыз;

$$\Delta A_{i^0} T - K = \frac{2T_M}{t_1 + T_M} \Delta A_{i^0} \quad /5-61/$$

Жоғарыда /§ 5-3,в/ орта қуаты электр машиналары үшін тітіп $\approx 10T_M$ екені көрсетілген болатын, яғни $T-K$ жүйесінде іске қосқан кезде энергия шығынын ең аз дегенде 5-6 рет төмендетуге болады.



5-47 сурет. Энергия шығынын көрсететін әртүрлі режимдер.

Осындай көрсеткіштерді $\omega_0(t)$ экспоненциалды өзгерген кезде де алуға болады.

$T-K$ жүйесінде жүктемесіз қозғалтқышты жылдамдатпай іске қосқандағы қарапайым жағдайды қарастырып көрейік. Бұл жағдайда негізгі тізбектегі ток /5-34/-ке сәйкес мынадай заң бойынша өзгереді.

$$i = \frac{I_{к.т} T_M}{T_K - T_M} \left(e^{-\frac{t}{T_K}} - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)$$

Іске қосқан кезде якорь тізбегіндегі энергия шығыны

$$\Delta A_{ik} \varepsilon - \kappa \int_0^{\infty} i^2 R_{\Sigma} \partial t = \frac{I^2 T_M^2 R_{\Sigma}}{(T_K - T_M)^2} \int_0^{\infty} \left(e^{-\frac{t}{T_K}} - e^{-\frac{t}{T_M}} \right)^2 \partial t$$

Интегралдаудан кейін;

$$\Delta A_{ik} \tilde{a} - \hat{e} = \frac{I_{\hat{e}, \hat{o}}^2 T_i^2 R_{\Sigma}}{2(T_K + T_M)}$$

мұнда

$$I_{KT}^2 T_M R_{\Sigma} \frac{E_{ГН}^2}{R_{\Sigma}^2} \frac{J R_{\Sigma}}{C^2} R_{\Sigma} = J \omega_{01}^2$$

Олай болса, Г-Қ жүйесінде якорь тізбегіндегі энергия шығыны жүктемесіз іске қосқан кезде мынадай болады;

$$\Delta A_{ik} \varepsilon - \kappa = \frac{T_M}{T_K + T_M} J \frac{\omega_{01}^2}{2} \quad /5-62/$$

яғни, жүктемесіз жылдамдатпай, іске қосқан кезде Г-Қ жүйесіндегі якорь тізбегіндегі энергия шығыны, толық кернеумен тікелей қосқан кездегі шығынымен салыстырғанда электромагниттік пен электро-механикалық уақыт тұрақтылығын қосқанда электромеханикалық уақыт тұрақтылығы қанша төмен болса, ол да сонша рет төмендейді. Мысалы, блюминг қозғалтқышы үшін $T_M = 0,05$ с $T_K = 2,5$ с демек,

$$\Delta A_{i.k.} \varepsilon - \kappa \approx 0,02 J \frac{\omega_{01}^2}{2}$$

яғни бұл жағдайда Г-Қ жүйесі бойынша жылдамдатпай жүктемесіз іске қосу энергиясының шығыны тұрақты кернеу кезінен іске қосқан кездегі шығынның екіге жуық процентін құрайды. Жылдамдату болған кезде якорь тізбегіндегі энергияның шығынын, біршама өсетінін көрсетуге болады. Т-Қ жүйесіндегі ауыспалы режимдердегі шығынның шұғыл төмендеуі, оның жиі реверс пен іске қосу жағдайында жұмыс істейтін реверсивті қозғалтқыштарда кеңінен қолданылуының себебі болып табылады, тіпті бірқалыпты режимде жылдамдықты реттеуді қажет етпесе де болады.

VI. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫ ТАҢДАУ

6.1. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫ ТАҢДАУ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Осы уақытқа дейін электржетектердің қасиеттері, жетектің барлық элементтері, оның ішінде қозғалтқыш таңдап алынған, демек барлық параметрлері белгілі деген болжаммен қарастырдық. Бұл тарауда электржетектің басты элементі—қозғалтқышы қалай таңдап алу керек екендігі оқылады.

Қозғалтқышты таңдап алу — жетекті жобалаудың ең бір жауапты бөлімі, өйткені энергияның, электромеханикалық түрлендірулерін және көп жағдайларда бүтіндей техникалық және экономикалық сапасын да анықтайтын тек қана қозғалтқыш.

Есепті тек қана қозғалтқыштың қуатын таңдаумен шектейік, яғни қозғалтқыштың түрі мен басқару тәсілі алдын-ала алынып қойылған деп есептейміз.

Қозғалтқышқа қойылатын ең бір басты талап оның капиталдық қаражат пен шығынның аз болуы, сенімді жұмыс істеуі. Бұл талап қажетті қозғалтқыш дұрыс таңдап алынған кезде ғана орындалады.

Жоғарғы қуатты қозғалтқышты қолдану капиталдық қозғалтқыштар көп керек етеді. ПӘК төмендейді, ал асинхронды қозғалтқыштар үшін - қуат коэффициенттері нашарлайды. Қуаты төмен қозғалтқыштарды қолдану, механизмнің қалыпсыз жұмыс істеуіне, аварияның болуына және қозғалтқыштың жұмыс істеу уақытын қысқартуға әкеп соғады.

Қозғалтқышқа берілетін жүктеме көп уақыт әсер еткен кезде қозғалтқыштың қызуымен, ал қысқа уақыт әсер еткенде — оның артық жүктеме көтеру мүмкіншілігімен шектеледі.

Артық жүктеме көтеру мүмкіншілігі дегеніміз, қысқа уақытқа болса да қозғалтқышқа жылдамдық беретін максимал моменттің, оның номинал моментіне қатынасы

$$\lambda = \frac{M_{\text{мун.аж}}}{M_n}$$

Асинхронды қозғалтқыштар үшін максимал момент ауыспалы моменттің шамасымен; синхрондылар үшін - қозғалтқыштың синхронды режимде бірқалыпты жұмыс істей алатын момент шамасымен шектеледі, тұрақты ток қозғалтқыштары үшін максимал момент тоқтың коммутациясы коллекторда қауінсіз ұшқынсыз жүрген кездегі шамамен шектеледі.

Қозғалтқыштардың қызуының шектеулі, оны айыруының жылуға төзімділігімен анықталады. Заводта температураға қойылған шектеуді

орындаған уақытта электр машинасының айыруы жұмыс істеу мерзімі изоляциясында шамамен 10 жыл, изоляцияның ГОСТ-пен қойылған, шектік шамадан аса қызуына жол берілмейді, өйткені ол эл.машиналарының жұмыс істеу мерзімін қысқартады.

Айыру класы әртүрлі қозғалтқыштардың орамдары шектік температураларына, қозғалтқышта номинал жүктеме болған кезде және қозғалтқыштың сууына әсерін тигізетін қоршаған ортаның температурасы $+40^{\circ}\text{C}$ болған кезде жетеді. Қозғалтқыштың суу шарты осыған байланысты. Егер температураның нақтылы мәні $t_{\text{кор.}} < +40^{\circ}\text{C}$ болса, қозғалтқышқа, номинал жүктемеден бірнеше көп жүктеме беруге болады; $t_{\text{кор.}} > +40^{\circ}\text{C}$ болған кезде керісінше, қозғалтқыштың жүктемесі номиналдан төмен болуы керек.

Қозғалтқыштың қуатын таңдаған кезде негізгі бастапқы берілістері, механизмнің білігіне берілетін қажетті момент, қажетті жылдамдық және механизмнің жұмыс мүшелерінің үдеуі болып табылады. Бұл шамалар қажетті технологиялық процестерден белгілі болуы керек. Қозғалтқыштың қуатын таңдап алудағы есептердің қиындығы сол, онда қозғалтқышпен арттырылатын момент жалпы жағдайда статикалық жүктеменің моментіне тең емес.

$$M = M_c + J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \text{ ал, айырмашылығы — динамикалық момент-қозғалтқыштың инерциялық моменті кіретін жетектің инерциялық моменттерінің қосындысына байланысты. Осыған байланысты динамикалық режимдер мыңызды роль атқарғанда, есеп екі кезеңмен шығарылады; қозғалтқыштарды алдын-ала таңдау және оны артық жүктеме қабілеттілігі бойынша және қызуы бойынша тексеру. Қозғалтқыш көбіне бірқалыпты режимде } M = M_c / \text{ істейтін жеке жағдайларда, қозғалтқышты тікелей қажетті } M_c \text{ мен } \omega \text{ бойынша таңдап алуға болады. Алдағы уақытта негізінен біз жалпы жағдайды қарастырамыз.}$$

6.2. ҚОЗҒАЛТҚЫШ ПЕН МЕХАНИЗМДЕРДІҢ ЖҮКТЕМЕЛІК ДИАГРАММАЛАРЫ

Қозғалтқышты таңдап алу үшін берілетін бастапқы берілістер әдетте механизмнің жүктемелік ретінде, яғни $M_c(t)$ мен $\omega(t)$ және инерция моменті J_{Σ} беріледі, мұнда одан ары статикалық моменттің инерциясы мен инерция моменті қозғалтқыштың білігіне келтірілген деп алынады - § /1-2 қара/ $\omega(t)$ байланысы кейбір кездерде тахограмма деп аталады. M_c кейде жолға байланысты болады, мұндай жағдайда белгілі жылдамдық бойынша берілген M_c графигін, қайтадан M_c түрінде салуға болады. Былайша айтқанда механизмнің жүктемелік

диаграммасы кез-келген түрде болуы мүмкін, бірақ оны әрқашан да циклға бөлуге болады, яғни диаграмма қайталанатын уақыт аралығы t_c . Егер жұмыстың сипатына шар суреттелетін болса, /лифт, көтергіш кран және т.б./, онда ең қиын немесе ең ықтимал цикл үшін салынады.

Қозғалтқышты дәлелді түрде тандау үшін механизмнің қажетті жүктемелік диаграммасының белгілі болуы керек екенін атап өткен жөн. 6-1 суретте мысал ретінде кейбір механизмдердің тахограммасы мен жүктемелік диаграммасы келтірілген /жоғары екі график/.

Қозғалтқышты алдын-ала таңдау үшін механизмнің белгілі жүктемелік диаграммасы бойынша статикалық жүктеменің орташа моментін табуға болады.

$$M_c = \frac{\sum_{i=1}^n M_{ci} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

мұндағы M_{ci} — i аралығындағы статикалық жүктеменің моменті.

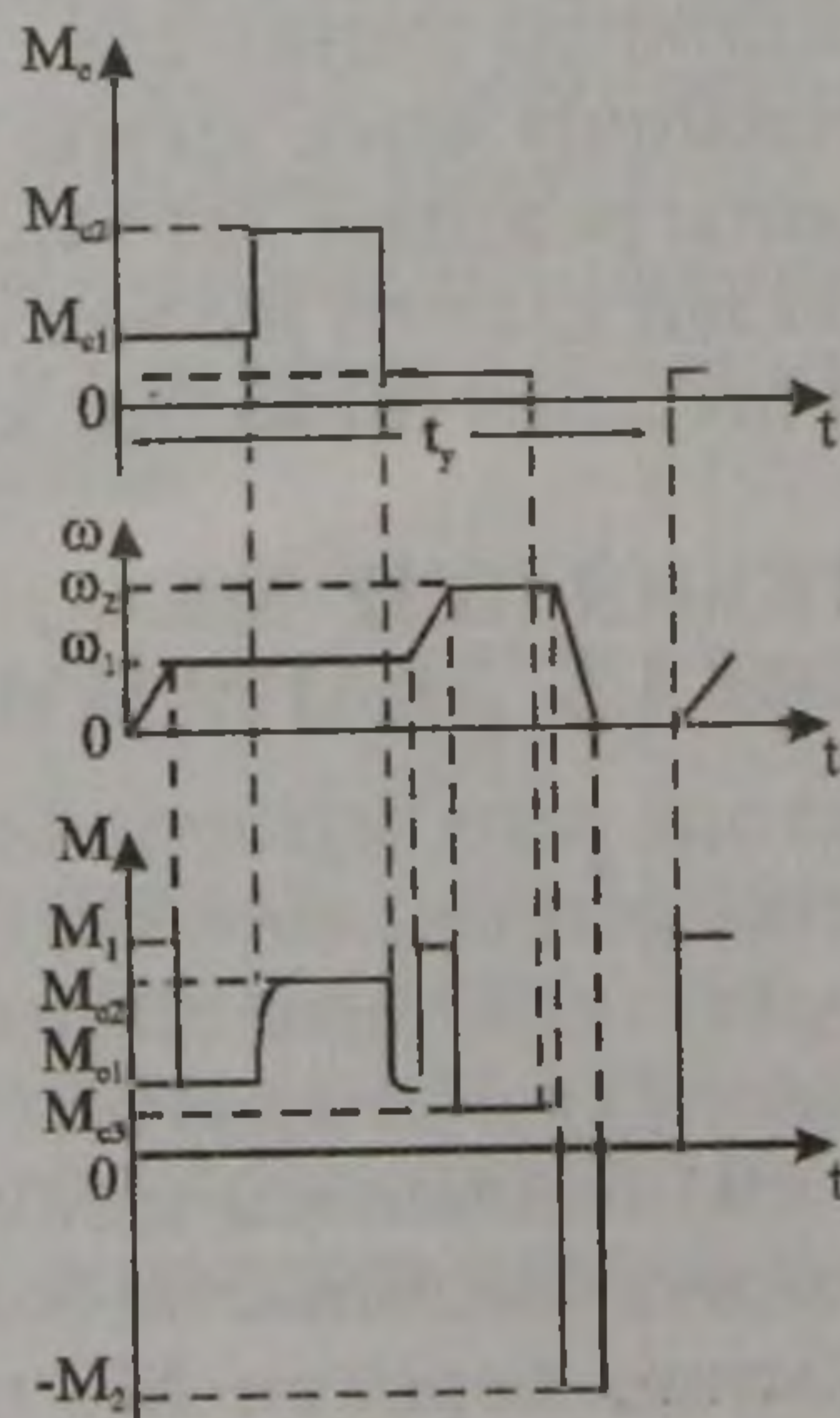
t_i — i — аралығының ұзақтығы.

n — аралық саны, $M_c = \text{const}$

Ізделініп отырған қозғалтқыштың номинал моментін былай бағалауға болады.

$$M_n = k_K M_{c.\text{орт}}$$

мұнда $K_K = 1, 1, 1, 3$ — жетектің динамикалық режимін ескертетін коэффициент.



6-1 сурет. Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы.

Егер негізгі жылдамдықтан төмен қарай, бір зоналық реттеу болса номиналдық жылдамдық ретінде ω_{\max} —ды алуға болады немесе $\omega_{\text{тип}}$, егер негізгі жылдамдықтан жоғары, бір зоналық реттеу болса. Сонымен, табылған МН мен $\omega_{\text{н}}$ шамалығы бойынша каталогтан қозғалтқышты таңдап алуға, сонымен қатар оның инверсия моментін анықтауға, механикалық сипаттамаларын және ауыспалы процестерінің қисығын салуға болады.

Шамамен қозғалтқышты таңдап алғаннан кейін, қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасын, яғни $M(t)$ байланысын салуға болады.

$$\left(M = M_c + J = \frac{d\omega}{dt} \right)$$

қозғалыс тендеуін шешу арқылы V тарауды кара.)

6-1 суретінің астыңғы жағында жылдамдық өзгерген кезде $M \approx \text{const} + \text{§5-2}$, а кара/, ал жүктемені бергенде және алып тастаған кезде жетек сызықты механикалық сипаттамада жұмыс істейді деген қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы көрсетілген.

/§5-2, б кара, I — мысалы/.

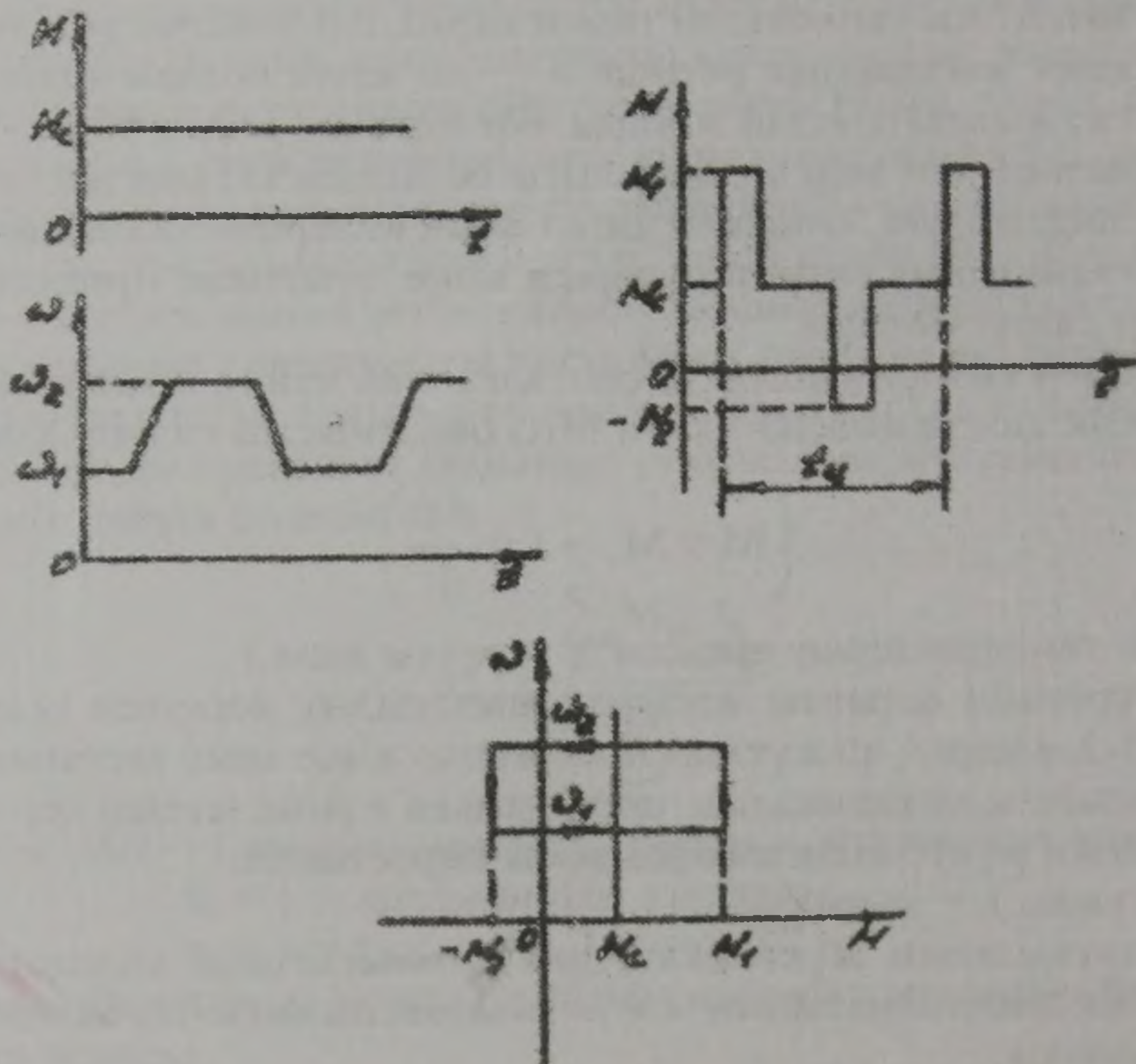
Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасының, механизмiнiң жүктемелік диаграммасының елеулі айырмашылығы бар екенін оңай көруге болады.

6-2, 6-4 суреттерде тағы да жетектің бірнеше жүктемелік диаграммасы және осыған сәйкес динамикалық сипаттамалары көрсетілген.

6-2 суреті, $M_c - \text{const}$ болғандағы механизм жылдамдығы өзгерілетін режимде жұмыс істеген жағдайда сәйкес. Идеал динамикалық механикалық сипаттамасы төменде көрсетілген. Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасын салған кезде осындай идеалдау жиі қолданылады, өйткені қозғалтқышты таңдау мақсаты үшін диаграмма бөліктері өлшеусіз.

6-3 суретте төменде келтірілген сипаттама бойынша іске асатын жиі тежеу мен іске қосу режимінде жұмыс істейтін жетектің жүктемелік диаграммасы көрсетілген. $\omega(t)$ және $M(t)$ графиктері 5-2.6 суретте қозғалтқыштың сызықты механикалық сипаттамасы кезіндегі жүктеменің сипаты жоғарғы мәнде болатын электржетектің жүктемелік диаграммасы көрсетілген. Статикалық жүктеменің момент M_{c0} — дан M_{cI} - ге дейін өзгереді.

Қозғалтқышпен арттырылған момент /5-10/-ға сәйкес M_{cI} —ді



6-2 сурет. Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы.

қолданған кезде былай жазылады;

$$M = (M' - M_{c1}) e^{-\frac{t}{T_M}} + M_{c1}$$

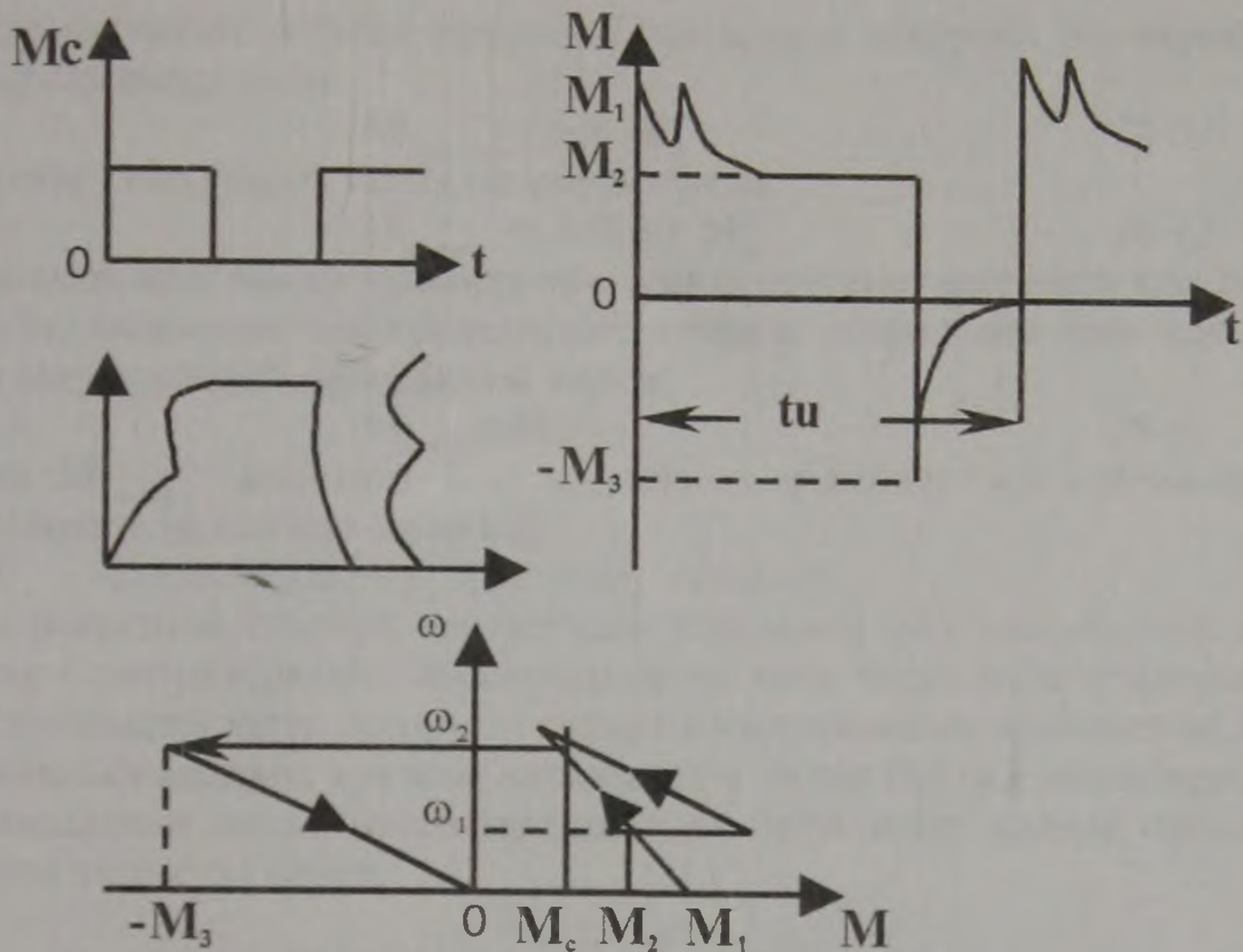
ал жүктемені алып тастаған кезде

$$M = (M'' - M_{c0}) e^{-\frac{t}{T_M}} + M_{c0}$$

мұндағы

$$T_M = \frac{J_Z}{|\beta|}$$

M^I, M^{II} және ω', ω'' шамалары t_1 мен t_2 берілген кезде T_M



6-3 сурет. Жүктемелік және динамикалық диаграммалар.

мәнімен анықталады. Егер T_m кішкене болса, онда қозғалтқышпен арттырылған момент M_c -дың өзгерісін қайталайды. Егер керісінше T_m үлкен болса онда M_c , M және ω , ω , шамалары осыған сәйкес $M_{c, \text{орт}}$ мен $\omega_{\text{орт}}$ орташа мәндерінен аз айырмашылықта болады, осының арқасында t_1 аралығында $|M_c = M_c|$ жетектің айналатын бөлігіне жиналған энергия, t_2 аралығындағы $|M_c = M_c|$ жүктеменің жоғарғы мәнін жабуға жұмсалады. $\omega \approx \omega_{\text{орт}}$ болғанда бұл энергия 6-4 суретіндегі штрихталған ауданға пропорционал.

6-4 сурет. Жүктемелік және динамикалық диаграммалар.

Жүктеменің сипаты жоғарғы мәнде болған кезде қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасының “түзетулері” көбіне пайдалы болады, өйткені қозғалтқыштың артық салмақтағы мүмкіншілігіне қойылатын талапты азайтады және қозғалтқыштағы шығынды азайтады.

Бұндай жағдайларда T_m -ның өсуі үшін момент инерциясы J_m болатын $J_{\Sigma} = J_K + J_M + J'_M$ маховик және қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының қатаңдығының шамасын таңдау қолданылады.

Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы алдын-ала таңдап алынған қозғалтқыштың қызуы мен артық жүктеме қабілеттілігі бойынша тексерудің негізі болып табылады.

Артық жүктеме қабілеттілігін тексергенде мына жағдай орындалуы керек.

$$M_{\text{макс}} \leq M_{\text{мүм.а.ж.}} \quad /6-1/$$

мұнда $M_{\text{макс}}$ - қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасындағы максимал момент.

$M_{\text{мүм.а.к.}}$ - қозғалтқыштың мүмкін болатын артық жүгіндегі момент.

Қалыпты тұрақты ток қозғалтқыштары үшін

$$M_{\text{мүм.а.к.}} = (2-2,5) M_H \quad /6-2/$$

Кернеу көзін 10%-ке түсіруге болатынын ескерсек асинхронды қозғалтқыштар үшін

$$M_{\text{м.а.ж.}} = 0,8 M_a \quad /6-3/$$

қалыпты синхронды қозғалтқыштар үшін

$$M_{\text{м.а.ж.}} = (2-2,5) M_n \quad /6-4/$$

Асинхронды қысқа тұйықталған қозғалтқыштар қосымша іске қосу моменті бойынша тексеріледі; қозғалтқыш ойдағыдай іске қосылу үшін мына жағдай орындалуы керек.

$$M_{\text{с.макс}} = M_{\text{л.к.}} \quad /6-5/$$

мұнда $M_{\text{с.макс}}$ — жетектің іске қосылуы орындалатын статикалық жүктеменің максимал моменті.

$M_{\text{л.к.}}$ - қозғалтқыштың іске қосу моменті.

Қызу бойынша тексеру қозғалтқыштың орам изоляциясының нақтылы температурасын бағалайды және оны мүмкіндік температурамен салыстырады, сонымен қатар қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасын қолдану арқылы жасалынады. Бірақ бұл операция күрделі болғандықтан ең алдымен машинаның сууы және қызуы процесстерімен танысуы керек.

6.3. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ҚЫЗУЫ МЕН СУУЫ. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ҚЫЗУЫ ЖАҒЫНАН ҚАРАҒАНДАҒЫ ЖҰМЫС РЕЖИМІ.

Қозғалтқыш жұмыс істеген кезде келген энергияның бір бөлігі жылулық түрге ауысады. Қозғалтқышта бөлінетін жылудың бір бөлігі соның өзінде жиналып температурасын көтереді, ал тағы да біразы қоршаған ортаға жайылып кетеді. Қозғалтқыштағы жылу процесстері, қозғалтқыштың әртүрлі материалына, жылу көздерінің біркелкі орналасуына, және т/б/ жағдайларға байланысты күрделі сипаттама болады.

Іс жүзінде алдын-ала таңдалған қозғалтқышты тексерген кезде әдетте бір сатылы жылу теориясына бағынатын қарапайым қозғалтқыштың жылу моделін қолданады. Қозғалтқыш жылу сымдылығы $C, \text{Дж/град бар}$ біртекті дене болып саналады. Толық қуаты $P, \text{Вт/шығын қуаты/}$ болатын жылу көздері қозғалтқыштың денесінде біркелкі орналасқан деп саналады. Қозғалтқыштың барлық нүктелерінде, температура бірдей деп алынады; ыңғайлы болу үшін Цельсия шкаласындағы температураны емес, қозғалтқыштың температурасының қоршаған ортадағы температурадан артықшылығын қолданады.

$$\tau = t_r^0 - t_{\text{к0}}^0 \quad /6-6/$$

Қозғалтқыштың бетінен бөлінетін жылу, өте қызған кезде бірінші дәрежесіне пропорционал деп есептеледі; пропорционалдық коэффициенті, яғни жылу бөліну коэффициенті $A, Д ж/с, град.$ машинасының конструкциясы мен желдеткіш тәсілімен анықталады.

Жазылған жағдайларға бағынатын қозғалтқыштар үшін, жылу балансының теңдеуін жазуға болады. Ол үшін аз уақыт dt ішінде бөлінген жылуды қызу температурасы $d\tau$ - ға өскен кездегі қозғалтқыштарда сақталған жылу мен қоршаған ортаға берілген жылуға теңестіреміз.

$$\Delta P dt = C d\tau + A \tau dt \quad /6-7/$$

Энергияның сақталу заңын көрсететін /6-7/ теңдеуі, оның әрбір мүшесін $A dt$ -ға бөлу арқылы өте ыңғайлы түрге келтіруге болады.

$$\tau + \frac{C}{A} \frac{d\tau}{dt} = \frac{\Delta P}{A} \quad /6-7,a/$$

немесе

$$\tau + T \frac{d\tau}{dt} = \tau_{coi} \quad /6-6/$$

мұндағы T — жылулық уақыт тұрақтылығы.

$$T = \frac{C}{A} \quad /6-9/$$

τ - соң - өте қызу температурасының соңғы /бірқалыпты/ мәні.

$$\tau = \frac{\Delta P}{A} \quad /6-10/$$

Қозғалтқыштың алынған жорамалдар бойынша жылу /суу/ процестері, күткеніміздей сызықты біртекті емес бірінші ретті дифференциалды теңдеумен жазылады. Жылулық уақыт тұрақтысы дегеніміз, жылу бөлінуі жоқ болған кездегі қозғалтқыштың τ соң - ға дейін қыздыруға кететін уақыт. Бұны /6-7/ теңдеуін $A=0$ болғанда t -ға қатысты шығарып және шыққан қорытындыға /6-10/-нан мәнін қойып оңай көруге болады.

/6-8/ теңдеуінің шешімі мынадай болады /§5-2,б қара/.

$$\tau = (\tau_{бас} - \tau_{соң}) e^{-\frac{t}{T}} + \tau_{соң} \quad /6-11/$$

яғни қызған және суыған кезде T -дың өзгеруі экспоненциалды сипаттама болады.

/6-9/-дан T -ның жоғарыда көрсеткеніміздей қозғалтқыштың құрылымы мен оның желдету тәсілімен анықталатын жылу бөліну коэффициентіне байланысты екендігі шығады.

Егер желдеткіш қозғалтқыштың білігінде орналасса, онда жылу бөліну оның жылдамдығына байланысты екені мәлім. Жылдамдықтың жылу бөлінуге қаншалықты әсер ететіндігін білу үшін, жылу бөлінудің нашарлау коэффициенті β қолданылады.

$$\beta = \frac{A_0}{A} \quad /6-12/$$

мұнда A_0 - $\omega = 0$ болғандағы жылу бөліну коэффициенті.

A - $\omega = \omega_0$ болғандағы жылу бөліну коэффициенті. Әртүрлі құрылымында жасалған қозғалтқыштар үшін 6-1 кестесін де коэффициентінің мөлшерлеп алынған мәндері көрсетілген.

6-1 кесте

Қозғалтқыштың орындалуы

қозғалтқыштарға тәуелсіз желдеткішінде

1

Жабық желдеткіш, қозғалтқыштың білігінде қорғалынған,

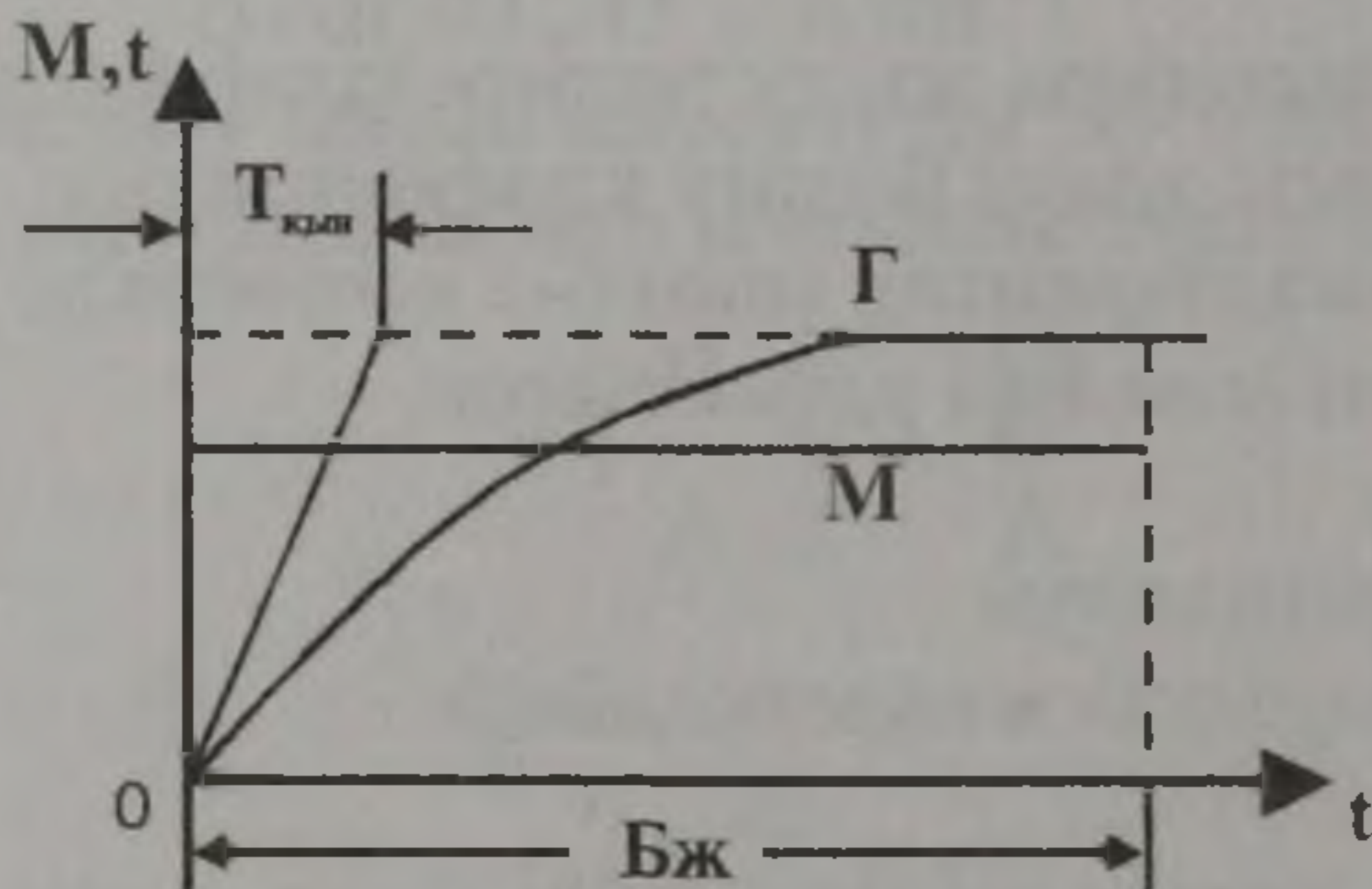
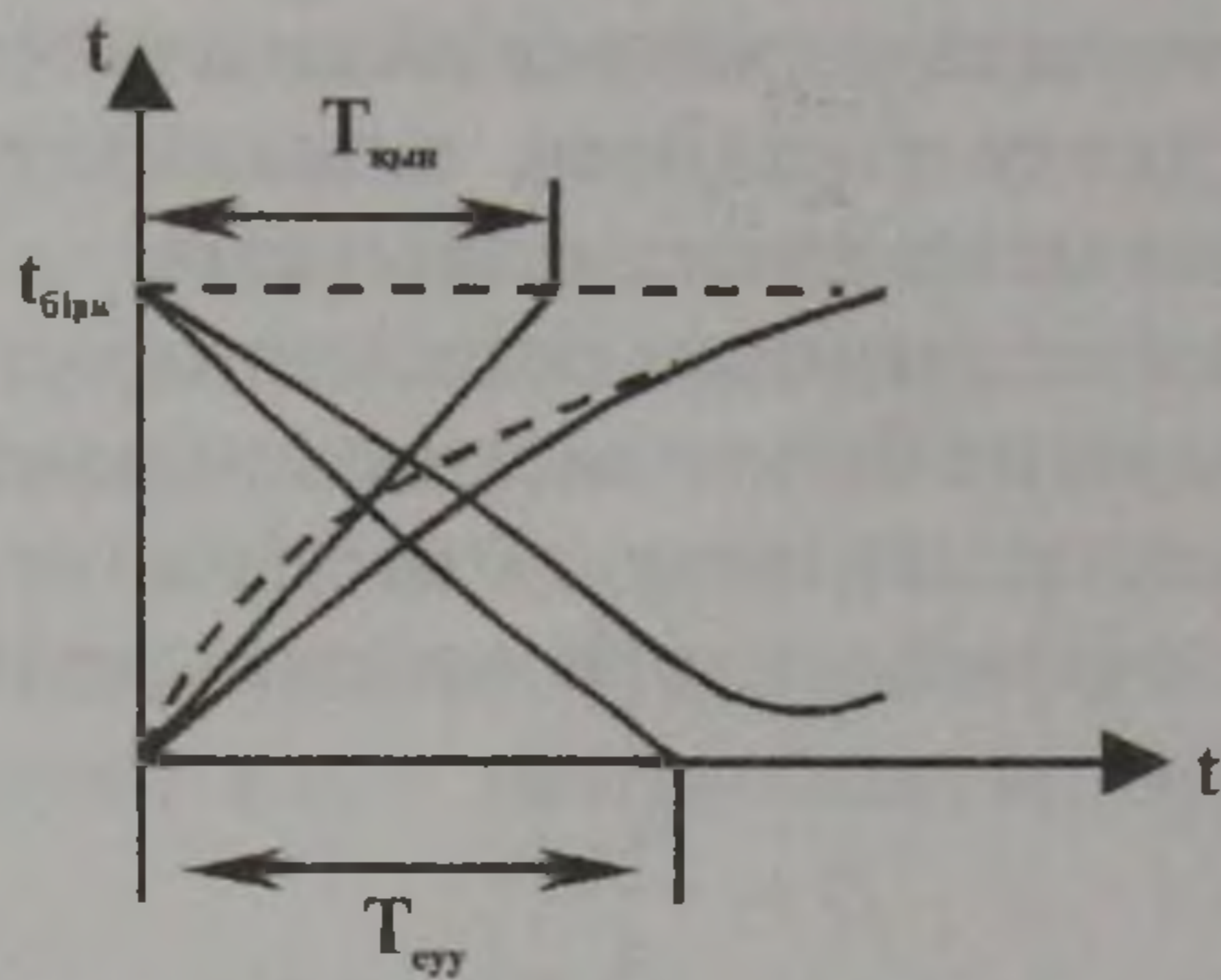
0,5

желдеткіш қозғалтқышының білігінде

0,25

Егер $\beta < 1$ болса, онда айналыстағы және тыныштықтағы қозғалтқыштардың жылулық уақыт тұрақтылықтары әртүрлі болады; бұндай жағдайда, T_n — айналыстағы қозғалтқыштың жылулық уақыт тұрақтылығы, T_0 — тыныштықтағы қозғалтқыштың жылулық уақыт тұрақтылығы белгілеулерін қолданамыз. /6-11/-ге сәйкес $\tau(t)$ қисықтары 6-5 суретінде көрсетілген. Сол 6-5 суретте үзік сызықтармен нақты қозғалтқыштардың жылуын сипаттайтын $\tau(t)$ қисығы көрсетілген. Бұл қисық бастапқы бөліктегі теориялық қисықтан өзгеше болады, ол кезде жылу негізінен қозғалтқыштың орамдарында бөлінеді, ал қозғалтқыштың өзі әлі қызбаған болады.

Қозғалтқыштың табылған жылулық және суу заңдылықтары электржетек жұмысының үш режимін бөлуге мүмкіндік береді. Бұл режимдерді жұмыс істеп тұрған қозғалтқыштың арттырылған моменті өзгеріссіз деген болжаммен қарастырайық.



6-5 сурет. Қозғалтқыштың жылу сипаттамасы.

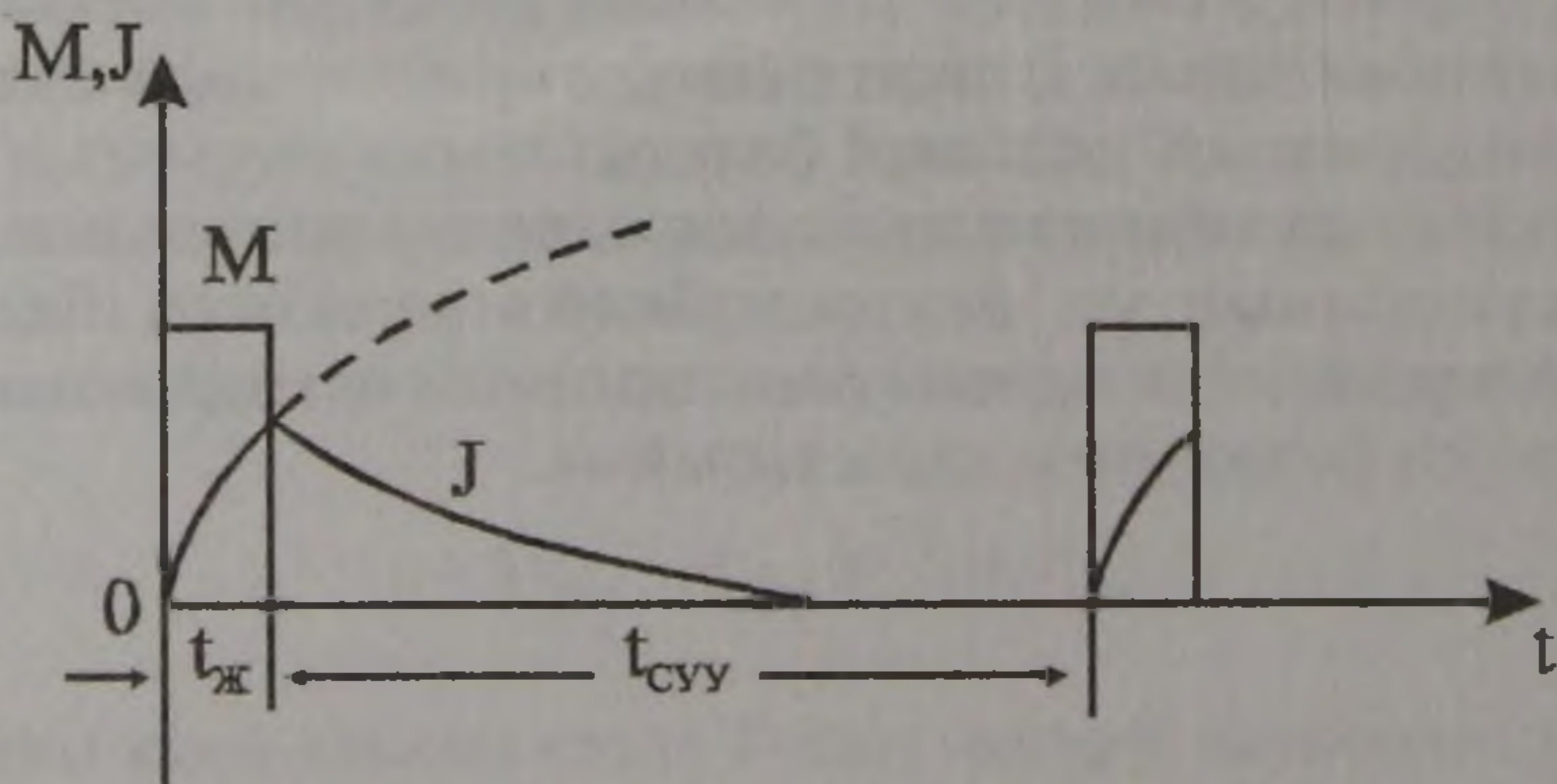
6-6 сурет. Қызу температурасы сипаттамасы.

Ұзаққа созылған режим $t_x > 3TM$ /6-13/
 жағдайымен сипатталынады, яғни t_x жұмыс уақыты ішінде қызу тем-
 пературасы бірқалыпты мәнге жетеді /6-6/сур./, үзілістің ұзақтығы
 роль атқармайды.

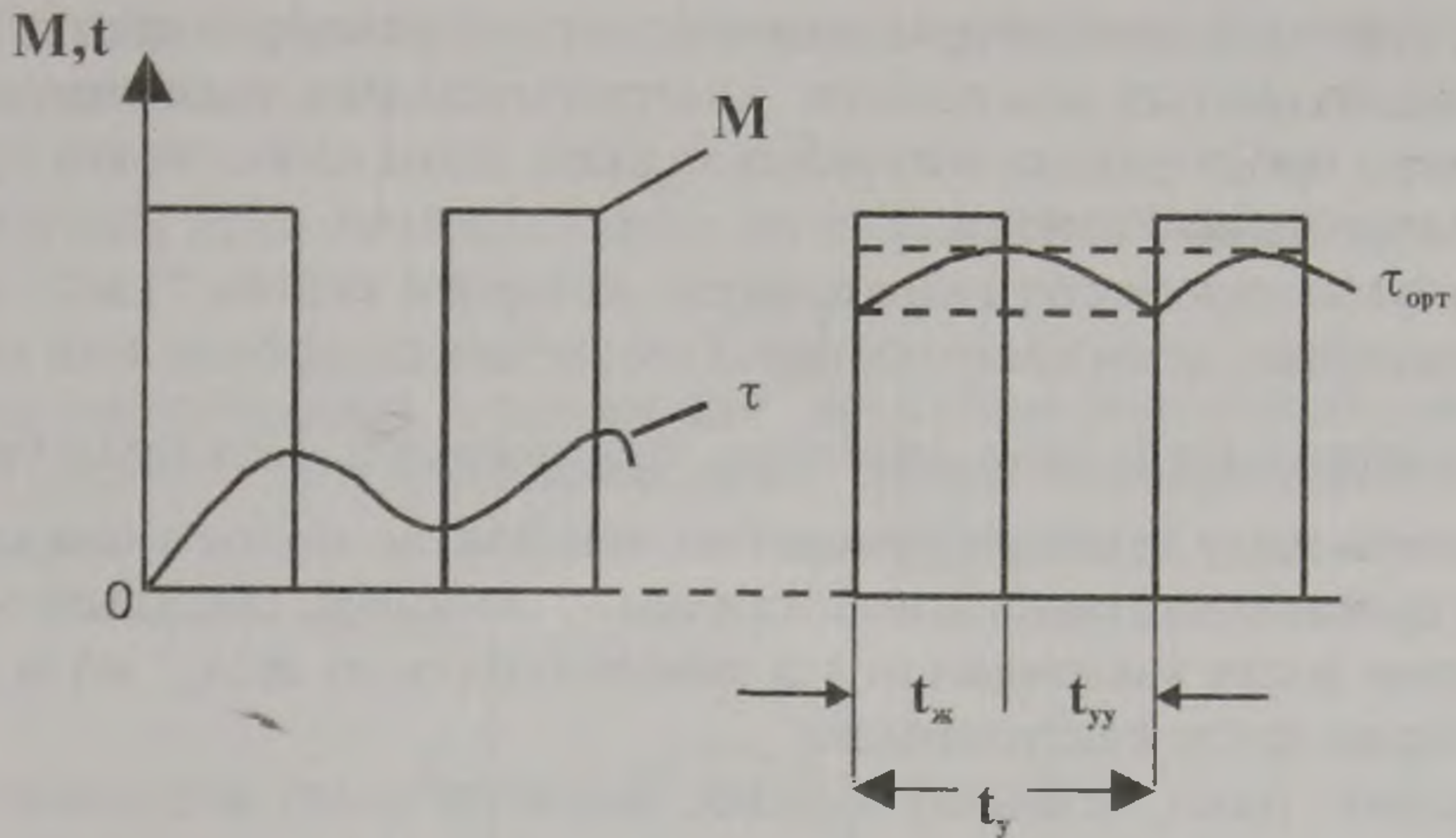
$$t_x \ll 3T_n \quad /6-14/$$

$$t_o > 3T_o$$

болған кездегі қысқа уақыттық режим, яғни t_x жұмыс уақыты ішінде
 қызу бірқалыпты шамаға жете алмайды, ал үзіліс уақыты t_o кезінде
 қозғалтқыш қоршаған ортаның температурасына дейін суиды /6-7
 сур./



6-7 сурет. Жұмыс уақытындағы температура сипаттамасы.



6-8 сурет. Жұмыс уақытындағы температура сипаттамасы.

Қайталанбалы - қысқа уақыттық режим мына жағдайларға сәйкес;

$$t_{\text{ж}} \ll 3T_{\text{н}}$$

$$t_{\text{о}} \ll 3T_{\text{о}}$$

/6-15/

яғни жұмыс уақыты ішінде қызу $t_{\text{бірқал}}$ жетпейді, ал үзіліс уақыты ішінде нольге теңелмейді. Цикл өте ұзақ қайталанғаннан кейін процесс бірқалыпты жағдайға келеді, яғни қызу температурасы циклдың басы мен соңында бірдей және оның тербілісі шамамен орта деңгейде $\tau_{\text{орт}}$ болады /6-8 сур./ . Қайталанбалы - қысқа уақыттық режим қосылу ұзақтылығына E немесе ҚҰ-ға қатысты сипатталады.

$$E = \frac{t_{\text{о}}}{t_{\text{ж}} + t_{\text{о}}}$$

/6-16/

$$\text{ҚҰ} = E \cdot 100_{\text{о}} / ^{\circ}$$

Қайталанбалы - қысқа уақыттық режим кезінде E де / $E \leq 0,6$ / уақыт циклы да / $t_{\text{п}} \leq 10$ мин./ шектеледі.

6.4. ҰЗАҚҚА СОЗЫЛҒАН ЖҰМЫС РЕЖИМІ КЕЗІНДЕ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫ ҚЫЗУЫ БОЙЫНША ТЕКСЕРУ. ОРТА ШЫҒЫН ЖӘНЕ ЭКВИВАЛЕНТТІК ШАМА ӘДІСТЕРІ

Егер қозғалтқыштардың жүктемелік диаграммалары мен оның жылу параметрлері белгілі болса, онда $\tau(t)$ графигін салуға және нақтылы қызуын салыстырып, мүмкіндік баға беруге болады. Бұндай жол өте үлкен және ыңғайсыз, соған байланысты іс жүзінде қызуды жанама бағалауға негізделген қысқартылған әдістер қолданылады.

Бұл әдістердің негізгі орта шығын ретіндегі әдістер болып табылады.

Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы циклдық сипаттамада, ал момент әрбір циклда өзгеріссіз қалады, яғни қозғалтқыш тұрақсыз жүктемеде жұмыс істейді.

Жылулық процестері бірқалыпты жағдайға келген “ұзақ” циклды қарастырайық, яғни қызу температурасы циклдың басы мен соңында тең, ал цикл ішінде орта деңгейде τ_{opt} өзгереді. Циклдың басы мен аяғындағы қызу температурасының тең болуы, ондағы циклдың басында қозғалтқыштарда жиналған жылу мөлшері, циклдың соңында жиналған жылу мөлшерінен еш айырмашылығы жоқ, яғни қозғалтқыштарда жылу сақталмайды.

Ендеше, цикл кезіндегі барлық бөлінген жылу қоршаған ортаға беріледі, яғни

$$\int_0^{t_k} \Delta P(t) dt = A \tau_{opt} t_{\bar{e}} \quad /6-17/$$

Энергияның сақталу заңын білдіретін интегралды түрдегі /6-17/ теңдеуін былай жазуға болады;

$$\frac{\int_0^{t_k} \Delta P(t) dt}{t_{\bar{e}}} = A \tau_{opt} \quad /6-18/$$

немесе $\Delta P_{opt} = A \chi \tau_{opt}$ яғни, циклдағы қуаттық орта шығыны, қызудың орта температурасына пропорционал.

Бірақ, номинал режим үшін жазылған /6-10/-нан процесс бірқалыпты жағдайға келгеннен кейін мына теңдеу шығады;

$$\Delta P_H = A \tau_H \quad /6-19/$$

мұнда ΔP_H — шығынның номинал қуаты.

$$\Delta P_H = \frac{P_H (1 - \eta_H)}{\eta_H} \quad /6-20/$$

P_H - қозғалтқыштың номинал қуаты.

η_H - қозғалтқыштың номинал ПӘК-і

$\tau_H = \tau_{mum}$ - қозғалтқыштың номинал қызу температурасы.

/6-18/ бен /6-19/ салыстырып орта шығын әдістерін оңай тұжырымдауға болады.

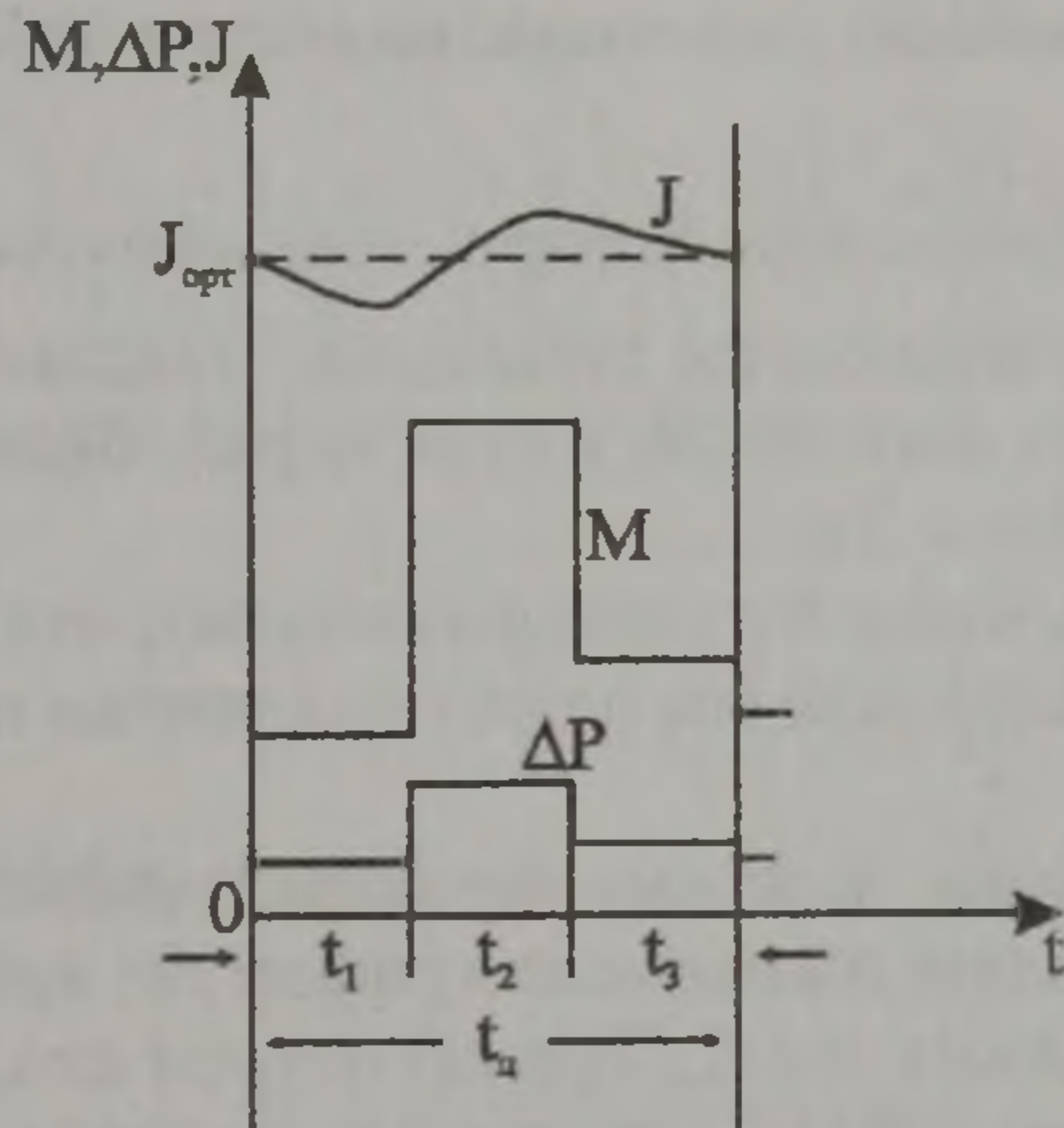
Егер циклдағы қуаттың орта шығыны, шығынның номинал қуатынан асып кетпесе, яғни

$$\Delta P_{\text{орт}} \leq \Delta P_{\text{н}}$$

онда қызудың орта температурасы мүмкіндіктен аспайды

$$\tau_{\text{орт}} \leq \tau_{\text{н}} = \tau_{\text{мум}}$$

Алдын-ала таңдалған, алынған қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы 6-9 суретте көрсетілгендей болсын. Қозғалтқыштың жүктемесінің



6-9 сурет. Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы.

әрбір деңгейі үшін /диаграмманың әрбір бөлігінде $\eta(m)$ қисығы бойынша ПӘК мәнін η анықтайық, қуатын $P_i = M_i \omega_i$ есептейік және шығынын анықтайық.

$$\Delta P_i = \frac{P_i (1 - \eta_i)}{\eta_i}$$

Содан кейін орта шығынды анықтаймыз;

$$\Delta P_{\text{орт}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i};$$

/мысалда $n=3$ / және бұларды /6-20/ теңдеу бойынша анықталған ΔP_n – мен салыстырамыз. Егер $\Delta P_{орт} \leq \Delta P_n$ болса қозғалтқыш дұрыс таңдалған.

Егер циклдағы орташа шығынды номинал шығынмен салыстырған кезде $\Delta P_{орт} > \Delta P_n$ болса, онда қозғалтқыш мөлшерден тыс қызды, бұл жарамайды. Керісінше $\Delta P_{орт} \ll \Delta P_n$ болса қозғалтқыш қызуы бойынша толық қолданылмаған болады. Бұл екі жағдайда да басқа қозғалтқышты таңдап алып, қайтадан жүктемелік диаграммасын салып тағы да қызуы тұрақсыз болғандағы графиктегі орта шығын мен тұрақты жүктемедегі номинал шығынмен салыстыру арқылы тексеру керек.

Орташа шығын әдісі қызудың орта температурасын $\tau(t)$ графигін салмай-ақ бағалауға мүмкіндік туғызады. Нақтылы температура орташа температурадан өзгеше /6-9 сур. кара/, бірақ егер

$$t_{ц} \leq T_n \quad /6-21/$$

жағдайы орындалса, онда бұл айырмашылық өте кішкене болады.

/6-21/ шарты орташа шығын әдісін қолданған кезде міндетті түрде орындалуы керек.

Орташа шығын әдісі жүктеме функциясындағы қозғалтқыштың ПӘК-нің қисығын және алдын-ала графиктің әрбір бөлігіндегі шығынды анықтауды қажет етеді, бұл есептеген кезде қиындықтар туғызады. Егер есептеушінің қолында жүктемелік диаграмманы құрғаннан кейін уақыт функциясындағы тоқ қисығы болса, онда кейбір жағдайларда қозғалтқышты қызуы бойынша тексергенде шығынды есептемей-ақ эквиваленттік тоқ әдісін қолдануға болады.

Қозғалтқыштағы шығынды жүктемеге тәуелсіз тұрақты шығын K мен айнымалы $I^2 R$ шығындардың қосындылары ретінде қарауға болады

$$\Delta P = K + I^2 R \quad /6-22/$$

Тұрақты шығындарға - механикалық, желдеткіштік, болатын шығындар жатады, олар жылдамдық пен кернеуге және т/б/ тәуелді, бірақ осылардың барлығы жүктемеге тәуелсіз.

Эквивалентті тоқ ретінде қандай да бір тұрақты өзгермейтін тоқты алайық және бұл токпен жұмыс кезінде эл.қозғалтқыштарда жүктеменің айнымалы график болғандағы орта шығынға тең шығын бөлініп шығады, яғни

$$\Delta P = R + I_{бат}^2 R \quad /6-23/$$

Қозғалтқыштың тұрақсыз графиктері жүктеме болғандағы және ұзаққа созылған жұмыс режимі кезіндегі бір циклдағы шығынның орта қуаты ΔP , графигінің әрбір бөлігіндегі шығындарды тұрақты

$$\Delta P_{opt} = \frac{\Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \dots + \Delta P_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

және айнымалы құрылымдары арқылы белгілеп және орта шығындарды эквивалентті ток мәнімен ауыстырып, алатынымыз

$$K + I_{\text{yеә}}^2 \hat{E} = \frac{(k + I_1^2 R) t_1 + (k + I_2^2 R) t_2 + \dots + (k + I_n^2 R) t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Жақшаларды ашып, тұрақты және айнымалы шығындарды біріктіргеннен кейін алатынымыз;

$$k + I_{\text{yеә}}^2 R = \frac{k(t_1 + t_2 + \dots + t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} + \frac{k(I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

бұдан, айнымалы графикті жүктеме болғанда

$$I_{\text{эkv}} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad /6-24/$$

немесе жалпы жағдайда

$$I_{\text{yеә}} = \sqrt{\frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} i^2(t) dt} \quad /6-25/$$

Осылай анықталған эквивалентті ток, бұрын таңдалған қозғалтқыштың номинал тоғымен салыстырғанда, $I_{\text{эkv}} \leq I_n$ болса, онда қозғалтқыш қызу бойынша қойылған талапты қанағаттандырады.

Орта шығын әдісі сияқты, эквиваленттік ток әдісі цикл ішінде орта және максимал қызуына жақын деген жорамалға негізделген. Егер /6-21/-дегі шарт орындалатын болса, онда бұл жорамал ешқандай байқарлықтай қателік туғызбайды. Бұдан басқа эквиваленттік ток әдісі болат пен механикалық шығындардың жүктемесіне тәуелсіз және жүктеменің берілген графикіндегі барлық бөліктерінде қозғалтқыштың негізгі тізбегіндегі кедергілердің шамалары тұрақты деген болжамдардан шығады. Олай болса, $R \neq \text{const}$ болған жағдайда /мысалы, асинхронды қозғалтқыш айнымалы кернеумен жұмыс істегенде/ немесе $R \neq \text{const}$ болғанда /терең фазалы немесе айнымалы сырғанау режиміндегі екі клеткалы асинхронды қозғалтқыш /эквивалентті ток әдісі айтарлықтай қателіктерге әкелуі мүмкін.

Кейбір жағдайларда қозғалтқышты қызуы бойынша тексерген кезде уақыт функциясында қозғалтқышпен арттырылған момент графикін қолданған қолайлы. Егер бұл кезде қозғалтқыштың ағыны тұрақты

болса, онда ток пен моменттің арасында тура пропорционалдық $M=cI$ болады. Бұндай жағдайларда, қозғалтқышты сатылы графиктер үшін мына формуламен анықталатын

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad /6-26/$$

эквиваленттік моментпен тексеруге болады.

Эквиваленттік момент шамасы номинал моментпен салыстырылады, егер $M_{\text{экв}} \leq M_n$ болса, онда қозғалтқыш қызуы бойынша қойылған талапты қанағаттандырады.

Эквиваленттік момент әдісі қалыпты орындалған асинхронды немесе синхронды қозғалтқыштарды және номинал ағынмен жұмыс істеген кездегі тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштарды қызуы бойынша тексерген кездерде қолдануға болады.

Егер қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы қуат графиктері түрінде берілсе, онда берілген график негізінде қозғалтқыштарды қызуы бойынша тікелей мынадай жағдайда, яғни қозғалтқыш тұрақты жылдамдық пен ағында жұмыс істеген кезінде қуат пен токтың арасында тура пропорционалдылық болғанда тексереді.

Сатылы қуат мына формуламен есептеледі де

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad /6-27/$$

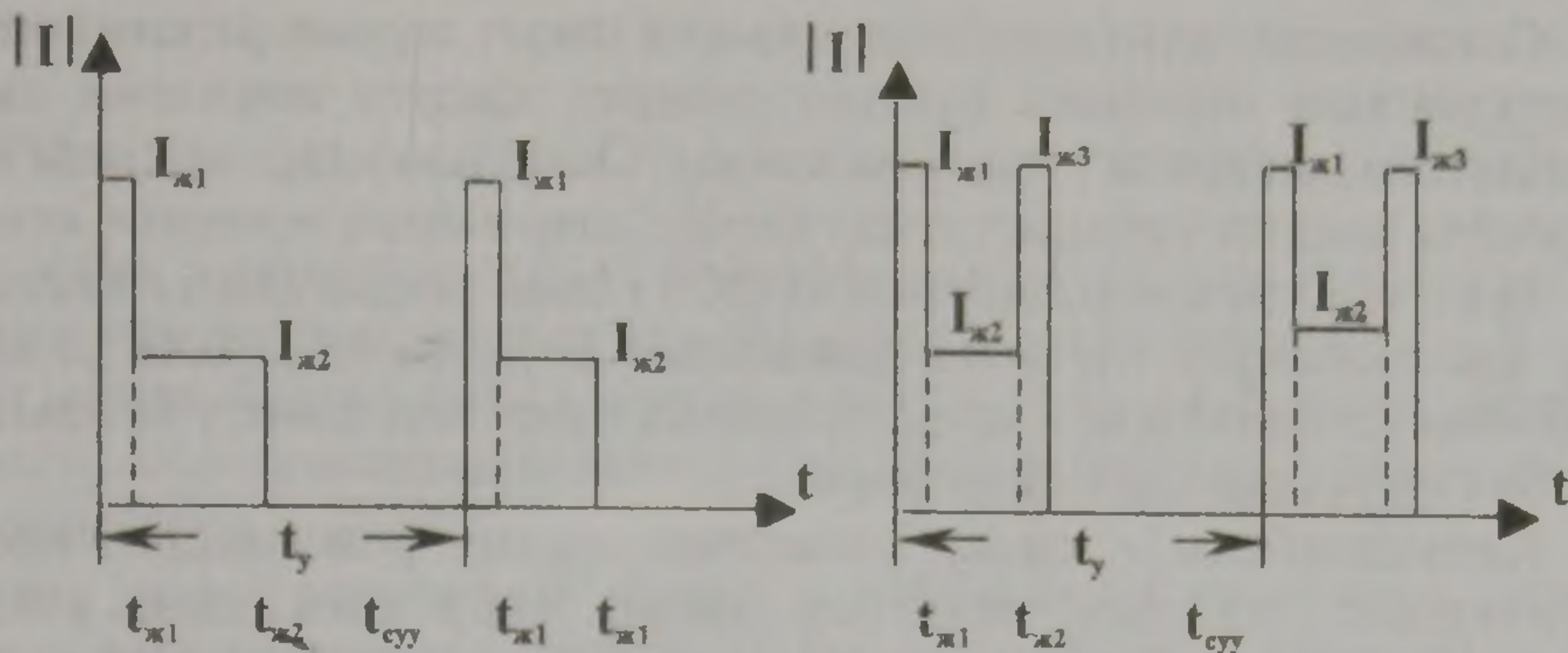
қозғалтқыштың номинал қуатымен салыстырылады; $P_{\text{экв}} \leq P_n$ шартының орындалуы тексеріледі.

Эквивалентті қуат әдісі қалыпты орындалған асинхронды немесе синхронды қозғалтқыштарды және айналыс жылдамдығы тұрақты және номинал ағынмен жұмыс істейтін тәуелсіз қоздырғышты қозғалтқыштарды қызуы бойынша тексеруге қолданылады.

6.5. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫ ҚАЙТАЛАНБАЛЫ ҚЫСҚА УАҚЫТ ЖӘНЕ ҚЫСҚА УАҚЫТ ЖҰМЫС РЕЖИМІНДЕ ҚЫЗУЫ БОЙЫНША ТЕКСЕРУ

6-8 суретте қозғалтқыштың қайталанбалы - қысқа уақыт жұмыс режимінің нақты графигі берілген.

Қайталанбалы - қысқа уақыт режиміндегі нақты жағдайларда жұмыс кезеңінде жүктеменің өзгеруі мүмкін. Мысалға 6-10,а суретте, электрлік тежегішті қолданбай қозғалтқышты іске қосқан кездегі жүктеменің динамикалық құрамдамаларын ескеретін



6-10 сурет. Қайталанбалы уақыт режиміндегі жүктеменің өзгеруі.

екі сатылы график, ал 6-10,б суретінде - электрлі тежегіш қолданылған үш сатылы график көрсетілген. Бұл графиктерде координат өсі бойынша қозғалтқыштың тоғының абсолюттік мәні алынған.

Бұндай жағдайда іске қосудың салыстырмалы ұзақтығы ретінде қозғалтқыштың жұмыс істеу уақыты соммасының цикл уақытына қатынасы алынады.

$$\varepsilon = \frac{\sum I_{жс}}{\sum t + t_0} \quad /6-28/$$

Қайталанбалы - қысқа уақыт режиміндегі қозғалтқыштардың жұмыс істеу жағдайының ерекшелігі /жоғары жүктемеге қабілеттілігі мен механикалық беріктілігі, динамикалық жүктемелерден салыстырғанды/, сонымен қатар шығын құрамдамаларын азайтуға ұмтылуы, арнайы осы жағдайларға бейімделген электр қозғалтқыштарының ерекше түрін жасауды талап етеді.

Қайталанбалы - қысқа уақыт жұмыс режимінде қозғалтқыш тоқтаған уақытта жылу бөліну шұғыл нашарлайды.

Нақтылы жағдайда өзін-өзі желдететін ең көп тараған қозғалтқыштар үшін бөліну коэффициенті қозғалтқыштар тоқталғанда 3-4 рет төмендейді.

Бұндай жағдайда, қозғалтқыштың жылу шығаруы циклдың барлық уақытында тұрақты мәнді сақтайды деген болжамдағы орта шығын әдісін қолдану іске қосудың салыстырмалы ұзақтығы аз болған сайын, үлкен қателікке әкеледі. Сондықтан, орта шығын әдісін қайталанбалы - қысқа уақыт жұмыс режиміндегі қозғалтқыштарды қызуы бойынша тексеру үшін қолдануға жарамайды. Бұл жағдайда, жоғарыдағы болжамнан басқа, тағы бүкіл цикл бойы тұрақты шығын болатын болса, онда нақтылы жағдайдағы сияқты үзіліс кезінде олар болмайды деген болжам қосылатын болса эквиваленттік ток, момент және қуат әдісін қолдану тіпті жарамайды.

Сондықтан, қайталанбалы - қысқа уақыт жұмыс режиміндегі қозғалтқыштың номинал қуатын стендта қызуға жасалған сынаққа негізделіп жасаушы — заводы қояды. Осы сынақтар арқылы қозғалтқышты тоқтату кезіндегі жылу берілу шартының өзгеруін есептейді.

Бүкілодақтық стандартпен /ГОСТ/ іске қосылудың салыстырмалы ұзақтығының бес мәні қойылған. $E=0,15; 0,25; 0,40; 0,60$ және $1,0$ тағы да жасаушы - завод номинал қуат, тоқ және т.б. анықтайды да бұл шамалар каталогта беріледі.

Қайталанбалы - қысқа уақыттық жұмыс режиміндегі қозғалтқыштардың қуатын есептеу әдісі, егер циклдың ұзақтығы қозғалтқыштың қызу уақыт тұрақтылығымен салыстырғанда аз болса, онда өте дәл қорытындымен қамтамасыз етеді. Бұндай жағдайда қозғалтқыштың температурасының тербелісі орта мәнінің маңайында байқарлықтай болмайды. Сондықтан стандарт циклының ГОСТ ұзақтығы 10 минутпен шектелген.

Қайталанбалы - қысқа уақыт режиміндегі қозғалтқыштың нақты жұмыс графигі, стандарт графиктен салыстырмалы іске қосылу ұзақтығы шамасы жағынан да, жұмыс мезгілі бойындағы жүктеменің өзгерісі жағынан да өзгеше болуы мүмкін. Мұндай жағдай да нақтылы графикті стандарт мәні E_e кезіндегі эквиваленттік идеалға келтіру керек.

Сол E мәнімен эквиваленттік шама формуласын үзілісті ескермей графиктің жұмысшы кезеңіне қолдану негізінде нақтылы графикті идеалдылыққа келтіруге болады.

Сонымен, қайталанбалы - қысқа уақыт режиміндегі эквивалентті тоқ үш сатылы график үшін /6-10,6 сур./ мына формула бойынша анықталады.

$$I_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{I_{P1}^2 t_1 + I_{P2}^2 t_2 + I_{P3}^2 t_3}{t_{P1} + t_{P2} + t_{P3}}}$$

Содан кейін берілген салыстырмалы ұзақтық I_{ε} болса эквивалентті жұмыс тоғын, салыстырмалы қосылу ұзақтығының стандарт мәніне жақын жұмыс тоғына $I_{\varepsilon, C}$ келтіреді. Жұмыс тоғын $I_{\varepsilon, C}$ стандарт мәнге келтірген кезде E —ның E_c мәніне жақын болуына байланысты жылу бөліну және тұрақты шығын шамаларын ескермейміз. Бұлай болса, берілген және стандарт графиктердегі орта шамамен цикл ішіндегі уақыт бірлігінде қозғалтқышта бөлінетін жылудың теңдігі шартынан

$$I_{\varepsilon}^2 R_{\varepsilon} = I_{\varepsilon, C}^2 R_{\varepsilon, C}$$

екендігін дәлелдеуге болады.

Бұдан

$$I_{\infty} = I \varepsilon \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_c}}$$

/6-29/

Осындай жолмен алынған, салыстырмалы қосылу ұзақтығының стандарт мәніне келтірілген жұмыс тоғы I_{5A} қозғалтқыштың E_c де сондай мәнде болғандағы номинал токпен салыстырылады, егер $I_{5A} \leq I_n$ болса, онда қозғалтқыш қызуы бойынша қойылған талапты қанағаттандырады.

Қысқа уақыт режимінде жұмыс істейтін қозғалтқыштар, әдетте жылулық қатынастарына қарағанда толық қолданылмайды, сондықтан оларды артық жүктеме қабілеттері бойынша тандап алып тексеру жүргізеді. Егер қозғалтқыш арнайы қысқа уақыт режимінде жұмыс істейтін сериялардан алынған болса, онда жоғарыда келтірілген тәсілдердің көмегімен шын мәніндегі жүктемелік диаграмманы есептелген диаграммаға келтіріп, алынған шамаларды /ток, момент/ каталогта көрсетілген осы есептелген режимінің шамаларымен салыстырылады.

Кейбір жағдайларда қайталанбалы - қысқа уақыт режимінде, ұзақ уақыттық режимге арналған машиналар қолданылады, қайталанбалы - қысқа уақыт режимінде үзіліс кезінде қозғалтқыштағы шығындар болмағандықтан, жұмыс істеген кезеңдегі оның жүктемесі, ұзақ уақыт жұмыс режиміндегі номинал жүктемемен салыстырғанда біршама көп болуы мүмкін. Ұзақ уақыт жұмыс режиміндегі $I_{\text{жж}}$ және қайталанбалы - қысқа уақыт режиміндегі $I_{\text{жж}}$ мүмкін болатын жүктеменің қатынасын анықтағанда, салыстырмалы қосылу ұзақтығы шамасы берілген кезде, тек қана энергия шамасының шығынын ғана емес, сонымен қатар үзіліс кезіндегі қозғалтқыштың жылу бөлу шартының өзгерісінде ескеру қажет /жылу бөлу коэффициентінің төмендеуі/.

Егер ұзақ жұмыс режимінде қозғалтқыш номинал қуатты P_n арттырса, онда қозғалтқыш мүмкіндік қызуға ие болады және жылу бөлу қуатын ΔP_n қоршаған ортаға жұмсайды. Тыныштықтағы қозғалтқыштың /егер қозғалтқыштың температурасының өзгерісін ескермесек/ қоршаған ортаға жіберетін жылу бөлу қуаты $\beta \Delta P_n$ болады.

Қозғалтқыштың $\tau_{\text{жж}}$ тең қайталанбалы - қысқа уақыт жүктемесі және қызуы кезіндегі цикл ішінде қоршаған ортаға берілетін толық жылудың шамасы тең.

$$\Delta P_n t_{\infty} + \beta \Delta P_n t_0 = (k + v_n) (t_{\infty} + \beta t_0) \quad /6-30/$$

мұнда k — шығын қуатының тұрақты құрамдасамасы.

ω - номинал жүктеме кезіндегі шығын қуатының айнымалы құрамдасасы.

Қозғалтқыш тоқтаған кездегі ондағы шығындар нольге тең, сондықтан жұмыс кезеңіндегі оның жүктемесі $I_{к.к}$ ұзақ уақыт режиміндегі номинал $I_{ұз}$ жүктемемен салыстырғанда жоғары болуы мүмкін. Бұл кезде тұрақты шығындар R жұмыс кезеңінде өздерінің шамаларын

өзгертпейді, ал айнымалы шығындар $v = v_H \left(\frac{I_{\delta.к}}{I_{\delta.қ}} \right)^2$ шамасына дейін

өседі.

Демек, бір цикл ішінде қозғалтқыштағы бөлінетін жылудың мөлшері мынаған тең болады;

$$\Delta Pt_{\text{ж}} = \left[k + v_H \left(\frac{I_{к.к}}{I_{\delta.қ}} \right)^2 \right] t_{\text{ж}} \quad /6-31/$$

Егер қайталанбалы - қысқа уақыт режиміндегі қозғалтқыштың температурасы бірқалыпты болып және оның қызуы $z_{\text{мүм}}$ -ға тең болса, онда қозғалтқышта бөлінетін жылу мөлшері бір-біріне тең болады, яғни

$$(k + v_H)(t_{\text{ж}} + \beta t_0) = \left[k + v_H \left(\frac{I_{к.к}}{I_{\delta.қ}} \right)^2 \right] t_{\text{ж}} \quad /6-32/$$

$t_0 = t_{\text{ц}} - t_{\text{ж}}$ және $E = \frac{t_{\text{ж}}}{t_{\text{ц}}}$ екендігін ескеріп, алатынымыз;

$$(k + v_H)[t_{\text{ж}} + \beta(t_0 - t_{\text{ж}})] = \left[k + v_H \left(\frac{I_{к.к}}{I_{\delta.қ}} \right)^2 \right] t_{\text{ж}}$$

немесе

$$(k + v_H) \left[1 + \beta \left(\frac{1}{E} - 1 \right) \right] = k + v_H \left(\frac{I_{к.к}}{I_{\delta.қ}} \right)^2$$

$$\text{бұдан } \frac{I_{к.к}^2}{I_{\text{б.с}}^2} = \frac{v_H + \beta(k + v_H) \left(\frac{1}{E} - 1 \right)}{v_H} \alpha = \frac{k}{v_H} \text{ /шығын коэффициенті}$$

/деп белгілеп, біржолата іске қосудың берілген салыстырмалы ұзақтығы кезіндегі, ұзақ және қайталанбалы қысқа уақыт режиміндегі тоқтардың арасындағы қатынасты аламыз;

$$I_{\text{уз}} = I_{к.к} \sqrt{\frac{E}{E + (\alpha + 1)(1 - E)\beta}} \quad /6-33/$$

Сонымен анықталған ұзақ режиміндегі ток таңдалған қозғалтқыштың номинал тоғымен салыстырылып, егер $I_{\text{уз}} \leq I_n$ болса, онда алынған қозғалтқыш қызуға қойылатын талапты қанағаттандырады.

Егер жұмыс кезеңіндегі қозғалтқыштың тұрақты шығыны мен тоқтаған кездегі жылу бөлу шартының өзгеруін ескермесек, яғни $\alpha = 0$ және $\beta = 1$ деп алсақ, онда /6-33/ формуласы мынадай түрге келеді.

$$I_{\text{уз}} = I_{к.к} \sqrt{E}$$

Қайталанбалы - қысқа уақыт режиміне тікелей эквивалентті ток әдісін қолданған кезде де осындай қорытынды алатын едік.

6.6. ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛҒАН РОТОРЛЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР ҮШІН МҮМКІНДІК ІСКЕ ҚОСУ САНЫН АНЫҚТАУ

Көптеген металл өңдеу станоктары мен прокат стандартының қосымша механизмдарының жетектерінде қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштар қолданылады. Осы жетекті көбісі технологиялық процестердің шарты бойынша бір сағаттың ішінде 600-300 рет қосылатын қиын режимде жұмыс істейді.

Бұл қозғалтқыштар қосымша сыртқы кедергілерсіз іске қосылып, тежелетін болғандықтан, барлық шығындар қозғалтқышта бөлінеді, бұл оның қызуына әкеп соқтырып және мүмкіндік іске қосылу санын шектейді. Қайталанбалы - қысқа уақыт режиміндегі қозғалтқыштар үшін орта шығын немесе эквиваленттік ток әдісін қолдансақ өте үлкен қателікке әкеледі. Сондықтан мүмкіндік іске қосылу санын анықтаған кезде тікелей жылу шығыны және жылу бөлінуді есептеуге негізделген жылу баланс әдісі қолданылады. Бұл кездегі есептеу алдын-ала таңдап алынған қозғалтқышты бір сағаттағы мүмкіндік іске қосылу санын анықтауға әкеледі.

Бір сағаттың ішіндегі мүмкіндік іске қосылу саны n деп, бірқалыпты жылу режиміндегі орта температурасы $\tau_{\text{до}}$ максимал мүмкіндік $\tau_{\text{мум}}$ тең болатын берілген жүктемеде және іске қосылу-дың салыстырмалы ұзақтығындағы қозғалтқыштың қосылу санын айтады.

Егер қозғалтқыш ұзақ номинал жүктеме мен номинал жылдамдық кезінде қызуы жағынан толық қолданылса, онда қозғалтқышпен бір секунд ішінде қоршаған ортаға берілетін жылу номинал шығын-ы ΔP_n тең. Қозғалтқыш тоқтаған кезде жылу бөлінудің нашарлауын есепке алғандағы қоршаған ортаға берілетін жылу мөлшері $\beta \Delta P_n$ -ға, ал ауыспалы процесс кезінде

$$\frac{1 + \beta}{2} \Delta P_n \text{-ға тең.}$$

Егер қозғалтқыштың жүктемесі бірқалыпты жылдамдық кезінде номинал жүктемеден өзгеше және $I < I_n$ болса, онда бұл кезде ΔP қуаттың шығыны тең болады.

$$\Delta P = k + v_n a^2$$

Мұнда k – жүктемеге тәуелсіз тұрақты шығындар.

v_n – номинал жүктеме кезіндегі айнымалы шығындар.

$a = \frac{I}{I_n}$ – қозғалтқышты жүктемелеу коэффициенті.

Ауыспалы процеспен болатын іске қосқандағы энергияның шығынын $\Delta A_{n_{i_k}}$, тежегендегіні ΔA_T – деп белгілейік. Сонда мүмкіндік температурасына дейін қызған қозғалтқыштың бөлінетін және ыдырайтын энергияның балансы 6-2 кестесіндегідей болады. 6-2 кестесіндегі T_{i_k} , $t_{\text{бірк}}$, t_T және t_0 – іске қосылу, бірқалыпты режиміндегі жұмыс, тежеу және үзіліс уақыты.

Егер қозғалтқыштың температурасы бірқалыпты жағдайға келсе, онда жұмыс циклы кезінде қозғалтқышта бөлінетін энергия, қоршаған ортаға ыдырайтын энергияға тең, яғни

$$\Delta A_{i_k} + \Delta A_T + \Delta P t_{\text{бірк}} = \frac{1 + \beta}{2} \Delta P_n (t_{i_k} + t_T) + \Delta P_n t_{\text{бірк}} + \beta \Delta P_n t_0$$

/6-34/

Бір сағаттағы қозғалтқыштың іске қосылу саны мен секундпен өлшейтін циклдағы уақыт $t_{\text{ц}}$ мына қатынаспен байланысады;

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{h}$$

Бұлай болса қозғалтқыштың жалпы жұмыс істеу уақыты;

$$t_{\text{жс}} = t_{\text{дрк}} + t_{\text{ик}} + t_{\text{T}} = t_{\text{ц}} \cdot E = \frac{3600}{h} \cdot E$$

Бірқалыпты жылдамдықтағы қозғалтқыштың жұмыс істеу уақыты;

$$t_{\text{дрк}} = \frac{3600}{h} \cdot E - t_{\text{ик}} - t_{\text{T}}$$

Үзіліс уақыты:

$$t_0 = t_{\text{ц}} - t_{\text{жс}} = \frac{3600}{h} (1 - E)$$

6-34 теңдеуіне бірқалыпты жылдамдықпен жұмыс істеу уақыты мен үзіліс уақытын қойып және оны бір сағаттың ішінде мүмкіндік іске қосылу сандарына салыстырмалы шығарып, алатынымыз;

$$h = 3600 \frac{(\Delta P_{\text{H}} - \Delta P) \cdot E + \Delta P_{\text{H}} \cdot \beta(1 - E)}{\Delta A_{\text{ик}} + \Delta A_{\text{T}} - (t_{\text{ик}} + t_{\text{T}}) \left(\Delta P + \frac{1 + \beta}{2} \cdot \Delta P_{\text{H}} - \Delta P_{\text{H}} - \Delta P_{\text{H}} \right)}$$

Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар үшін, іске қосу және тежеу шығынының шамалары үлкен болуына байланысты соңғы формуланың бөліміндегі үшінші мүше $\Delta A_{\text{HİK}} + \Delta A_{\text{T}}$ қосындысының 2-4% құрайды.

Сондықтан, іс жүзіндегі есептерде бұл мүшелерді ескермейді және қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштардың мүмкіндік іске қосу саны қарапайым алынған формуламен анықталады;

$$h = \frac{3600(\Delta P_{\text{H}} - \Delta P) \cdot E + \Delta P_{\text{H}} \cdot \beta(1 - E)}{\Delta A_{\text{ик}} + \Delta A_{\text{T}}} \quad /6-35/$$

Егер қозғалтқыш бірқалыпты режимде номинал жүктемемен $P = P_{\text{H}}$ жұмыс істейтін болса, онда формула қысқартылады;

$$h \approx 3600 \frac{\Delta P_{\text{H}} \cdot \beta(1 - E)}{\Delta A_{\text{ик}} + \Delta A_{\text{T}}} \quad /6-36/$$

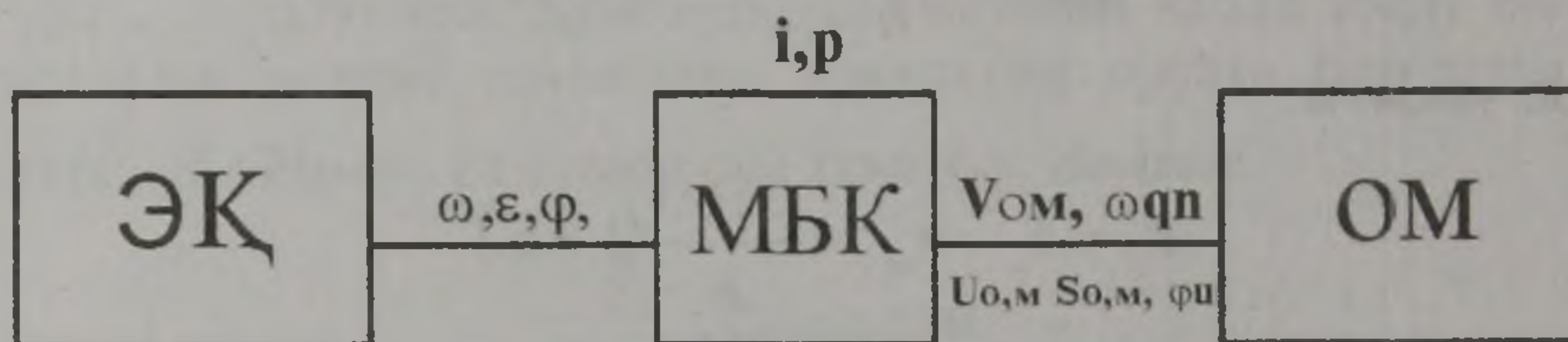
Сонымен іске қосудың мүмкіндік санын көбейту үшін коэффициентін оның $n_{\text{мад}}$ -ге, тең болатын максимал мәніне дейін көтеруге

ұмтылу керек, ол үшін қозғалтқышты мәжбүрлік желдету және ауыспалы режиміндегі шығынды төмендету қажет.

VII. ЭЛЕКТРЖЕТЕКТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ ЖОЛДАРЫ

7.1. ЭЛЕКТРЖЕТЕКТЕРДІҢ КООРДИНАТАЛАРЫН РЕТТЕУ ТУРАЛЫ ТҮСІНІКТЕР

Электржетегінің әр түрлі атқару мүшелерінің қажетті қозғалысын қалайша қамтамасыз ететіндігін анықтау үшін жетектің механикалық бөлігіне көңіл аударайық /7.1. – сурет/.



7-1 сурет. Жетектің механикалық бөлігі.

Электржетегінің механикалық бөлігі қозғалтқыштан, ЭҚ механикалық беріліс құрылғысының МБК және орындау мүшелерінен тұрады. Ең бірінші өндіру құбылыстарының жағдайы бойынша орындау мүшелерінің сызықтық $U_{0,M}$ немесе бұрыштық $\omega_{0,M}$ жылдамдығы реттелуі керек болатын ең көп тараған жағдайды қарастырайық. Егер қозғалтқышта кең тараған айнымалы қозғалысты ЭҚ қолданылған ω жылдамдығы және $U_{0,M}$ мен $\omega_{0,M}$ жылдамдықтары бір-бірімен мынадай қатынаспен байланысқан;

$$\omega_{0,M} = \frac{\omega}{i} = \text{немесе } U_{0,M} = \omega \beta \quad /7-1/$$

мұнда i немесе ρ - беріліс саны немесе МБК-ның келтіру радиусы.

/7-1/-ді талдай келе орындау мүшелерінің $U_{0,M} \omega_{0,M} = \text{var}$ / жылдамдықтары реттейтін екі тәсілді атауға болады;

1/. жылдамдығы реттелмейтін ЭҚ болған кезде $i, \rho = \text{var}, \omega = \text{const}$ / беріліс саны i немесе келтіру радиусы реттелетін МБК қолдану.

2/. МБК-ның параметрлері өзгерілмеген кезде $\omega = \text{var}, \rho = \text{const}$ /қозғалтқыш жылдамдығын реттеу.

Аталған тәсілдердің біріншісі электржетегінің дамуының алғашқы сатыларында қолданылған болатын. Бұл тәсіл үлкендігімен, сенімсіздігімен және автоматтандырудың қиындығымен өзгешеленетін,

реттелетін берілістерді, вариаторлар және жылдамдық коробкаларын қолдануды талап етеді.

Электржетегінің жамуына байланысты механикалық тәсілдің орнына, екінші атқару мүшелерінің қозғалысын реттеу функциясы электрқозғалтқыш пен басқару жүйелеріне жүктелетін электрлік тәсіл қолданыла бастады. Бұл шұғыл түрде электржетектерінің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға және оларды автоматтандыруға жақсы жағдай жасады. Кейбір жұмыс машиналары үшін екі тәсіл де қолданылатынын атап өткен жөн.

Жылдамдықты электрлік тәсілмен реттеумен бірге, осыған ұқсас орындау мүшелерінің сызықтық $\alpha_{o.m}$ немесе $\varepsilon_{o.m}$ бұрыштық үдеуі мен сызықтық $S_{o.m}$ немесе бұрыштық $\varphi_{o.m}$ орнын реттеуге болады. Шынында да, егер E -бұрыштық үдеу, ал φ қозғалтқыштың білігінің бұрыштық орны болса, онда мына қатынастар сәйкес келеді.

$$\alpha_{o.m} = \rho E ; \quad E_{o.m} = \frac{E}{i}; \quad /7-2/$$

$$S_{o.m} = \rho \cdot \varphi, \quad \varphi_{o.m} = \frac{\varphi}{i} \quad /7-3/$$

Бұл қатынастардан МБК-ның параметрлері өзгеріссіз болған кезде қозғалтқыштың бұрыштық үдеуін E және оның білігінің орнын өзгерте /реттей/ отырып орындау мүшелерінің қозғалысына сәйкес айнымалыларының реттелуін тексеруге болатынын көруге болады.

Электржетегі теорияларында қозғалтқыштың жұмысына мінездеме беретін механикалық, электрлік және магниттік айнымалыларын - жылдамдық, үдеу, біліктің орны, момент, ток, қуат, магниттік ағын және т.б. — көбіне координаталар деп атайды. Кейде оларды электржетегінің реттелетін шамалары деп те атайды. Осы атауларды қолдана отырып, электрлік тәсілмен орындау мүшелерінің қозғалысын басқару қозғалтқыштың координаталарын /айнымалыларды/ реттеу арқылы іске асатынын айтуға болады.

Электржетегінің координаталарының реттелуі орындау мүшелерінің қозғалысы бірқалыпты жағдайда болса да, болмаса да іске асуы керек. Бұларды түсіндіру үшін мысал келтірейік.

7.2. суретте жолаушылар лифтісінің кабинасының екі көршілес аядамасы аралығындағы қозғалыс графигі /тахограмма/ көрсетілген. Бұл график V -бөліктен тұрады. Бірінші I участка кабина жұмыс істеу жылдамдығына дейінгі жылдамдықты алады, содан кейін II бөлімшесінде осы жылдамдықтағы кабинаның бірқалыпты қозғалысы орын алады. Кабинаның дәл тоқтауын қамтамасыз ету үшін III

бөлімшесінде төменгі жылдамдықтағы қозғалысқа дейін кабинаның тежелуі жүреді. IV- бөлімшеде жылдамдықтағы қысқа уақыттық қозғалыс, содан кейін V бөлімшеде кабинаның толық тежелуі болады. I-ші бөлімшеде жылдамдық алғанда және III, V бөлімшесінде тежеу кабинаның үндеуі жолаушыларының комфорттық жағдайларымен анықталады. Барлық участоктарда лифт кабиналарының қозғалыс графиктерінің осындай болуы электржетегінің негізгі жұмысы болып табылады және бұл электр қозғалтқыштың сәйкес координаттарын реттеу жолымен шешіледі. Қарастырылған мысалды қолдана отырып, ең маңызды жағдайды, көбіне электржетегі біруақытта бірнеше координатты реттеуді, жылдамдық, үдеу және орындау мүшелерінің орнын қамтамасыз ету керек.

7.2. ЭЛЕКТРЖЕТЕКТЕРДІҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН РЕТТЕУ

Жылдамдықты реттеу - жұмыс машиналары мен механизмдерінің атқару мүшелерінің жылдамдығын реттеу мақсатымен болатын, қозғалтқыштың жылдамдығының ықтиярсыз өзгеруі болып табылады. Жалпы жағдайларда қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу және жылдамдықты берілген деңгейде ұстап тұру — екі тәсілмен - параметрлік және тұйық системада атқарылуы мүмкін.

Параметрлік тәсілмен реттеген кезде қозғалтқыштың электр тізбегінің қандай да бір параметрін өзгертумен немесе қоректенетін кернеуге мысалы; әртүрлі қосымша элементтер, резисторлар, конденсаторларды т.б. қою арқылы іске асырылады. Әдетте, бұндай тәсілмен реттеудің сапасы жоғары емес.

Өте жоғары сапалы көрсеткіштер қажет болған жағдайда, қозғалтқышқа әсер ету әдетте қозғалтқышқа берілген кернеудің өзгерумен немесе сол кернеудің жиілігінің өзгеруімен немесе екеуінің де өзгеруімен болатын электржетектің тұйық жүйесіне көшеді. Бұндай жүйені іске асыру үшін күш беретін әртүрлі тұрақты және айнымалы тоқты түрлендіргіштер қолданылады.

Жылдамдықты реттеу сан жағынан алты негізгі көрсеткіштермен сипатталады.

1. Реттеу диапазоны D максимал $\omega_{\text{так}}$ және $\omega_{\text{тіп}}$ минимал жылдамдықтарының қатынастарымен анықталады.

$$D = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_{\text{Min}}}$$

Жасанды сипаттамаларын қолданған кезде диапазонды D ең шеткі сипаттамадағы жылдамдықтардың қатынастарымен анықталады дегуге болады.

Әртүрлі жұмыс машиналары әртүрлі реттеу диапазонын қажет етеді. Мысалы: прокат стандарты диапазонда D_{3+4} ден $D=50+1000$ -ға дейін және одан да жоғары қағаз жасау машинасыныңкі $D=20$ және т.б. болады.

Жылдамдықтың реттелу орналасуымен анықталады. Егер табиғи жасанды сипаттамаларының орналасуымен анықталады. Егер табиғи сипаттамасынан жоғары орналасса, онда жылдамдықты реттеу негізгі сипаттамадан төмен деп атайды. Жасанды сипаттамасының табиғи сипаттамасынан жоғары да, төмен де орналасуы екі зоналық реттеу деп аталады.

3. Жылдамдықтың реттелуінің бірқалыптылығы алынған жасанды сипаттамаларының табиғи сипаттамасына қатысты орналасуымен анықталады. Жасанды сипаттамалар көп болған сайын жылдамдықты реттеу бірқалыпты өтеді. Бірқалыптылық, екі жақын сипаттамаларының жылдамдықтарының қатынасымен табылатын коэффициентімен бағаланады;

$$K_{\text{бірқ}} = \frac{\omega_i}{\omega_i - 1} \quad /7-4/$$

мұнда ω_i және ω_{i-1} i -ші және $(i-1)$ -ші жасанды сипаттамаларындағы жылдамдықтар.

Ең жақсы бірқалыптылық /жатықтық/ жиілік және кернеу түрлендіргіштерін қолдану арқылы тұйық жүйелерде іске асады, реттеудің параметрлік тәсілінде әдетте бірқалыптылық жоғары емес.

4. Жылдамдықтың тұрақтылығы қозғалтқыштың білігіндегі жүктеме моменті өзгерген кездегі оның жылдамдығының өзгеруімен сипатталады. Барлық қозғалтқыштың синхронды санамағандағы негізгі түрлерінің сипаттамалары көлбеу болып келеді, осыған байланысты жүктеме өткен кезде қозғалтқыштың жылдамдығы төмендейді.

4. Жылдамдықты реттеудің тиімділігі автоматтандырылған электржетек жасауға және оны пайдалануға жұмсалған капиталдық шығынмен сипатталады. Қандай да бір жүйенің тиімділігін анықтау жалпы жағдайларда есептеген кезде жұмыс машиналарының өнімділігінің және шығарылған өнімнің сапасының жоғарылығын, жетек қолданған кездегі оның мықтылығын, электржетегін жасауға жұмсалатын материалдардың тапшылығын және т.б. есепке алатын күрделі техникалық-экономикалық есеп болып табылады.

Жылдамдықты реттеу процесіндегі маңызды көрсеткіш қозғалтқыштық ПӘК h реттеген кездегі қуат шығыны P болып табылады.

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} \quad /7-5/$$

мұнда P_2 - қозғалтқыштың білігіндегі пайдалы қуат.

Қозғалтқыш әртүрлі жылдамдықта жұмыс істеген кезде реттеу циклы ішіндегі орташа өлшенген ПӘК деген ұғым қолданылады.

$$\eta_{\text{ОРТ}} = \frac{\sum_1^n P_{2i} t_i}{\sum_1^n (P_{2i} + \Delta P_i) t_i} \quad /7-6/$$

P_{2i} , ΔP_i , t_i — пайдалы қуат шығыны және i -ші жылдамдықтағы жұмыс уақыты.

n — жылдамдықтың саны.

Жылдамдықта реттеу электржетекте жұмсалатын активтік P және реактивтік O_1 қуаттардың қатынастарымен анықталатын тағы да бір маңызды тиімділік көрсеткішімен - қуат коэффициентімен $\cos \varphi$ бағаланады.

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + O_1^2}} \quad /7-7/$$

П.ЭК-і ұқсас бір цикл жұмыс үшін орташа өлшенген қуат коэффициенті деп есептеледі

$$\cos \varphi_{\text{ОРТ.ОЛ}} = \frac{\sum_1^n P_i t_i}{\sum_1^n \sqrt{P_i^2 + O_{,i}^2} t_i} \quad /7-8/$$

6. Қозғалтқыштың мүмкіндік жүктемесі, қозғалтқыштың қызуы мүмкіндігі нормативтік қызудан жоғары болмағанға сәйкес келеді. Қозғалтқыштың бойымен номинал ток өткен кездегі және оның қызуы нормативтік мөлшерге тең болғандағы жүктеме болып табылады. Қозғалтқыштың қызуы оның бойымен өтетін токпен анықталатын болғандықтан, жасанды сипаттама да жұмыс істеген кездегі мүмкіндік жүктеме болып, қозғалтқыштағы ток номинал мәнге тең болғандағы, ал оның қызуы нормативтік болғандағы жүктеме болып табылады.

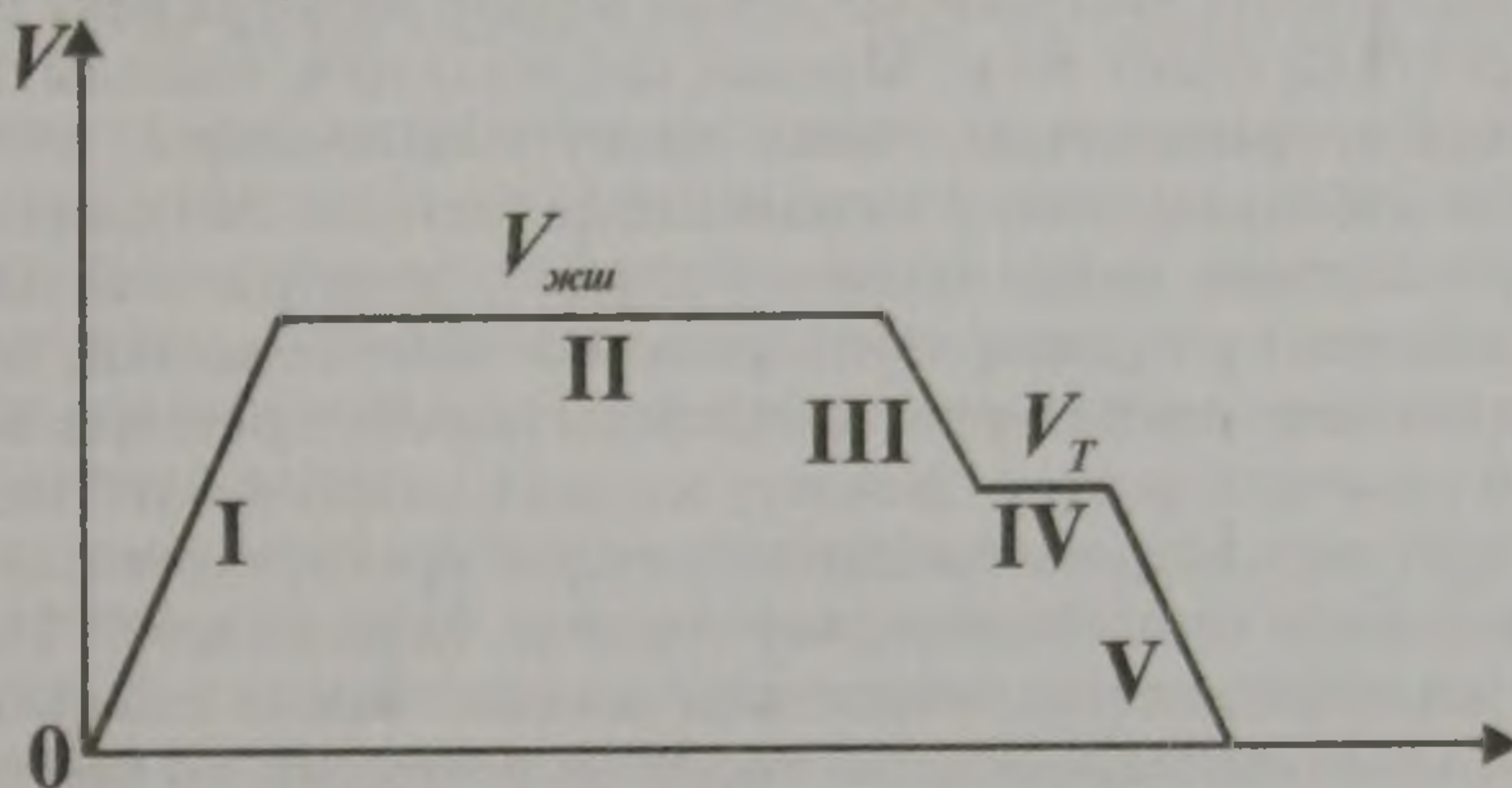
Мынадай маңызды жағдайды атап өткен жөн; қозғалтқыштың қызуы оның салқындату жағдайына байланысты болғандықтан, қоз-

ғалтқыштың мүмкіндік жүктемесіне баға берген кезде бұл жағдайды да ескерген жөн.

7.3. ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТОҒЫ МЕН МОМЕНТІН РЕТТЕУ

Электржетегінің негізгі шығысындағы координатасы жылдамдықты реттеумен қатар қозғалтқыштың тоғы мен моментін де реттеу жиі кездеседі. Бұндай реттеу, атқару мүшелерінің үдеуін реттегенде, қозғалтқыштың моменті мен тоғын шектегенде, өңделетін материалдың тартылысың /созылуын/ реттеген кезде және т.б. жағдайларда қажет болады.

а/. ҮДЕУДІ РЕТТЕУ. Лифт кабинасының /7.2. сурет/ қозғалыс графигін қарастырған кезде, жылдамдық алған және тежеу бөлім-



7-2 сурет. Лифт кабинасының графигі.

шелерінде үдеу берілген деңгейде болуы керектігі айтылған болатын. Осындай талап басқа да жұмыс машиналарына көтеру краны, экскаваторларға, конвейерлерге т.б. да тән. Мұндай жағдайда атқару органдарының үдеуін реттеу теңдеуіне сәйкес электржетегінің моментінің өзгеруімен іске асады. Өз алдына, электржетектің күш алуы немесе моменттің өзгеруі қозғалтқыштың якорь тоғының реттелуімен іске асады.

б/. Қозғалтқыштың тоғы мен моментінің шектелуі. Қозғалтқыштардың көбісі өздерінің қалыпты жұмыс істеу жағдайы бойынша ток пен моменттің шектелуін талап етеді. Бұл талап ең бірінші кәдімгі тұрақты ток қозғалтқыштарына тиісті. Өйткені коллекторлы щеткалық узелінің қалыпты жұмыс істеу жағдайы бойынша және мүмкіндік механикалық және жылулық жүктеме бойынша ток тіпті қысқа уақыт болса да номинал тоқтан 1,5-2 реттен аспауы керек. Басқа қозғалтқыштарда ток пен моментті шектеу қажет болады, көбіне ток пен момент көп мөлшерде мүмкіндік мәннен асқан кездегі ауыспалы құбылыстарда жүреді.

Сонымен қатар ток пен моментті шектеу есебі жұмыс машиналарының электржетектері үшін, технологиялық құбылыс жағдайында пайда болатын атқару мүшелерінің жүрмей қалу режимінде де болады. Мұндай режим, егер тиісті шара қолданылмаса қозғалтқыштың тізбегінің бойымен болдыруға болмайтын өте үлкен ток өтетін қысқа тұйықталу режиміне сәйкес келеді. Бұл жағдайда қозғалтқыш электржетектің кинематикалық тізбегін істен шығаратын жоғарғы момент алады. Моменттің шектелуі, ауыспалы процестегі кинематикалық тізбектегі элементтердің динамикалық жүктемелерін төмендету үшін қажет.

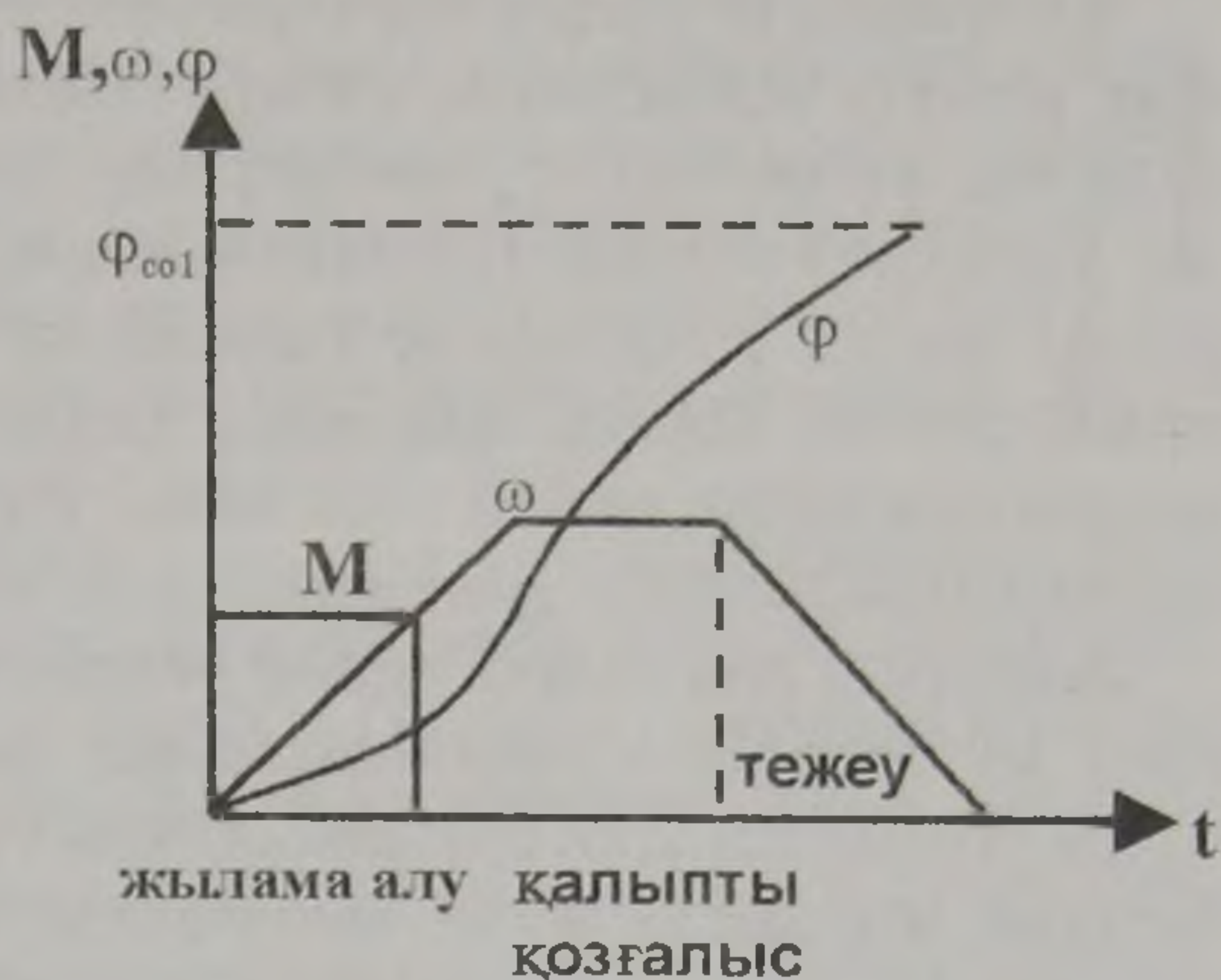
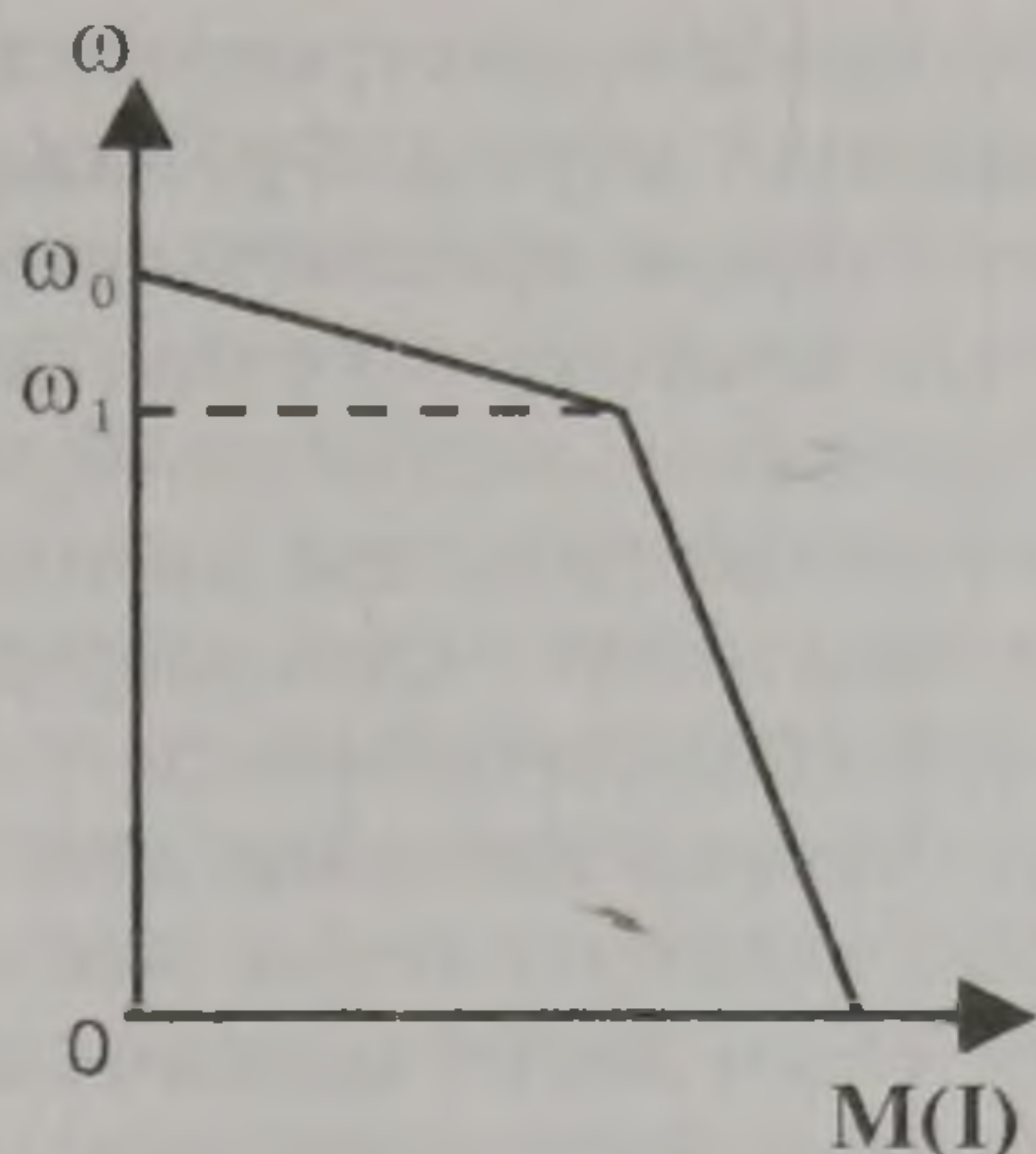
в/. ТОК ПЕН МОМЕНТТІ РЕТТЕУ.

Технологиялық құбылыстардың шарты бойынша, өңделетін материалдардың керілуін қамтамасыз ететін жұмыс машиналары ток пен моментті реттеуді қажет етеді. Мұндай машиналарға, мысалы; прокат стандартының орағыштары, қағаз жасау машиналары, электрлік сымдар мен кабельдер жасау механизмдері жатады. Машиналардың атқару мүшелерімен пайда болатын керіліс, электржетек жағынан болатын момент пен үдеуге пропорционал болғандықтан, қозғалтқыштың тоғы мен моментін реттеу арқылы керілісті реттеуге болады.

Ток пен моментті реттеу /шектеу/ жылдамдықты реттегендегі сияқты әртүрлі параметрлік тәсілімен немесе тұйық қозғалтқыштың қажетті жасанды сипаттамаларын алумен байланысты. Ток пен моментті реттеудегі негізгі көрсеткіш дәлдік болып табылады.

Ток пен моментті параметрлік тәсілмен реттеудегі ең көп тараған және қарапайым түрі - қозғалтқыштардың якорлік тізбегіне резисторды жалғау болып табылады. Параметрлік тәсіл, жоғары дәлдік ток пен момент реттеуді қамтамасыз етеді.

Бұдан да жоғары салада ток пен моментті реттеуді /шектеу/ тұйық жүйеде қозғалтқыштың тоғы бойынша кері байланыс кіргізгенде алуға болады. 7-3 суретінде жылдамдықтың өзгеру диапазоны 0-ден ω -ге дейін өзгергендегі ток пен моменттің реттелуін қамтамасыз ететін



7-3 сурет. ЭҚ типтік сипаттамасы. 7-4 сурет. ЭЖ атқару органының қозғалысы.

электрқозғалтқыштың типтік сипаттамасы көрсетілген. Тұйық жүйеде, тоқ пен моменттің реттелуінің өте дәлдігін қамтамасыз ететін тік участокті сипаттама алуға болады. Көрсетілген сипаттаманы әдетте экскаваторлық деп атайды, өйткені жұмыс механизмдері көбіне тірекпен жұмыс істейтін болғандықтан экскаваторға тек қана осындай сипаттама қажет.

Соңғы жылдарда, электржетектерде тоқ көзі қасиетіне тән күш беру түрлендіргіштерін қолданумен моментті реттеуді қолдану кеңейе түсті. Егер, мысалы, тәуелсіз қоздырғышты тұрақты тоқ қозғалтқышның якорін осындай тоқ көзімен қоректендірсек, онда оның электромеханикалық сипаттамасы тік сызық болады. Қозғалтқыштың магниттік ағынын реттейтін болсақ, оның механикалық сипаттамалары тік сызықтардың жиынын құрайды. Мұндай электржетегі көзі момент қасиетіне ие болады.

7.4. ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНІҢ ОРЫНДАРЫН РЕТТЕУ

Көптеген жұмыс машиналары мен механизмдері үшін кеңістікте атқару органдарының орнын реттеу қажет болады. Бұған көтергіш-транспорт машиналары, станоктардың беріліс механизмдері, роботтар мен манипуляторлар және т.б. жатады.

Атқару мүшелерінің басқа да координаталарын реттегендегідей, бұл да ашық және тұйық жүйедегі электр қозғалтқышының білігінің орнын реттеу жолымен шешіледі. Мұндай атқару мүшелерінің электр жетектеріне қойылатын негізгі талап, бұлардың жазықтықта немесе кеңістікте берілген нүктеге қажетті дәлдікпен орналасуын қамтамасыз ету, ал кейбір жағдайларда - қажетті қозғалыс сипаттамаларын қамтамасыз ету.

Қарапайым, ашық электржетектерінде орнын реттеу, әдетте жолдық немесе соңындағы ажыратқыш көмегімен жүреді. Бұл ажыратқыштар кеңестіктің /жазықтың/ қажетті жеріне орналастырылады да электржетегінің тоқ көзінен ажырауын қамтамасыз етеді. Атқарушы мүше тежеледі де қандай да бір дәлдікпен тоқтайды. Бұндай орын реттеу тәсілі, мысалы, лифті қозғалтқыштарында кабинаны тоқтатқан кезде пайдаланылады. Бұның ерекшелігі - іске асырудағы қарапайымдылығы мен дәлдігінің төмендігі болып табылады.

Жоғарғы дәлдікпен орын реттеу қажет болған жағдайда және атқару мүшелерінің қозғалысының сапасын жақсарту керек болғанда орны бойынша кері байланыстағы тұйық электржетегі қолданылады. Бұндай жағдайда жүйе автоматты түрде тежелудің сигналын істеп шығарады және атқару мүшелерінің берілген дәлдікпен тоқтауын қамтамасыз етеді.

7-4- суретінде атқару органының бір жерден екінші жерге орын ауыстырғандағы электржетегінің идеалдандырылған қозғалысы көрсетілген. Жалпы жағдайда бұл график үш бөлімшеден тұрады - жылдамдық алу /разгон/, қалыпты қозғалыс, тежеу $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_{\text{соң}}$ болғандағы соңғы нүктеде, атқару мүшесінің тыныштық жағдайдағысына сәйкес келетін, қозғалыс жылдамдығы $\dot{\varphi}$ мен оның моменті M нольге тең. Электржетектердің шын мәнісіндегі қозғалыс графиктері қандай да бір дәрежеде осы идеалдандырылған графикіне бағдарламалы басқарылатын және бақылаудағы қозғалысын алған кезде қажет болады.

7.5. ЭЛЕКТРЖЕТЕКТЕРДІҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ

Электржетегі екі режимнің біреуінде — бірқалыпты немесе ауыспалы режимде жұмыс істейді.

Бірқалыпты режимнің ерекшелігі, электржетегінің барлық механикалық координаталары уақыт бойынша өзгермейді. Бірқалыпты режимнің математикалық шарты, механикалық координаталарының барлық туындыларының нөлге тең болуы. Бірқалыпты режимнің жеке жағдайы, барлық координаталары және олардың туындылары және олардың нөлге тең болғандағы тыныштық күйі болып табылады. Электржетегінің бірқалыпты режиміне оның тұрақты жылдамдықпен қозғалысы жатады.

Ауыспалы /немесе динамикалық/ режим электржетегінің механикалық координатасының туындысының кемінде біреуі нөлге тең болмаған жағдайда болады. Бұл режимдер шешімі электржетегі координатасының өзгеруі уақыттың өтуіне байланысты болатын дифференциалдық тендеулерімен жазылып көрсетіледі. Ауыспалы режим, электржетегі бірқалыпты режимнен екіншісіне өткен кезде пайда

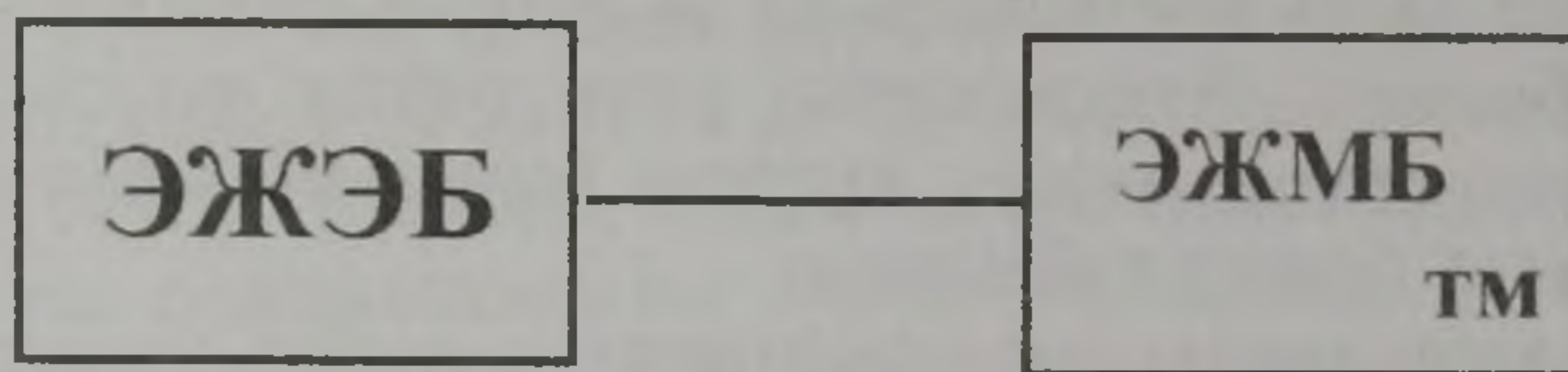
болады. Ауыспалы құбылысты зерттеу электржетегінің теориясындағы ең бір маңызды жағдай болып табылады. Ауыспалы процестер электр қозғалтқышқа әртүрлі ауытқулар басқару сигналы, жүктеменің моменті немесе үдеуі, және де басқа да әртүрлі факторлар әсер еткен кезде пайда болады. Электржетегі үшін типтік ауыспалы процесс болып іске қосу, реверс, тежеу, жүктеме беру және алып тастау, жылдамдықты реттеу болып табылады.

Ауыспалы құбылысты қарастырғандағы негізгі мақсатымыз, ток, момент, жылдамдық, қозғалтқыштың білігінің бұрылу бұрышының уақытқа байланыстығы болып табылады. Бұндай байланыстарды анықтаудың іс жүзінде үлкен маңызы бар. Өйткені олар электржетегінің динамикалық сипаттамасының технологиялық процестің талабымен сәйкестігін анықтауға, динамикада пайда болған қозғалтқыштың тоғы мен қозғалтқыштың тандалуының дұрыстығын анықтауға т.б. жағдай тудырады. Мұндай есеп ауыспалы режим негізгі жұмыс режимі болып табылатын жұмыс машиналары үшін өте маңызды. Бұндай машиналардың қатарына реверсті прокат станы, рольгангалар, поршендік компрессорлар және тағы басқалар жатады.

Ауыспалы құбылыстың болуының физикалық себебі /түсінігі/ электржетегі элементтерінің - механикалық, электромагниттік және жылулық энергияларын жию немесе беру қабілеттілігімен түсіндіріледі. Жию және беру құбылыстары шапшаң емес, қандай да бір уақыттың өтуімен біртіндеп өтетін болғандықтан ЭҚК токтың, моменттің, жылдамдықтың, бұрылу бұрышының өзгеруі инерциондығымен өзгеше. Жылу немесе берілу энергиясының түріне байланыстылығы электржетегінде бір-біріне байланысты механикалық, электромагниттік және жылулық ауыспалы құбылыстар болады. Көптеген іс жүзіндегі жағдайларда жылулық құбылыстар механикалық және электромагниттік құбылыстарға қарағанда, баяу жүреді және оларға көп әсерін тигізбейді. Сондықтан, әдетте электржетегі теориясында олар арнайы жағдайларда болмаса бөлек қарастырылады. Ал нақты электржетектің элементтерінің механикалық және электромагниттік екіпінділігі әртүрлі болуы мүмкін. Механикалық инерциондығы электромагниттік өте көп болғандағы соңғысын есепке алмайды және бұл жағдайда ауыспалы құбылыс механикалық деп аталады.

Электромеханикалық жүйе болып табылатын электржетегіндегі барлық ауыспалы құбылыстар электромеханикалық құбылыстар болып табылады және механикалық ауыспалы құбылыстардың бөлек класқа бөлінуі - қандай да бір идеалдау болып табылады.

Ауыспалы құбылыстың шартты бөлінуін 7.5- суретке қарап жүргіземіз. Мұнда электржетегінің барлық электрлік элементтері электржетегінің электрлік бөлігіне ЭЖ, ЭБ, ал механикалықтар -



7-5 сурет. Электромеханикалық жүйе.

механикалық бөлігіне ЭЖ,МБ, біріктірілген.

Электрлік бөлігіне басқару жүйесінің барлық элементтері мен қозғалтқыштың электр бөлігін /орауышымен бірге/, ал механикалық бөлігіне - механикалық қозғалысқа қатысатын барлық элементтерді, оның ішінде қозғалтқыштың роторын да жатқызамыз.

Енді электр жетегінің электрлік бөлігінің екпінділігін сипаттайтын қандай да бір қорытылып алынған-электр магниттік уақыт тұрақтылығын $Tэ$ және электржетегінің механикалық бөлігінің екпінділігінің өлшемі болып табылатын электр механикалық уақыт тұрақтылығын қарастырайық. $Tз$ уақыт тұрақтылығы қозғалтқыштың орауышының екпінділігін және күштік түрлендіргіштің элементтері мен басқару сұбелерін сипаттайды.

Егер $Tм \gg Tз$ болса, онда ауыспалы құбылыстар шартты түрде механикалық класқа; егер $Tм$ мен $Tз$ бірдей /тең/ болса, онда электр механикалық ауыспалы құбылысқа жатады. Уақыт өтуіне байланысты электржетегі координатының өзгерісінің графигін құру үшін қосымша мынадай жағдайлар белгілі болуы керек;

1. Қарастырылып отырған ауыспалы құбылыстың түрі /іске қосу тежеу, реверс, бір сипаттамадан екінші сипаттамаға көшу, жүктеме беру немесе алып тастау/.

2. Токтың, моменттің, жылдамдықтың және басқа да координаттарының бастапқы және соңғы мәндері. Бұлар ауыспалы құбылыстардың алғашқы және соңғы нүктелері орналасқан статикалық сипаттамасының көмегімен анықталады.

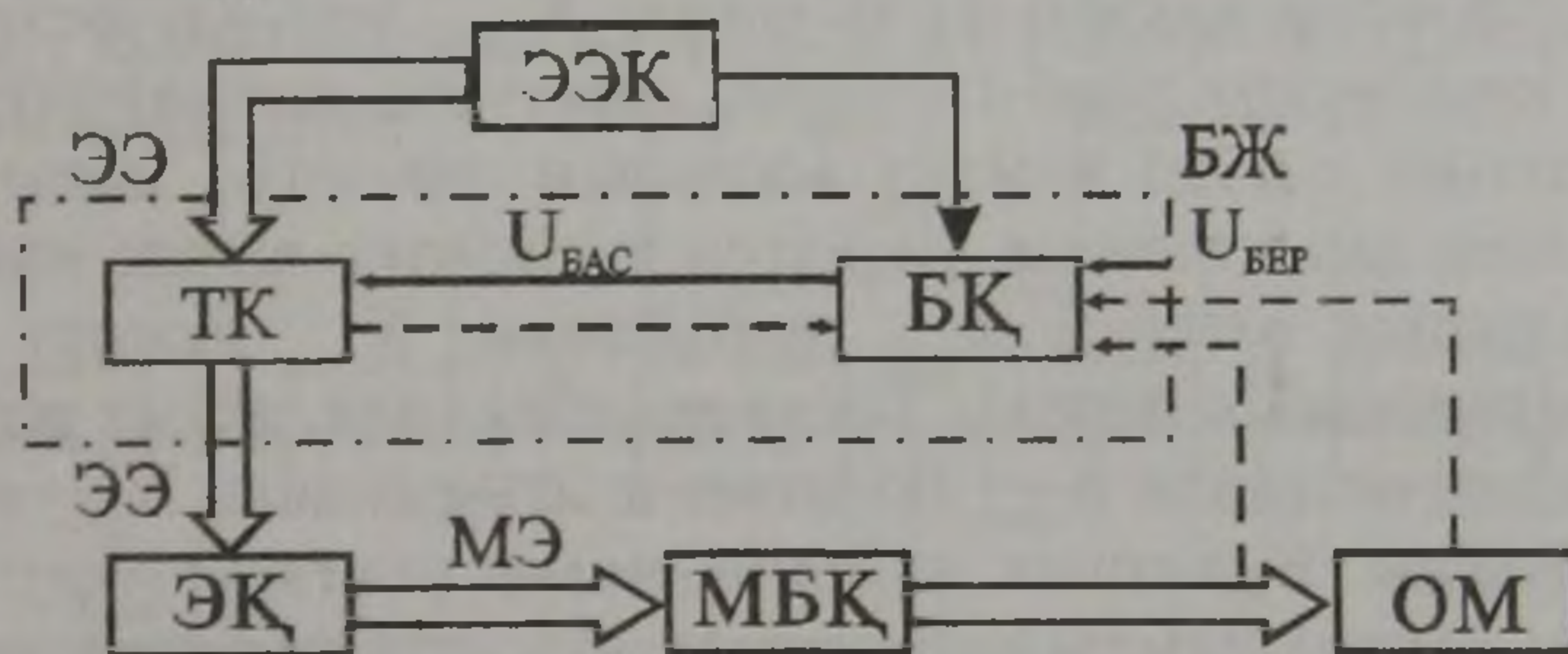
3. Элементтердің күшейту коэффициенттері және олардың уақыт тұрақтылығы кіретін электржетегінің параметрлері. Бұлар элементтердің конструкциясымен және олардың сипаттамаларымен анықталады.

Бұлар белгілі болмаған жағдайда ауыспалы құбылысқа талдау жүргізу мүмкін емес.

7.6. ЭЛЕКТРЖЕТЕКТІҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУДЫҢ ЖАЛПЫ ПРИНЦИПТЕРІ

Бірінші тарауда автоматтандырылған электржетегі теориясындағы ең бір маңызды түсінік: атқару мүшесін басқару мақсатымен жүргізлетін координаталарды реттеу келтірілген болатын. Бұл құбылысты жүргізу басқару жүйесінің көмегімен қозғалтқышқа қандай да бір мақсатпен өсер ету арқылы іске асады. Жалпы жағдайда басқару жүйе БЖ /7-7 сурет/ күш беру түрлендіргішінен КТ және басқару құрылғысынан БҚ тұрады. Енді басқару құрылғысынан БҚ тұрады. Енді басқару жүйесінің қандай принциппен құрылатынын қарастырайық.

Барлық басқару жүйесінің жиынтығы автоматтандырылған және автоматтандырылмаған деп екіге бөлуге болады. Автоматтандырылған басқару жүйесінің жиынтығы өз алдына ашық және тұйық болып екіге бөлінеді.

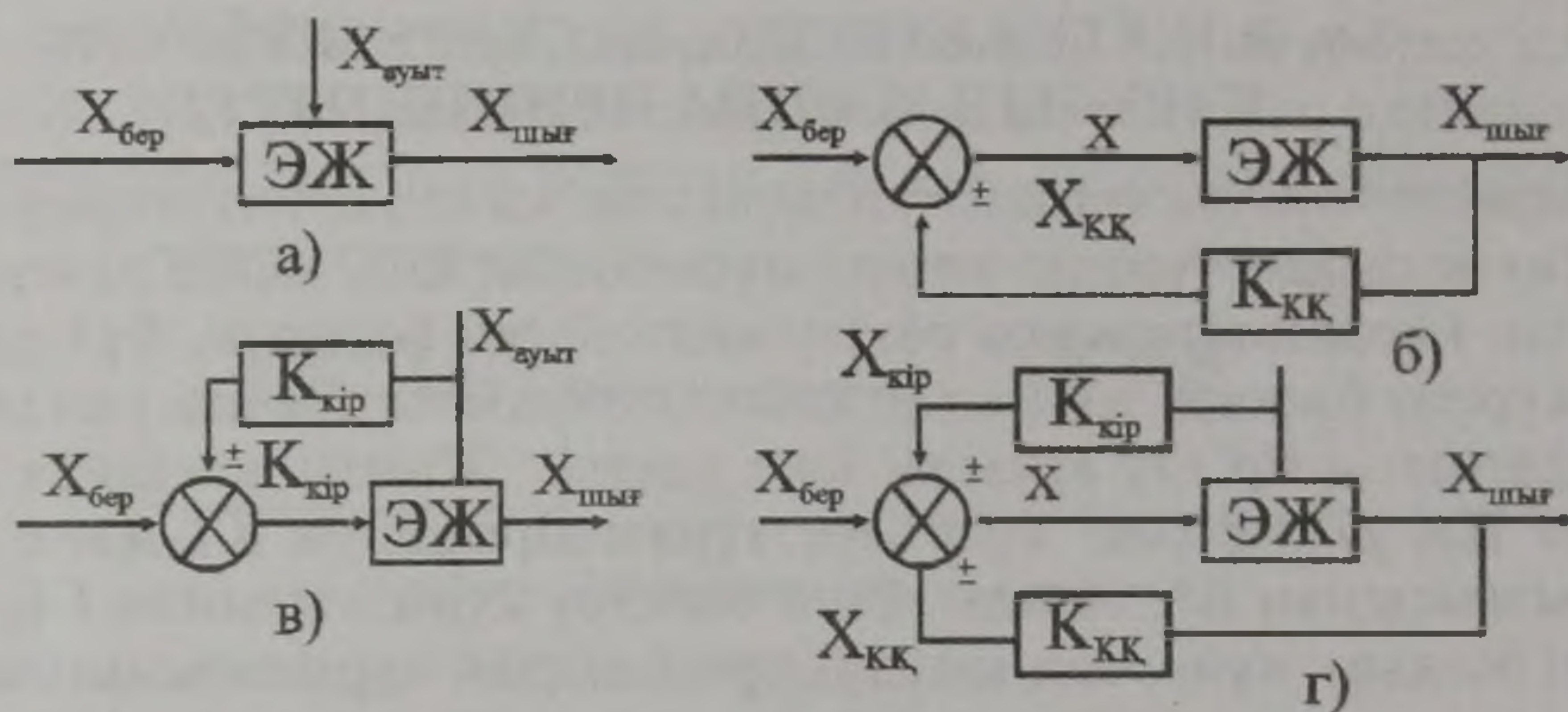


7-6 сурет. ЭЖ-тың басқару жүйесі.

Ал автоматтандырылмаған деп электржетегін басқарғандағы барлық шаралардың қарапайым басқару құралының көмегімен адам оператор атқаратын жүйені айтамыз. Әдетте бұндай басқару жүйелері қарапайым технологиялық шараларды орындайтын машина мен механизмдердің реттелмейтін электржетектерінде қолданылады.

Адам жұмыстың басталуына және аяқталуына ғана бұйрық беріп, ал басқа берілген технологиялық процесті атқарудағы шаралар адамның көмегісіз басқару жүйесімен атқарылатын жүйе автоматтандырылған деп аталады.

Ашық басқару жүйесі ұғымын түсіндіру үшін 7-7а суретінде назар аударайық. Суретте мынадай белгілеулер көрсетілген;



7-7 сурет. ЭЖ-ті басқару жүйелерінің түрлері.

ЭЖ – электржетегі $X_{шығ}$ – ЭЖ шығыс координатасы /тек қана бір координат көрсетілген, мысалы жылдамдық /; $X_б$ – $X_{шығ}$ деңгейін анықтайтын берілу сигналы /басқару әсері/; $X_{ауыт}$ – ауытқу әсері /ықпалы/. Жалпы жағдайларда соңғы $X_{ауыт}$ әртүрлі кедергілермен, берілген кернеудің тербелісімен, апаттық жағдайлармен және электржетегіне негізгі ауытқу ықпалын тигізетін электржетегінің жүктемесімен анықталады. Берілген түсініктер ашық жүйенің сыртқы ықпалының өзгерісі $X_{ықп}$ шығысына $X_{шығ}$ әсерін тигізетінін анықтауға мүмкіндік береді. Басқаша айтқанда, ашық жүйе сыртқы ауытқулардың әсерінен $X_{ауыт}$ болатын шығысындағы $X_{шығ}$ өзгерістерді реттей алмайды. Бұл ашық жүйенің ең бір үлкен кемістігі болғанымен, өзінің қарапайымдылығымен электржетегінде кең орын алған, мысалы электржетегін қосуды, реверс және тежеуді автоматтандыру үшін керек.

Тұйық жүйенің ашық жүйеден айырмашылығы, онда шығыс координатасына $X_{шығ}$ ықпалы тигізетін ауытқу әсері $X_{ауыт}$ біртіндеп немесе түгелдей қалпына келтіріледі. Бұл кері байланысы бар жүйелерде, 7-7б сурет, және ауытқу әсері компенсацияланатын жүйеде /7-7в сурет/ және де құрастырылған /комбинированный/ жүйелерде іске асады /7-7г сурет/.

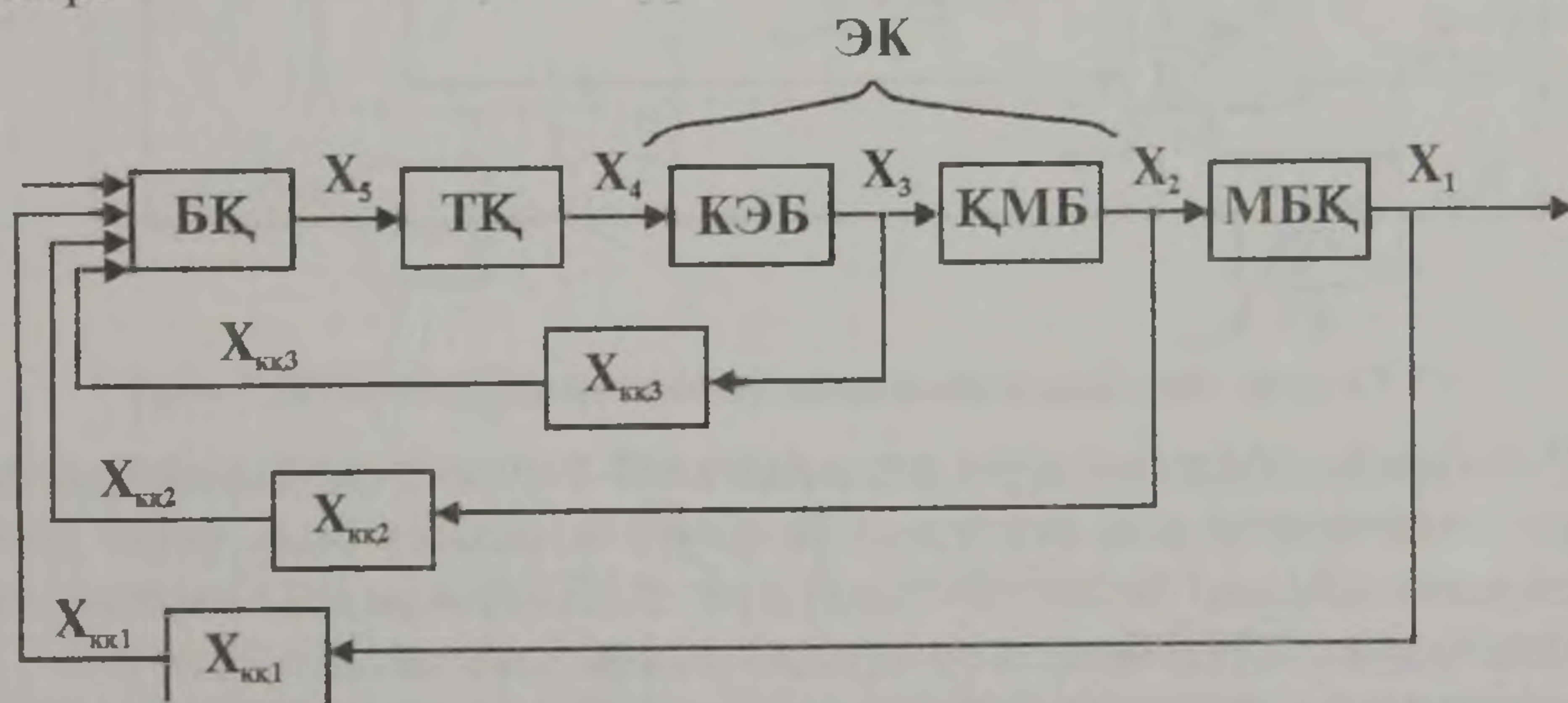
Кері байланысты жүйе, тұйық жүйелі автоматтандырылған электржетегінің негізгі түрі болып табылады. Бұның басты ерекшелігі электржетегінің кірісіне кері байланыс арқылы берілген сигналдың $X_{к.б}$ шығысындағы мәнге $X_{шығ}$ пропорционал болуы. Бұл сигнал берілген сигналымен $X_{бер}$ салыстырылады, ал бұдан шыққан қорытынды /сәйкестендірілген/ сигнал X электржетегінің кірісіндегі басқару сигналы болып табылады.

$X=0$ болған жүйе, яғни ауытқу әсерімен сәйкес бір қалыптасқан тең болса, онда ол астатикалық деп аталады. Қалыптасқан қорытындысы нольге тең болмаған жүйе статикалық деп аталады.

7-7в, суретінде көрсетілгендей, структуралы жүйе ауытқу ықпалын компенсациялау принципін атқарады. Бұл үшін $X_{\text{ауыт}}$ пропорционал $X_{\text{кр}}$ кіріс сигналы жүйеге беріліс сигналымен $X_{\text{бер}}$ бірге беріледі, соның арқасында қосынды сигнал X ЭЖ басқарғанда ауытқуды компенсациялайтындай жағдай туғызады. Мұндай жүйелер электржетегінің сенімді жүктеме датчиктерінің жоқтығына байланысты аз қолданылады. Бұған қоса бұл жүйелерде, жүйеге ықпалын тигізетін әсерлердің тек біреуі ғана компенсацияланады.

Кейінгі уақыттарда екі принципте қолданылатын құрастырылған /комбинированный/ басқару жүйелері қолданылуда, бірақ сонда да тұйық жүйелі автоматтандырылған электржетектерінде негізінен кері байланысты жүйе көптеп қолданылады, осыған байланысты алдағы уақыттарда басты назарды осыған аударамыз.

Барлық кері байланыстарды оң және теріс, қатаң және икемді, сызықты және сызықсыз деп бөлуге болады. Егер, кері байланыс сигналы $X_{\text{к.б}}$ бағыты жағынан беріліс сигналымен $X_{\text{бер}}$ бірдей болса, оң кері байланыс деп, 7-7 сурет “қосу” таңбасы, ал



7-8 сурет. ЭЖ координаталарын кетпейтін структуралық сүбесі.

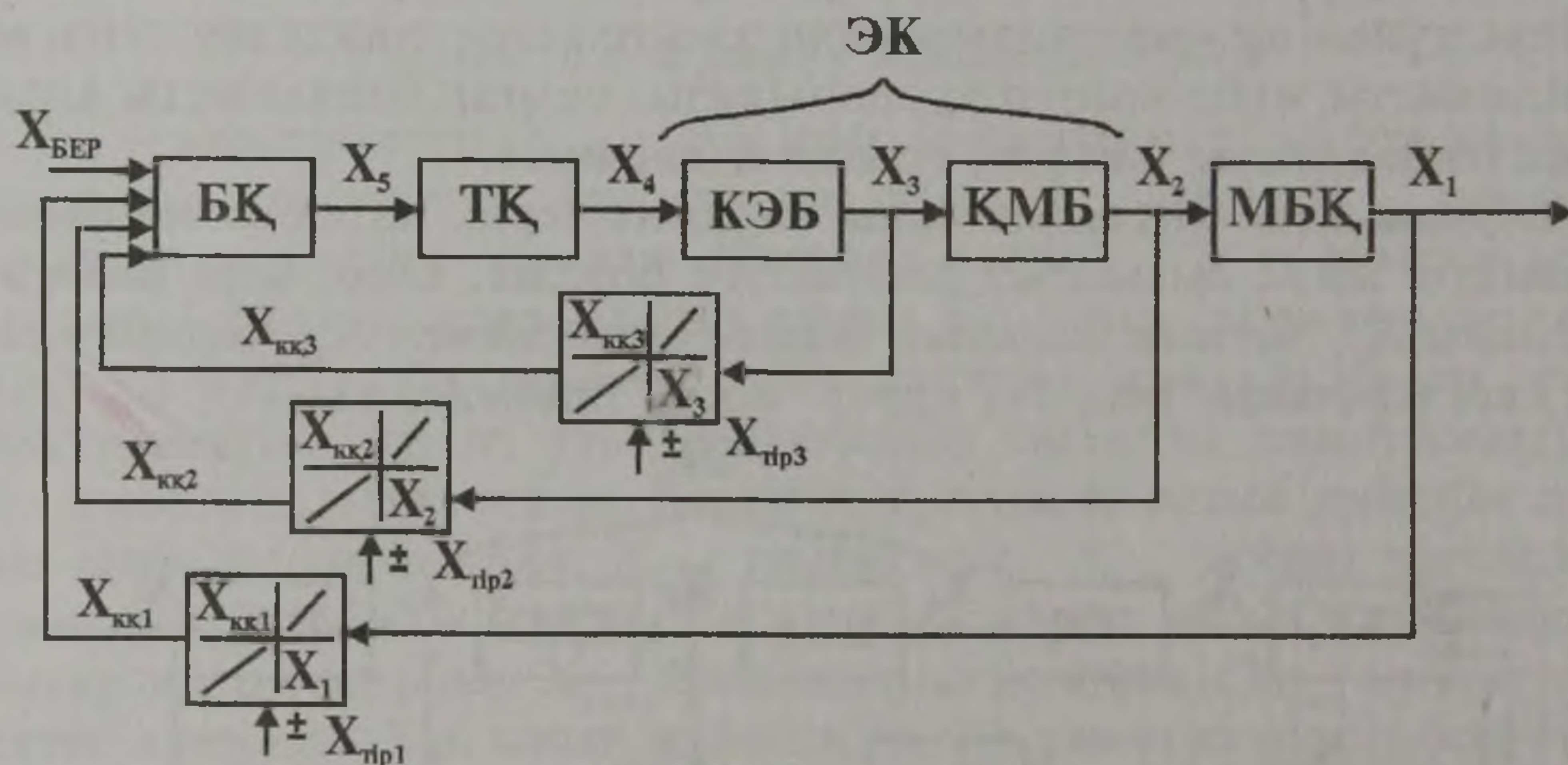
қарама-қарсы болса, теріс кері байланысты 7-7 сурет “минус” таңбасы деп айтамыз.

Қатаң кері байланыс сигналы, ауыспалы режим мен біркалыпты режим жұмыстарында да әсерін тигізуімен ерекшеленеді. Икемді кері байланыс сигналы тек қана жүйенің ауыспалы режимінде ғана болады және ол электржетегінің динамикалық сипаттамасын құру үшін қолданылады.

Математикалық түрде сызықты теңдеулермен /алгебралық, дифференциалдық және т.б./ көрсетілетін кері байланыс, сызықты кері байланыс деп аталады. Қалған басқа байланыстар сызықсыз кері байланыстар болып табылады.

Электржетегінде оның шығысындағы координаталарын жылдамдықты, үдеуді, орнын реттеу үшін әдетте жылдамдық бойынша орнына байланысты тоқ пен кернеу бойынша жоғарыда келтірілген кері байланыстардың барлық түрлері қолданылады. Момент пен күш салу датчиктерінің қарапайым және сенімді түрінің жоқтығына байланысты қозғалтқыштың күш беру немесе моменті бойынша кері байланысты сирек қолданылады.

Электржетегінің екі немесе бірнеше координаталарын реттеген кезде негізгі 7-8 – 7-10 суреттерде көрсетілген үш структуралық сүбе қолданылады.



7-9 сурет. ЭЖ координаталарын кетпейтін структуралық сүбесі.

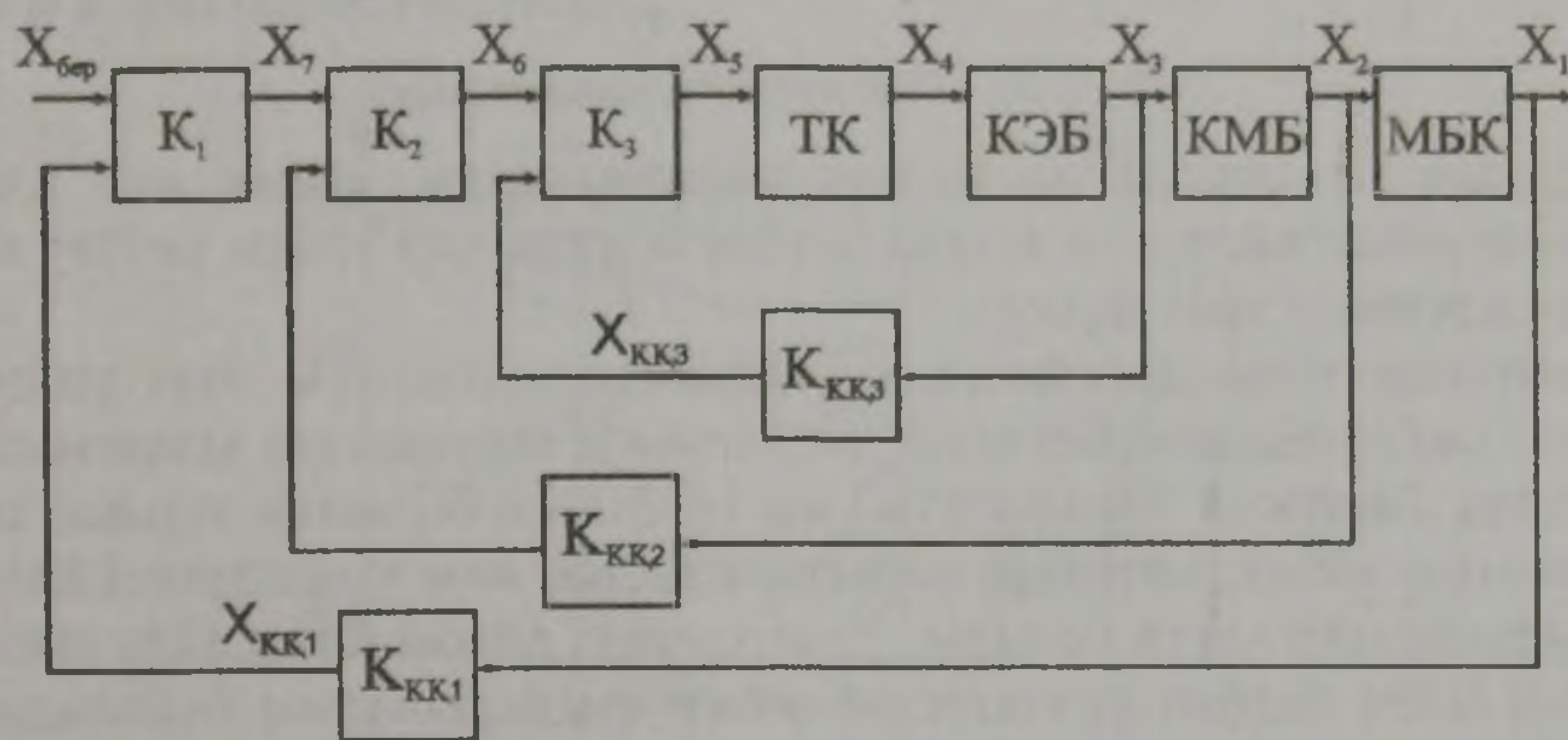
7-6 сүбедегі белгілеулер қолданылған 7-8 суретіндегі қосындылары ортақ күшейткіш деп аталады. Талдауға ыңғайлы болу үшін электр қозғалтқышты екі бөліктен электрлік ҚЭБ /якорьдің орамы/ және механикалық ҚМБ бөлігінен тұрады делік. Қозғалтқыштың $X_э$ – деп белгіленген электрлі магниттік момент жалпы алғанда электржетегінің реттелетін координатасы болып табылады. X_2 және X_1 координаторлары қозғалтқыштың білігінің қалпы мен жылдамдығы болады.

Ортақ күшейткішті сүбенің негізгі ерекшелігі, кірісіне беріліс сигналдарының $X_{бер}$ алгебралық қосындылары және барлық координата бойынша $X_{к.б.1}$, $X_{к.б.2}$ кері байланыс берілетін күшейткіштің қолданылуы болып табылады. Сүбенің жақсы жағы, оның қарапайымдылығы, кемістігі - координаталарды бір-біріне әсерін тигізбейтіндей етіп реттеудің мүмкінсіздігі, бұдан шығатыны барлық координаталарды бір уақытта оптималды түрде реттеудің қиындығы.

7-9 суретіндегі сызықсыз кері байланыс қолданылатын, электржетегі теориясында көбіне кесу деп аталатын сүбе ортақ күшейткішті сүбенің дамуы болып табылады. Сызықсыздың ерекшелігін алу үшін әдетте қосымша тіректік сигналдар $X_{нр1}$, $X_{нр2}$,

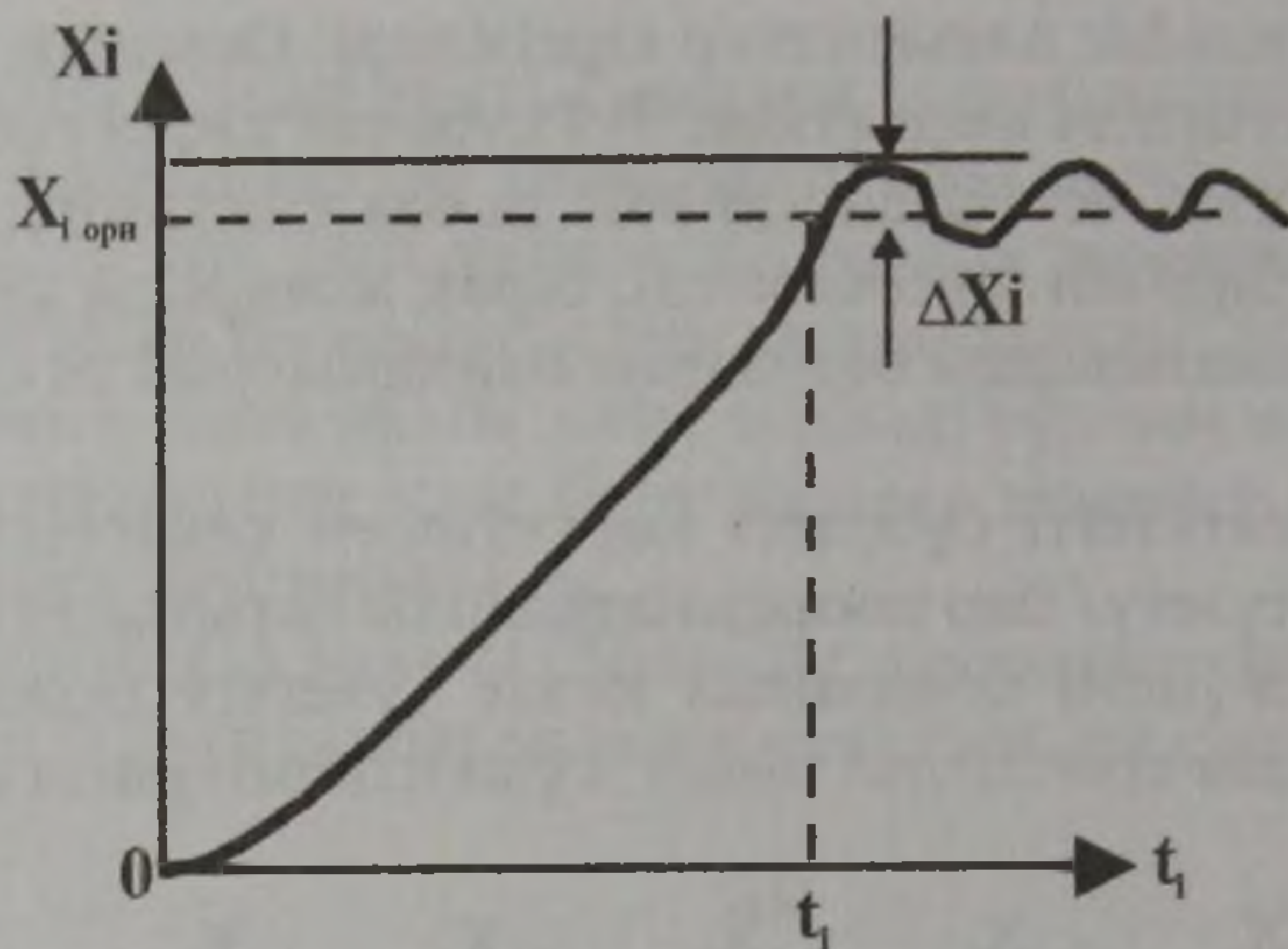
$X_{пр3}$ және вентильдік элементтер кіргізіледі. Осының арқасында кері байланыс тізбегіндегі сипаттама 7-9 суретте көрсетілгендей болады. Кері байланыстың әсерінен қандай да бір диапазонда барлық координаталар бір-бірінен бөлектенеді, бірақ жоғарыда келтіргеніміздей, барлық координаталарды бір-біріне байланыссыз реттеу мүмкін болмайды.

Ортақ күшейткішті сүбедегі көрсетілген кемістікті, тізбектелген коррекциясы /түзету/ бар координаталарды бағынышты реттеу жүйесі деп аталатын жүйені қолданған кезде түзетуге болады /7-10/. Бұл жүйенің айрықша ерекшелігі оның күшейткіштерінің саны мен түйық



7-10 сурет. Техникалық қолайлы кернеуге келтіру сүбесі.

контурларының реттелетін координатаға теңдігі болып табылады. Бұл кезде түйық контурлар, сыртқы контурдың шығыс сигналы, ішкі контурдың беріліс, кіріс сигналы болатындай етіп орналастырылады. Осыған орай әрбір ішкі контур сыртқы контурға бағынышты болып келеді. Атауы да осыған байланысты шыққан. 6-10 суретіндегі сүбеде бірінші контур ток пен момент контуры болып табылады, ол өзіне қатысты сыртқы контур болып табылатын жылдамдық контурына бағынышты / X_2 координатасында/, ал жылдамдық контуры өз алдына орналасу қалпының контурына бағынышты / X_1 координатасы/. Әрбір контурдың әдетте орналасу қалпы, жылдамдық, ток және момент реттегіштеріне сәйкес өз күшейткіштері - K_1 , K_2 , K_3 болады. Осылай құрылған жүйе координаталарды бөлек реттеуге және реттеу құбылыстарының сапасын арттыруға жағдай туғызады. Реттегіштің типін және оның параметрлерінің есебін әдетте динамикалық режимде техникалық қолайлы ауыспалы құбылыс алатындай етіп жүргізеді /техникалық қолайлы күйге келтіру/. Мұндай құбылыстар минималды мүмкіндіктерімен сипатталады /7-11 сурет/.



7-11 сурет. ТТҚ іске қосу сипаттамасы.

Мұндай ауыспалы процестің қолайлылығы, оның өте жылдам процестерінде көптеген асыра реттеу болады, ал асыра реттеу аз болғанда процесс жай жүреді.

Көптеген технологиялық құбылыстың қалыпты өтуі үшін бір-бірімен байланысқан бірнеше машинаны біруақытта қолдануды талап етеді. Біріккен технологиялық циклдың бірнеше жұмыс машиналарының жиынтығының қорытындысын оны комплексті автоматтандырылғанда алуға болады. Комплексті автоматтандыру машиналардың өнім беруін арттырады және шығарылатын бұйымдардың сапасы артады.

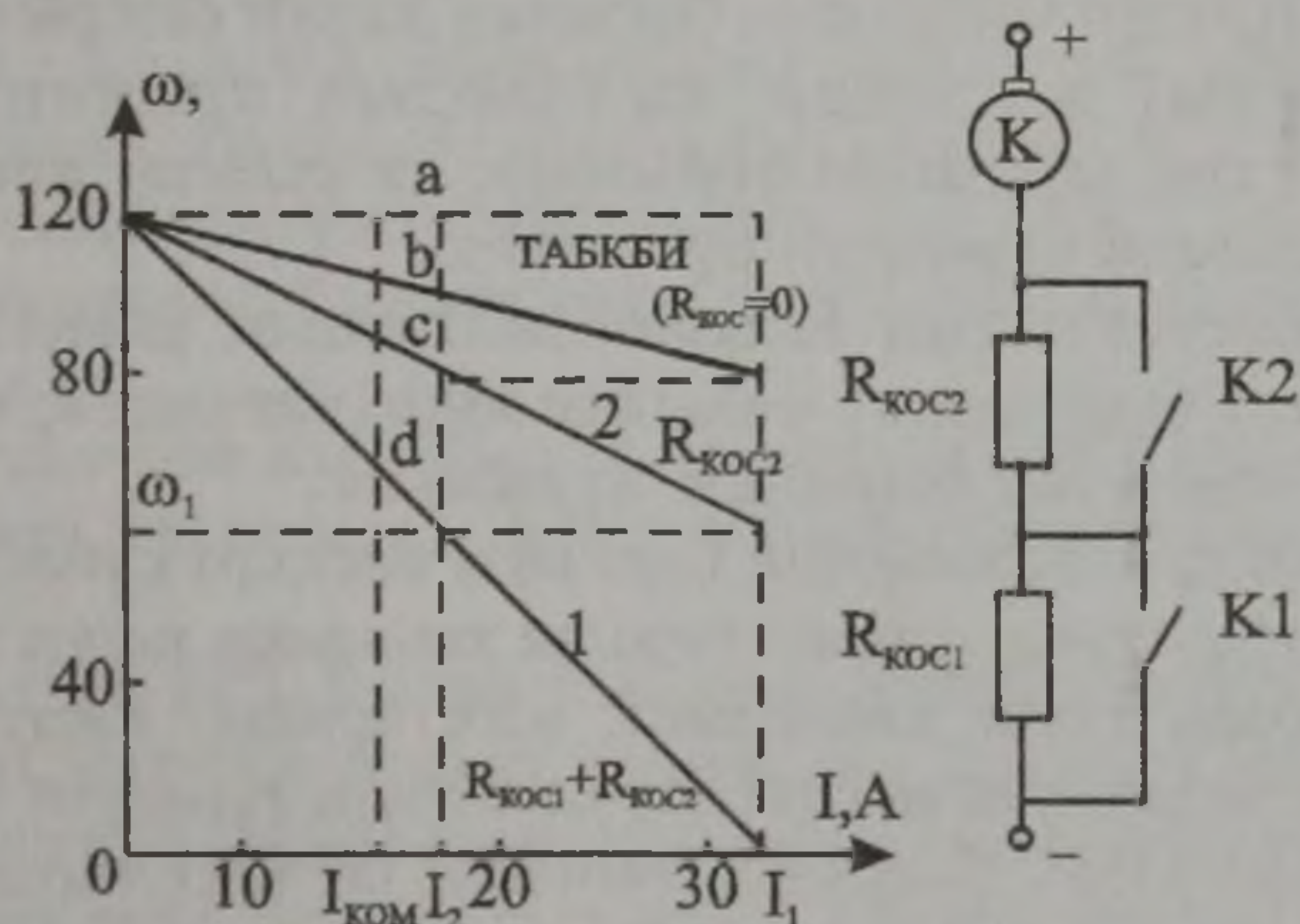
Комплексті автоматтандырудың қазіргі кезеңі есептеу техникаларын кеңінен қолдануымен ерекшеленеді. Технологиялық құбылыстарды басқарудың дәлдігі және жылдамдығы, басқару заңының өзінің күрделенуі, есептеу техникасын көптеп кеңінен қолдануды талап етеді. Бұны шешудегі алдыңғы жағдай, есеп машиналарының сапасы мен жылдамдығын арттыру, олардың номенклатураларын арттыру және бұған қоса арнайы және басқаратын есеп микропроцессор - машиналары болып табылады.

Есептеу машиналарын технологиялық құбылыстардың ең жақсы режимін алуға, технологиялық жабдықтардың әрбір бөліктерінің үйлесімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуге, технологиялық құбылыстардың барысы туралы қажетті хабарларды алуға, оларды өңдеуге жағдай тудырады.

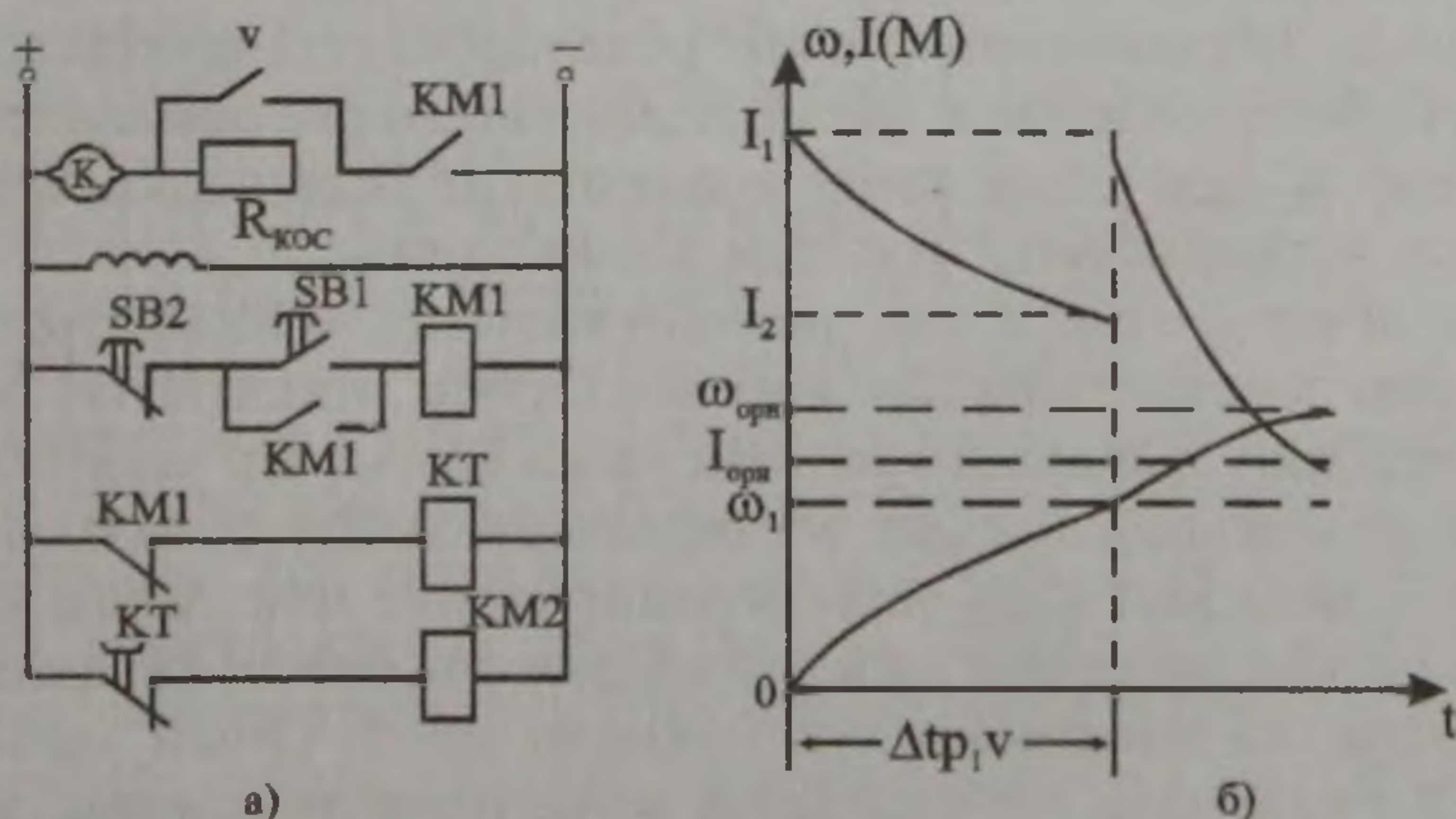
Технологиялық құбылыстарды комплексті автоматтандырған кезде роботтар мен манипуляторлар ерекше орын алады. Роботтар мен манипуляторлардың көмегімен технологиялық циклдардағы машиналардың арасындағы байланысты қамтамасыз етуге және көптеген қайталанатын технологиялық операцияларды істеуге болады.

7.7. ЖЕЛІДЕН ҚОРЕКТЕНЕТІН ТӘУЕЛСІЗ ҚОЗДЫРҒЫШТЫ ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫН ІСКЕ ҚОСҚАНДА, РЕВЕРС ЖӘНЕ ТЕЖЕГЕН КЕЗДЕ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ БАСҚАРУ

Желіден қоректенген кездегі ТТҚ-ін іске қосу, реверс және тежеу әдетте релелі байланысты басқару сүбесінің көмегімен жүзеге асырылады. Бұларды автоматтандырғанда уақыт, жылдамдық, ток және жол принциптері қолданылады. Енді осы принциптерді 7-12 суретіндегі ТТҚ іске қосу диаграммасы бойынша қосқандағы мысалымен қарастырып көрейік.



7-12 сурет. ТТҚ автоматты түрде іске қосу сүбесі және сипаттамасы.



7-13 сурет. ТТҚ реостатты өзгертін іске қосу сүбесі және оның сипаттамасы.

Осы диаграмма бойынша ТТҚ-ын іске қосу тәртібі, ауыспалы процестің қажетті моментінде К1 және К2 кілттерінің көмегімен қосу резисторларын $R_{кoc1}$ және $R_{кoc2}$ сатылап қосу болып табылады. Ауыспалы құбылыстың бұл моментіне белгілі бір жылдамдық пен ток

және де ауыспалы құбылыстың басынан бастап оған кеткен уақыт сәйкес келеді. Мысалы қозғалтқыштың тоғы 12 -ға жылдамдық ω - ге тең болғанда кілттің КІ көмегімен $R_{\text{қос1}}$ тұйықталу керек. Ауыспалы құбылыстағы іске қосқан кездегідей осы мезгілге дейін уақыт

$$t_{a.n} = T_M \ln \frac{\omega_{\delta.k} - \omega_{\delta.ac}}{\omega_{\delta.ac} - \omega_i}$$

теңдеулеріне қойып анықталады. Сонымен, қарастырылып отырған іске қосу диаграммасы бойынша ТТҚ автоматты түрде іске қосуды белгілі тетіктің көмегімен жылдамдыққа, ТТҚ-нің тоғына немесе ауыспалы процестің уақытына бақылау жасай отырып, іске асыруға болады. Бірінші жағдайда жылдамдық принципі бойынша, екіншісінде - тоқ принципі бойынша, ал үшінші жағдайда - уақыт принципі бойынша құрылған сүбе дейді.

Соңғы немесе жолдың ажыратқыштардың көмегімен ТТЖ-нің білігінің бұрылу бұрышына бақылау жүргізілгендей, кейбір басқару сүбелері жол принципі бойынша құрылады.

Көрсетілген принциптердің барлығы басқару сүбесіне сол кездегі жылдамдық, тоқ және уақыт туралы хабарлар келіп түсетін белгілі бір датчиктердің тетік көмегімен іске асады. Енді ТТҚ басқару сүбесінде қолданылатын негізгі датчиктердің түрлерін қарастырайық.

УАҚЫТ ДАТЧИГИ. Уақыт датчигінің ең көп тараған түрі уақыт релесі. Жұмыс істеу принципі бойынша уақыт релесі механикалық, электрлі магнитті, электронды, электрлі механикалық және т.с.с. болып бөлінеді. Механикалық уақыт релелері әдетте контакторлардың қозғалғыш бөлігіне немесе магнитті қосқыштарға орналастырылады және де іске қосылғаннан кейін уақыт өткізіп барып қосылады. Олардың уақыт ұстамдылығы 0,1-тен 5 с-қа дейін.

Электрлі магниттік реледе, реленің катушкасы ажыратылған кезде немесе оны қысқа тұйықтағанда магниттік өткізгіштегі ағын жай азаяды, осының арқасында реленің якорі белгілі бір уақыт бойы тартылған күйі қалады да уақыт ұстамдылығы пайда болады. Ағынның азаю құбылысы жай жүру үшін реленің өзегіне мыс гильза кигізіледі. Электрлі магнит релесінің уақыт ұстамдылығы релені ажыратқан кезде ғана болады, ал оның қосылуы шапшаң өтеді. Оның уақыт ұстамдылығы 0,1 секундта 5-6-сқа дейін және одан да жоғары болады.

Электронды лампа немесе транзисторлардың басқару тізбегіне қосылған конденсаторлардың зарядталу және зарядсыздану процестері арқасында электронды және жартылай өткізгішті уақыт релелері 1 минутқа дейін уақыт ұстамдылығымен қамтамасыз етіледі.

Бұндай уақыт релелерінің шығысында контактсыз басқару схемасында қолданылатын кәдімгі электрлі магниттік реле қойылған.

Электрлі механикалық уақыт релесі үлкен ток бере алатын қатысы бар төменгі жылдамдықты қозғалтқыш пен редуктордан тұрады. Осының арқасында реленің контакталық жүйесі орналасқан шығыс білігінің жылдамдығы өте аз болады да контакталардың қосылуы /ажыратылуы/ қозғалтқышқа кернеу берілгеннен кейін біраз уақыттан соң болады. Бұл уақыттағы реленің уақыт ұстамдылығы 1 мин. жоғары болады.

ЖЫЛДАМДЫҚ ДАТЧИКТЕРІ. Жылдамдық датчиктері ретінде тахогенераторлар кең қолдану тапқан. Тахогенераторлар көбіне тұйық жүйелерде қолданылады. Жайылмалы жүйелерде іске қосу реверс және тежеуді басқарғанда датчиктің орнына көбіне ТТҚ-нің өзі қолданылады, өйткені якорьде пайда болатын ЭҚК ТТҚ-нің жылдамдығына пропорционал. Бұл жағдайда схема ЭҚК принципімен құрылған деп атайды.

Кейбір схемаларда жылдамдық датчигі ретінде жылдамдықты бақылау релесі деп аталатын арнайы электрлі механикалық реле қолданылады.

ТОҚ ДАТЧИКТЕРІ. Якорь тізбегіне жалғанатын шунт ТТҚ-ның қарапайым ток датчигі болып табылады. Кейде шунттың орнына ТТҚ-нің қосымша полюстерінің орамдары қолданылады. Ток датчигінің бір түрі орамы тікелей ТТҚ-нің якорының тізбегіне қосылатын арнайы ток релесі болып табылады. Жеке алдын-ала қойылған белгілі бір токқа іске қосылады.

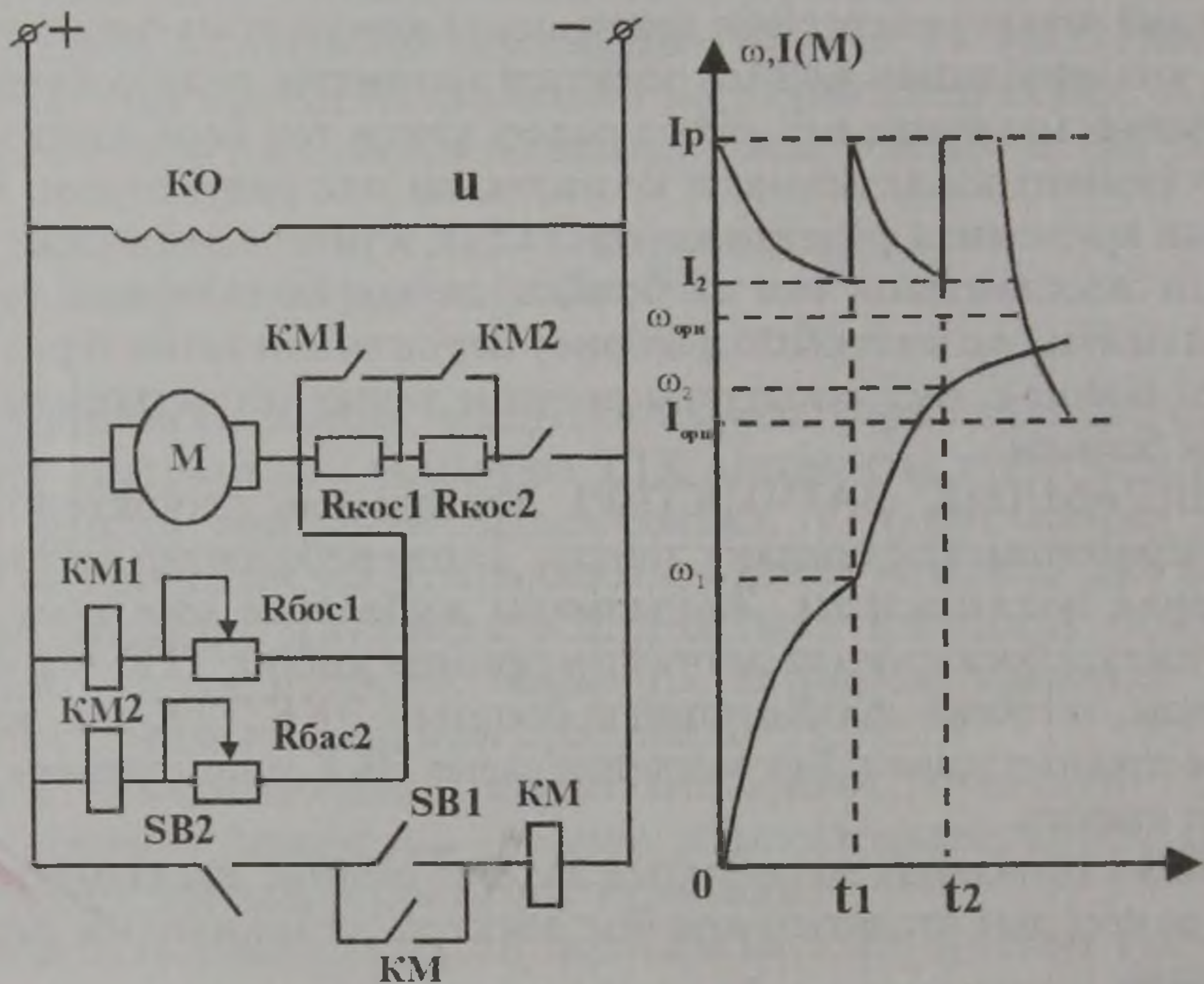
ЖОЛ ДАТЧИКТЕРІ. Жол датчиктері ретінде жолсерік және соңғы ажыратқыштар қолданылады.

а/. ТТҚ-НІҢ ІСКЕ ҚОСЫЛУЫН БАСҚАРУ

Іске қосуды басқару үшін көбіне уақыт функциясы басқаруын кейде — ток және ЭҚК функцияларын қолданады.

7-13, а суретінде қозғалтқышты автоматты түрде уақыт функциясымен бір сатылы іске қосу сүбесі келтірілген. Басқару сүбесі басқару кнопкасынан SB1 /іске қосу/ және SB2 /ТТҚ-ін тоқтатын/.

ТТҚ-ін желіге қосатын сызықтық контактор КМ1 және іске қосу резисторын ажырататын үдеу контакторларынан КМ2 тұрады. Уақыт датчигі ретінде сүбеде электрлі магниттік реле КТ қолданылған.



7-14 сурет. Ток функциясы бойынша Т қозғалтқышты іске қосу сүбесі.

Сүбені іске қосқанда сүбенің жұмысы мына тәртіпте жүреді. Сүбеге кернеу берген кезде ТТҚ-да қозу пайда болады да реле КТ жұмыс істейді, ол КМ2 контактор желісіндегі ажыратқыш контактысын ажыратады. Сүбе іске дайын.

ВІ кнопкасын басып ТТҚ іске қосамыз, осының арқасында контактор КМ1 қорек алады. Қосылғаннан кейін, ол өзінің негізгі контактысымен ТТҚ-ін желінің кернеуін қосады.

Қозғалтқыш якорь тізбегіндегі R_c резисторымен айнала бастайды. Бұнымен қатар бір уақытты КМ1 контакторының қосымша қосқыш контактысы ВІ кнопкасын шунттайды, содан кейін оны қоя беруге болады, ал қосымша ажыратқыш контакт КМ1 уақыт релесінің КТ қоректену желісін ажыратады. Уақыт релесі қорегін жоғалтқаннан кейін ТТҚ-ын реостаттық сипаттамасында жұмыс істейтін уақытына сәйкес уақыт ұстамдылығын $\Delta t_{у.р.}$ санай бастайды.

$\Delta t_{у.р.}$ уақыт аралығынан кейін ажыратқыш контакт КТ, КМ2 контакторының тізбегін жалғайды, ал ол өзінің негізгі контактысымен якорь тізбегіндегі R_б қосқыш резисторын тұйықтайды. Қозғалтқыш өзінің жылдамдығын бірқалыпты режимнің нүктесіне дейін жағастыратын табиғи сипаттамасына шығады.

7-13 б суретте якорь орамындағы электрлі магниттік инерциясы есепке алынбағандығы ТТЖ-ін қосылған кездегі жылдамдықтың тоқтың және моменттің өзгеру графигі келтірілген. Ауыспалы процестің

екі бөлімшесі бар; біріншісі бөлімше ТТҚ-ің реостаттық сипаттамасына, ал екіншісі – табиғи сипаттамасына сәйкес келеді. Уақыт өтуіне қарай жылдамдықтың, тоқтың және моменттің өзгеруі экспонент бойынша өтеді және мына формулаларға сәйкес келеді

$$\omega = (\omega_{\text{бас1}} - \omega_{\text{бірқ}}) e^{-\frac{t}{T_M}} + \omega_{\text{бірқ}} \quad \text{және}$$

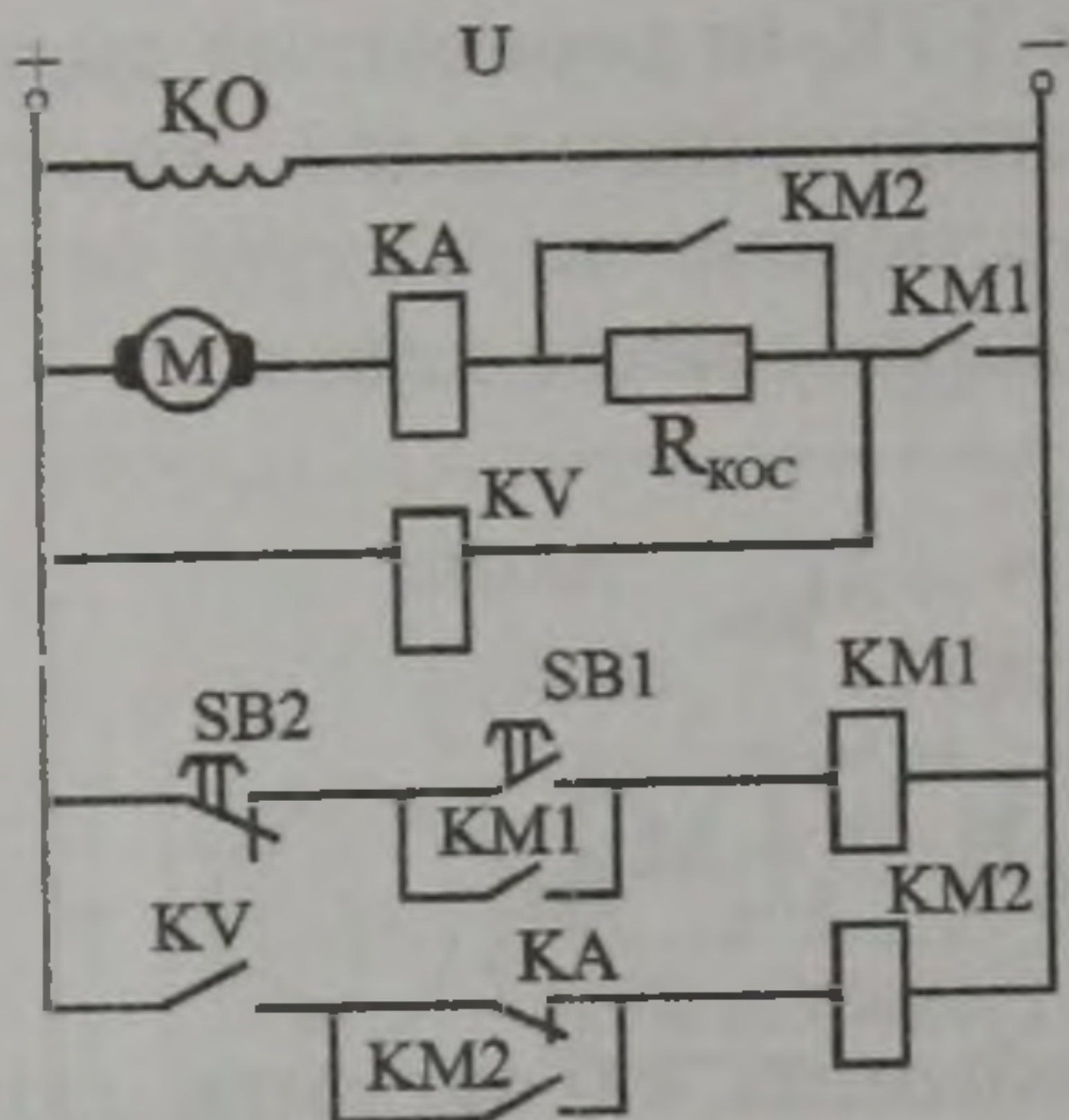
$$M = (M_{\text{бас1}} - M_{\text{бірқ}}) e^{-\frac{t}{T_M}} + M_{\text{бірқ}}$$

7-14 а суретінде ЭҚК принципі бойынша, екі сатымен іске қосылатын ТТҚ-ін сүбесі келтірілген. Бұл сүбеде үдеу контакторларының катушкасы KM_1 және KM_2 тікелей ТТҚ-ін якоріне қосылған басқару резисторларының $R_{\text{бас1}}$ және $R_{\text{бас2}}$ көмегімен белгілі бір жылдамдықта жұмыс істеуге келтірілген.

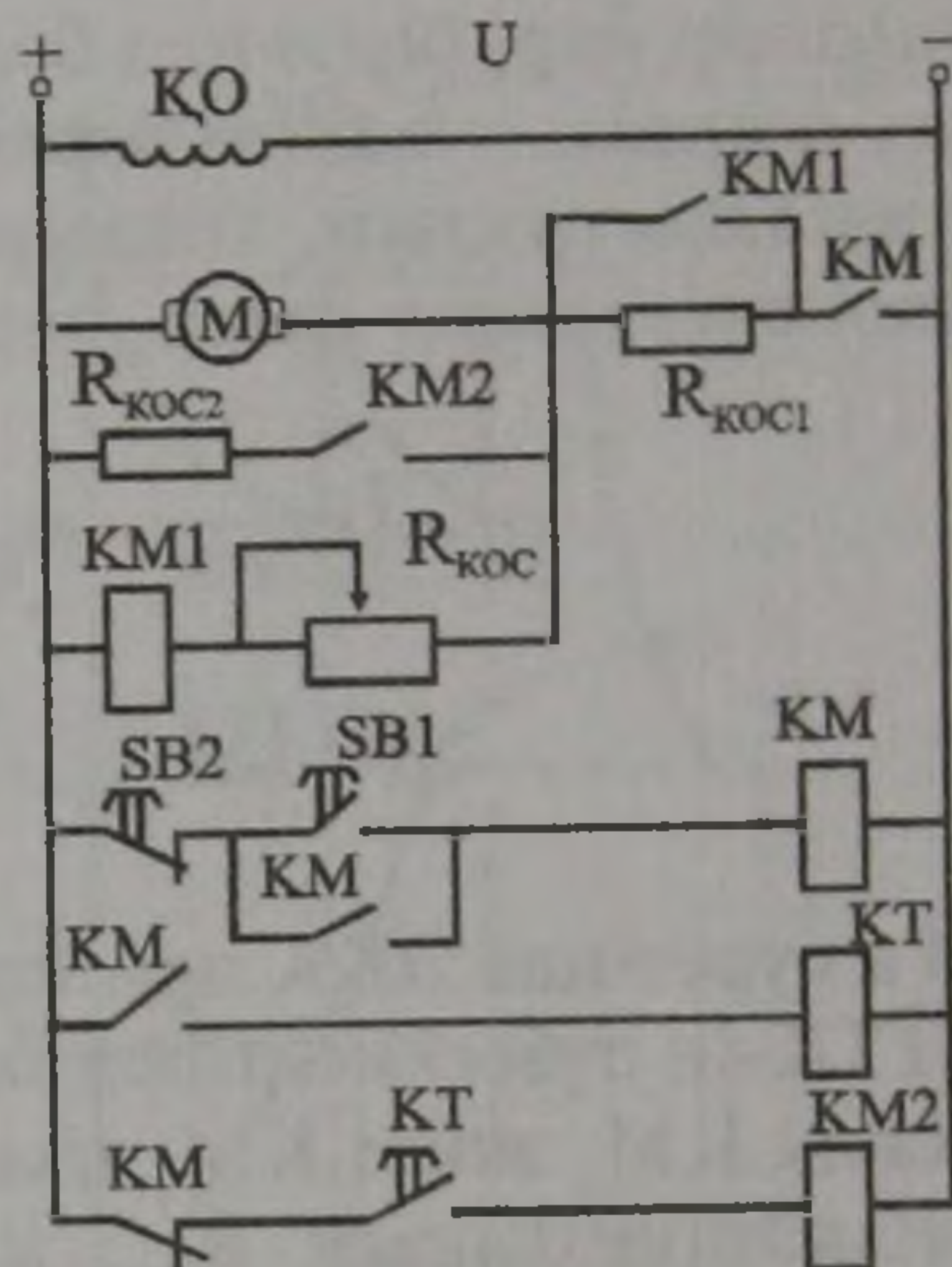
Қозғалтқышты іске қосу үшін В1 кнопкасын басамыз, сол кезде сызықтық контактор КМ қосылады да ТТҚ-ң желісіне қосады. Қозғалтқыш якорь тізбегіндегі екі резистормен $R_{B1} + R_{B2}$ жылдамдық ала бастайды. ЭҚК –і өседі, осыған сәйкес KM_1 және KM_2 контакторларының катушкаларындағы кернеу өседі. Жылдамдық ω -ге жеткен кезде КМ1 контакторы қосылады, ол өзінің контактысымен іске қосу резисторының R_{B1} бірінші сатысын тұйықтайды. Жылдамдық ω_2 -ге жеткен кезде KM_2 контакторы қосылады да, ол өзінің контактысымен іске қосу резисторының R_{B2} екінші сатысын тұйықтайды. Қозғалтқыш табиғи сипаттамасына шығады да бірқалыпты режимнің нүктесінде өзінің жылдамдық алуын сақтайды.

7-12 суретіндегі ТТҚ-ын статикалық сипаттамасына сәйкес келетін іске қосқан кездегі ауыспалы құбылыстардың қисықтары 7-14 б суретінде көрсетілген. t_1 уақыты КМ1 контакторының және t_2 -КМ2 контакторының жұмысқа қосылу уақыттарына сәйкес келеді.

7-15 суретте ток функциясы бойынша қозғалтқышты бір сатылы іске қосу сүбесі келтірілген. Ток принципін іске асыру үшін сүбеде катушкасы ТТҚ-ын якорь тізбегіне, ал ажыратқыш контактысы - үдеу контакторының КМ2 қоректену желісіне қосылған ток релесі КА қолданылады.



7-15 сурет. Қозғалтқышты уақыт принципі бойынша динамикалық тежеу.



7-16 сурет. ЭҚК принципі бойынша қозғалтқышты іске қосу және тежеу сүбесі.

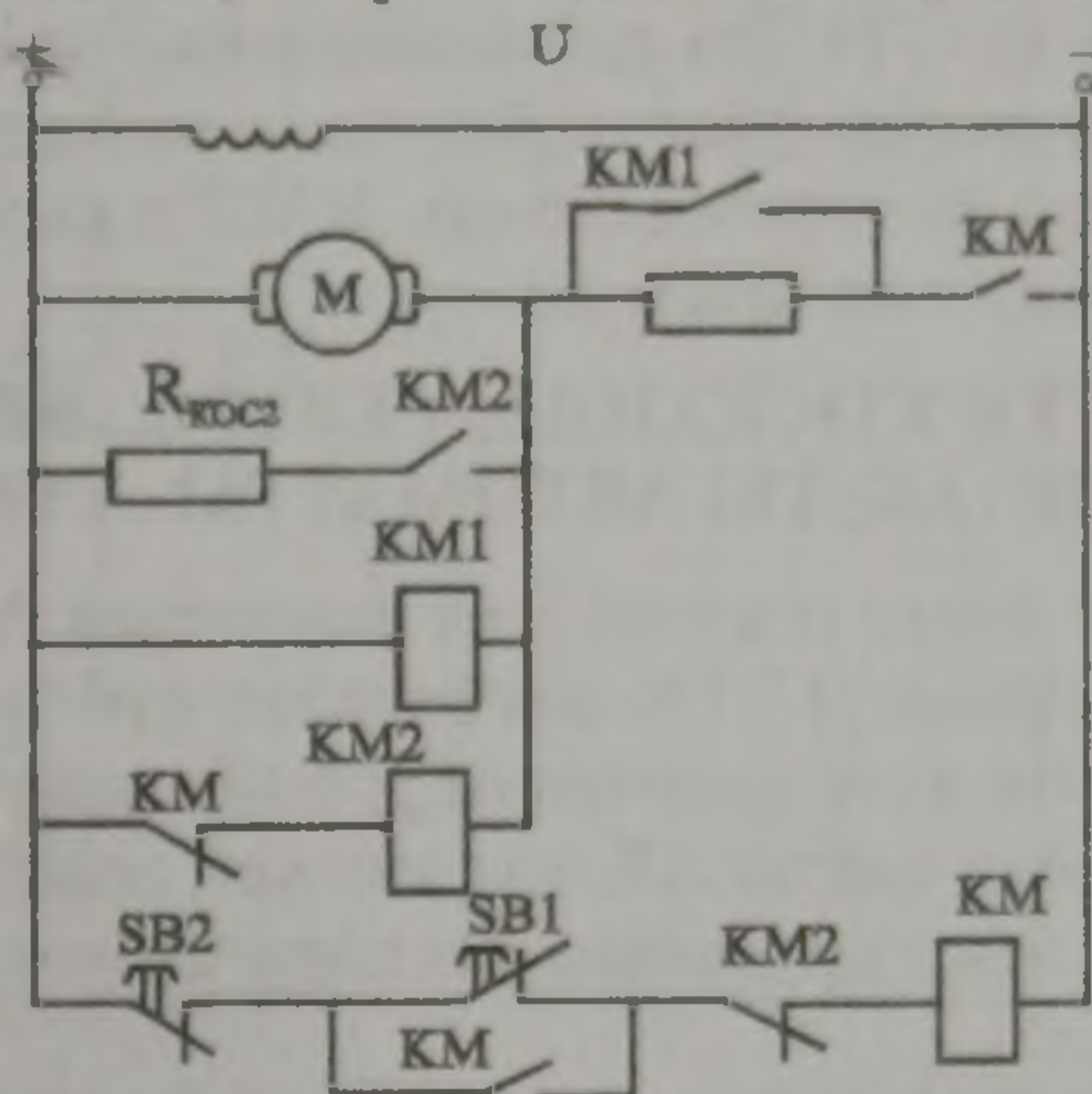
Ток релесінің босату тоғы I_2 тоғына сәйкес келетіндей етіп келтіріледі. Өзінің қосылу уақыты КА релесінің қосылу уақытына артық болатындай етіп алынған қосымша блокировка релесі КУ қолданылады. Іске қосқанда сүбенің жұмысы былай болады. ВІ кнопокасын басып КМІ контакторын іске қосамыз ТТҚ-і желіге қосылады да, жылдамдық ала бастайды. КМІ контакторының негізгі контактысы қосылғаннан кейінгі якорь тізбегіндегі ток, өзінің КМ2 контактор тізбегіндегі ажыратқыш контактысын ажырататын ток релесінің КА қосылуын қамтамасыз етеді. Осыдан кейін қандай да бір уақыт аралығында қv қосылады да КМ2 контактор тізбегіндегі қосқыш контакторын қосып оны қосуға әзірлейді.

ТТҚ-нің жылдамдық алуына қарай якорьдің тоғы I_2 шамасына дейін төмендейді. Бұл кезде ток релесі ажырытылады да КМ2 контактор тізбегіндегі ажыратқыш контактысын қосады. КМ2 қосылып, оның негізгі контактысы якорь тізбегіндегі іске қосу резисторын тұйықтайды, ал қосымша контактысы ток релесінің КА контактысын тұйықтайды. Сондықтан R_B -ны тұйықтағаннан кейінгі ток релесінің КА екінші рет қосылуы КА контакторын ажырата алмайды, ТТҚ-ы өзінің табиғи сипаттамасы бойынша жылдамдығын ала береді.

б/. ТТҚ-ын реверс пен тежеу арқылы басқару.

Қозғалтқышты іске қосу және уақыт принципі бойынша динамикалық тежеу сүбесі 7-16 суретте келтірілген. Тежеуді іске асыру үшін сүбеде, қосылуымен ажыратылуы тежеу контакторы КМ2 бойынша жүретін динамикалық тежеу резисторы R_{KOC2} келтірілген. Уақыт

принципін іске асыру үшін ажыратқыш контактысы тежеу контакторының КМ2 тізбегіне қосылған электрлі магниттік уақыт релесі КТ қолданылады. Сүбеге кернеу бергеннен кейін ТТҚ-ың қозуы жүреді, ал сүбе аппараттары 7-16 суретте көрсетілгендей бастапқы қалыпта қалады. ТТҚ-н іске қосылуы бір сатымен ЭҚК принципі бойынша жүргізіледі және осы үшін сүбеде үдеу контакторы КМ1 және іске қосу резисторы $R_{қос1}$ қолданылады. Сүбенің іске қосқандағы жұмыс істеу тәртібі 7-14, а сүбесіндегімен бірдей.



7-17 сурет. Магнитті іске қосқыш.

Алдымен, іске қосқаннан кейінгі аппараттардың жағдайын көрсетіп, тежеген кездегі сүбенің жұмысын қарастырайық. Сызықтық реленің КМ жұмыс істеуі ТТҚ-ын қосылуымен SB1 кнопкасының тұйықталуынан басқа уақыт релесінің КТ тізбегінің қосылуына және тежеу контакторы КМ2 тізбегінің ажырауына әкеп тіреледі. КМ2 контактор тізбегіндегі КТ реле контакторының тұйықталуы, оның іске қосылуына дайындық жүргізеді. Тежеу үшін SB2 кнопкасы басылады, КМ контакторы қорегінен айырылады да ТТҚ-ін желіден ажыратады. КМ-нің тежеу контакторы КМ2 тізбегіндегі ажыратқыш контактысы тұйықтап КМ2-ні іске қосады, соңғысы өзінің негізгі контактысымен $R_{қос2}$ резисторын ТТҚ-на қоса отырып, оны динамикалық тежеу режиміне келтіреді. Мұнымен қатар бір мерзімде уақыт реле тізбегіндегі КМ контакторының тұйықтағыш контактысы ажыратылады да, ол қорегін жоғалтып уақыт санай бастайды. ТТҚ-ын жылдамдығының нөлге дейін төмендеуіне сәйкес келетін уақыт аралығынан кейін уақыт релесі КТ ажыратылып, өзінің контактысымен КМ2 контакторының қоректену тізбегін үзеді. $R_{қос2}$ резисторы ТТҚ-ың якорынан ажыратылады да сүбе өзінің бастапқы қалпына келеді.

ЭҚК принципі бойынша іске қосу және динамикалық тежеудің басқару сүбесі 7-17 суретте келтірілген, мұнда тежеу контакторының

КМ2 катушкасы ТТҚ-ын якорьлік КМ контакторының ажыратқыш контактысы арқылы жалғанған.

ТТҚ іске қосу бір сатымен ЭҚК принципі бойынша жүреді. ІІ-ны іске қосқанда және жұмыс істеген кезде тежеу контакторы КМ2 КМ ажыратқыш контактысының көмегімен ажыратылады.

Тежеу SB2 кнопкасын басу арқылы жүзеге асады. КМ контакторы қорегін жоғалтып, ТТҚ-ң желіден ажыратады да өзінің ажыратқыш контактысымен КМ2 контакторының қоректену тізбегін тұйықтайды. КМ2 қосылады да ТТҚ-на динамикалық тежеу $R_{қос2}$ резисторын қосады. Динамикалық тежеу құбылысы төменгі жылдамдықтағы ТТҚ-н ЭҚК кернеуден төмендегенде КМ2 ажыратылады да сүбе бастапқы қалпына қайтып оралады.

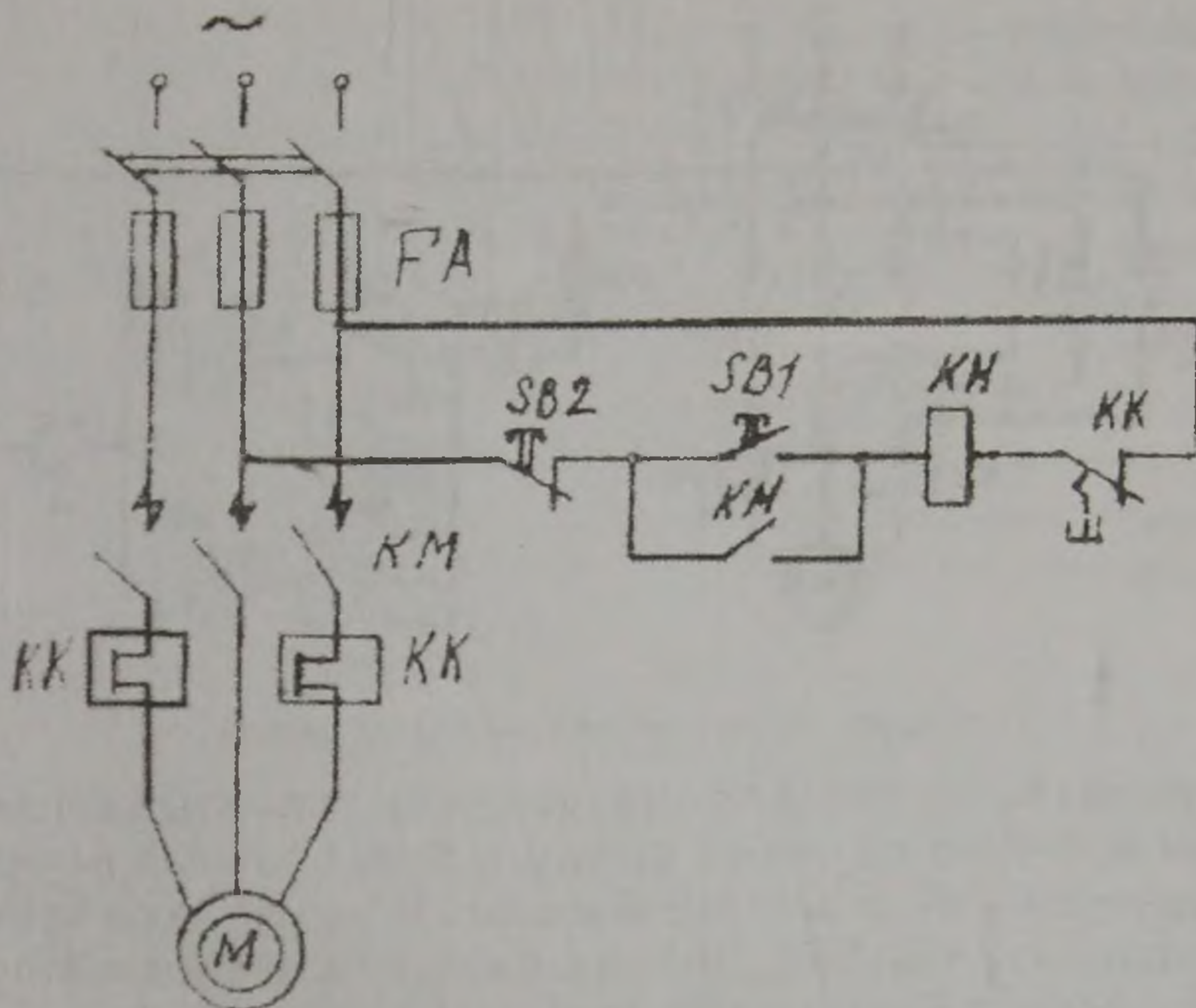
7.8. ІСКЕ ҚОСҚАНДА, РЕВЕРС ЖӘНЕ ТЕЖЕГЕН КЕЗДЕ АҚ-ТЫ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ БАСҚАРУ

Іске қосу, реверс және тежеуді іске асыратын А.Қ-та релелі контакторлық басқару сүбелері ТТҚ-ын басқару сүбелері сияқты уақыт, жылдамдық, тоқ және жол принциптері бойынша құрылады. Бұған қоса кіші және орташа қатты АҚ-ны тікелей желі көзіне қосуға болады, бұл жағдайда өте қарапайым басқару сүбесін қолдануға болады.

а/. Қысқа тұйықталған роторлы А.Қ-ын басқару сүбесі

А.Қ-тың мұндай түрін басқару статор тізбегі арқылы жүргізіледі, өйткені АҚ-тың құрылысына сәйкес ротор тізбегіне жету мүмкін емес. Қысқа тұйықталған роторлы АҚ-тың басқару сүбесі өте қарапайым және электржетегінің жұмыстарын автоматтандыруда жеңіл операциялармен қамтамасыз етеді.

7-18 суретінде магниттік іске қосқышты пайдаланған басқару сүбесі келтірілген. Бұл сүбе ажыратқыштан QF екі басқару кнопкасынан

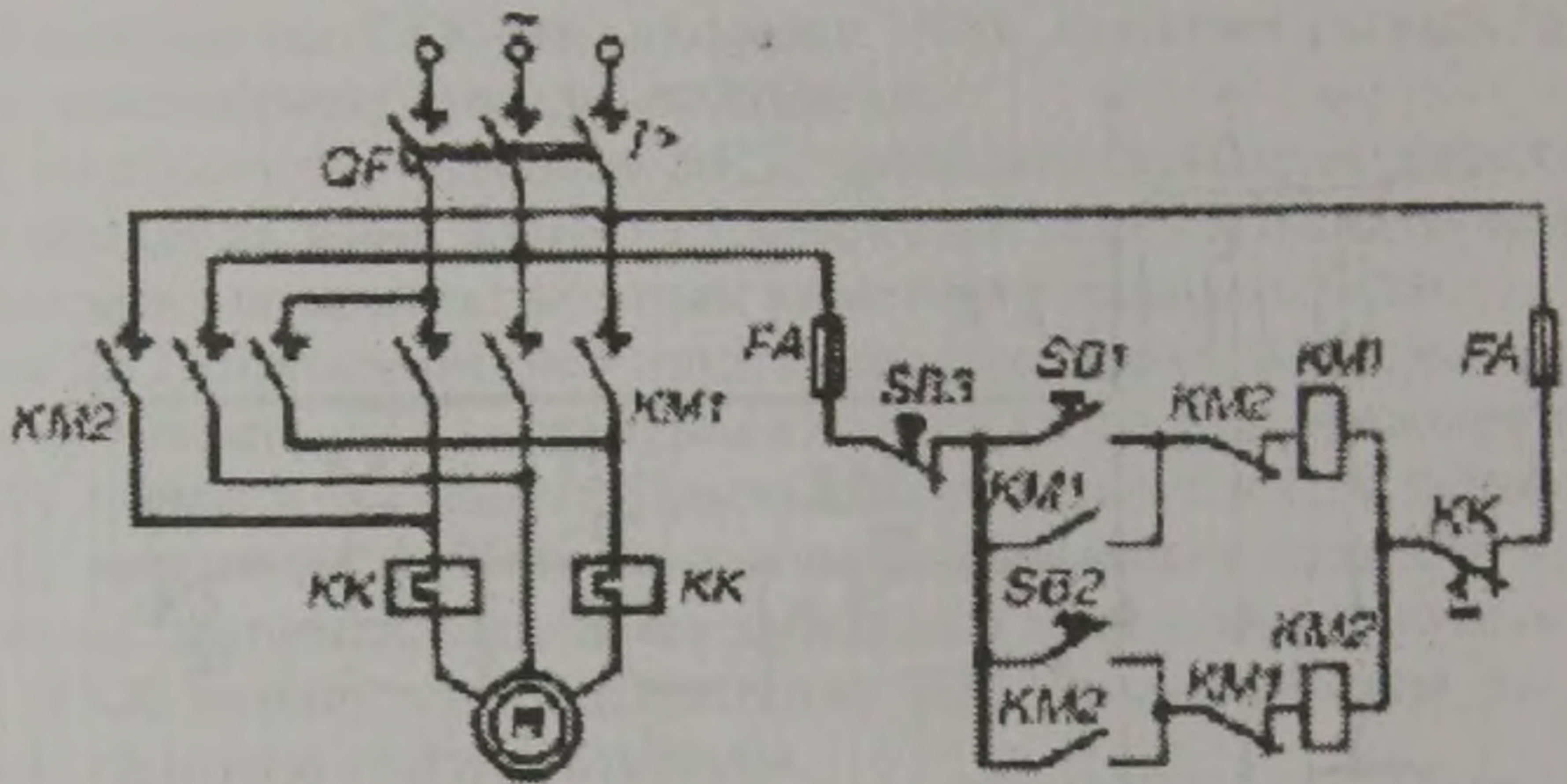


7-18 сурет. Магнитті іске қосқыш.

- іске қосу SB1 мен тоқтату SB2 және қорғағыштан FA контактордан КС және оған қосылып жасалған екі қорғаныс жылулық релесінен КК тұрады. Сүбе А.Қ-ты іске қосуда желіден ажыратуды және де қысқа тұйықталу қорғағыштар мен жүктеме мөлшерден тыс көбейгендігі жылулық реле КК қорғанысты тікелей қамтамасыз етеді.

Сүбенің жұмысы мынадай тәртіппен жүреді. АҚ-ны іске қосу үшін ажыратқышты QF тұйықтап, SB1 кнопкасын басамыз. Осы кезде контактор КМ қорек алады да өзінің А.Қ-тың статор тізбегінде орналасқан негізгі күштік контакторларымен оны желімен жалғайды, ал қосымша контактысымен SB1 кнопкасын шунттайды. АҚ табиғи сипаттамасы бойынша жылдамдық алады. АҚ тоқтату үшін SB2 кнопкасын басамыз, КМ контакторы қорегін жоғалтады да АҚ-ты желіден ажыратады. Біліктегі жүктеме моментінің әсерінен АҚ-тың тежелу құбылысы басталады.

7-19 суретте АҚ-ның реверстік басқару сүбесі көрсетілген.



7-19 сурет. Магнитті реверсивті іске қосқыш.

Бұл сүбенің басты элементі, құрамында екі сызықтық контакторы КМ I мен КМ 2 екі қорғаныс жылулық релесі КК бар реверсивтік магниттік іске қосқыш болып табылады. Бұнымен қоса сүбеде үш басқару кнопкасы SB1, SB2, SB3 автоматтық ажыратқыш және қорғағыш бар. Сүбе АҚ-ты тікелей іске қосу мен реверсивті және де қолмен басқарылатын қарсы-қосу арқылы тежеуді қамтамасыз етеді.

Қорғаныс элементтері АҚ-ты мөлшерден тыс жүктеме КК реле мен статор тізбегіндегі және басқару сүбесіндегі қысқа тұйықталудан /автоматтық ажыратқыш/ қорғауды қамтамасыз етеді. Бұдан басқа, басқару сүбесі желідегі кернеудің жоғалуына қарсы нөлдік қорғаныспен қамтамасыз етеді.

Қажетті бағытқа “Алға” немесе “Артқа”/ қозғалтқышты іске қосу үшін осыған сәйкес SB1 немесе SB2 кнопкаларының бірін басамыз. Осы кезде КМ1 немесе КМ2 контакторлары жұмыс істейді де, қозғалтқыш желімен жалғанады. /QF аппараты қосылуы/. АҚ-та реверс жасау үшін алдымен SB3 кнопкасын басамыз, бұл осы уақытқа дейін қосылулы болған контактордың /мысалы КМ1/ ажырауына жағдай жасайды, содан кейін SB2 кнопкасы басылады. Бұл КМ2 контакторының қосылуына және АҚ-тың желі кернеуінің желісінің басқа тәртіппен берілуіне әкеп соқтырады. АҚ-тың магнит ағыны өзінің айналу бағытын өзгертеді де екі этаптан тұратын - қарсы-қосып тежеу мен қарама-қарсы жаққа жылдамдық алатын реверс процесі басталады.

Егер нөлдік жылдамдыққа жеткен кезде АҚ-ның тоқтатылуы қажет болса, SB3 кнопкасын басу керек, бұл АҚ-нің желіден ажырауына және сүбенің бастапқы қалпына келуіне әкеледі.

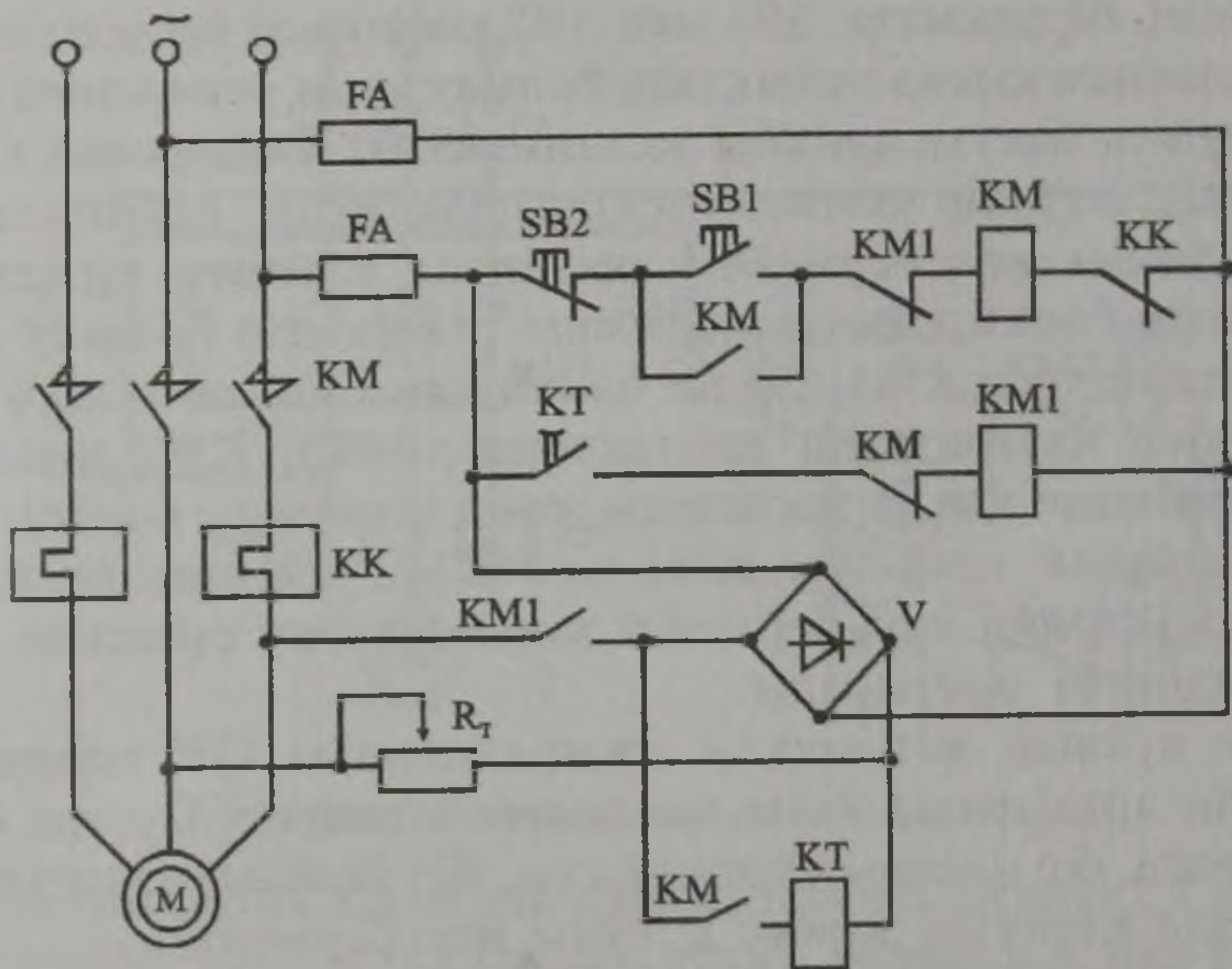
Қателесіп, біруақытта SB1 мен SB2 кнопкасы басылған жағдайда статор желісінде қысқа тұйықталу болмау үшін реверсивті магниттік іске қосқышта әдетте арнайы механикалық блокировка қойылады. Блокировка, егер бір контактор қосылуы болса, екінші контактордың қосылуына жол бермейтін рычагтық жүйеден тұрады. Сүбеде механикалық блокировкаға қосымша реверсивті басқару сүбелерде қолданылатын типтік электрлік блокировка қолданылады. Ол КМ1 аппаратының ажыратқыш контакторларының КМ2 аппаратының катушка тізбегіне қысқа қосылады және керісінше болады. Контактторлардың бұлай қосылуы КМ1 мен КМ2 контакторларының бір уақытта қосылуына жол бермейді және басқару сүбесінің жұмысының сенімділігін арттырады.

Сүбеде ауалық автоматты ажыратқышты QF қолдану оның сенімділігін арттырады және қолдануға қолайлы. Сүбеде осы ажыратқыш болса, бір фазасы үзілген кезде, бір фазалық қысқа тұйықталу болған кезде жетектің жұмыс істеуіне жол бермейді.

Уақыт принципі бойынша тікелей іске қосылу және динамикалық тежеумен қамтамасыз ететін АҚ-нің басқару сүбесі 7-20 суретте көрсетілген. Бұл сүбе КМ сызықтық контакторы мен КМ1 тежеу контакторынан, электромагниттік уақыт релесі КТ, реттеу резисторы R түзеткіш U мен басқару кнопкалары SB1.

SB2-ден тұрады. Қорғаныс элементтерінен FA қорғағыштары және жылулық реле КК бар.

Қозғалтқышты іске қосу SB1 кнопкасын басу арқылы жүргізіледі, содан кейін қозғалтқышты желімен жалғастырылатын КМ контакторы іске қосылады. Мұнымен бір мезгілде КТ релесінің тізбегіндегі КМ контактысының тұйықталу оның жұмысқа кірісуіне және КМ1 контакторы тізбегіндегі контактысының тұйықталуы оның жұмысқа кірісуіне және КМ1 контакторы тізбегіндегі контактысының тұйықталуына әкеп соғады. Бірақ КМ1 қосылмайды, өйткені мұның алдында осы тізбектегі ажыратқыш КМ контактысы ажыраған.

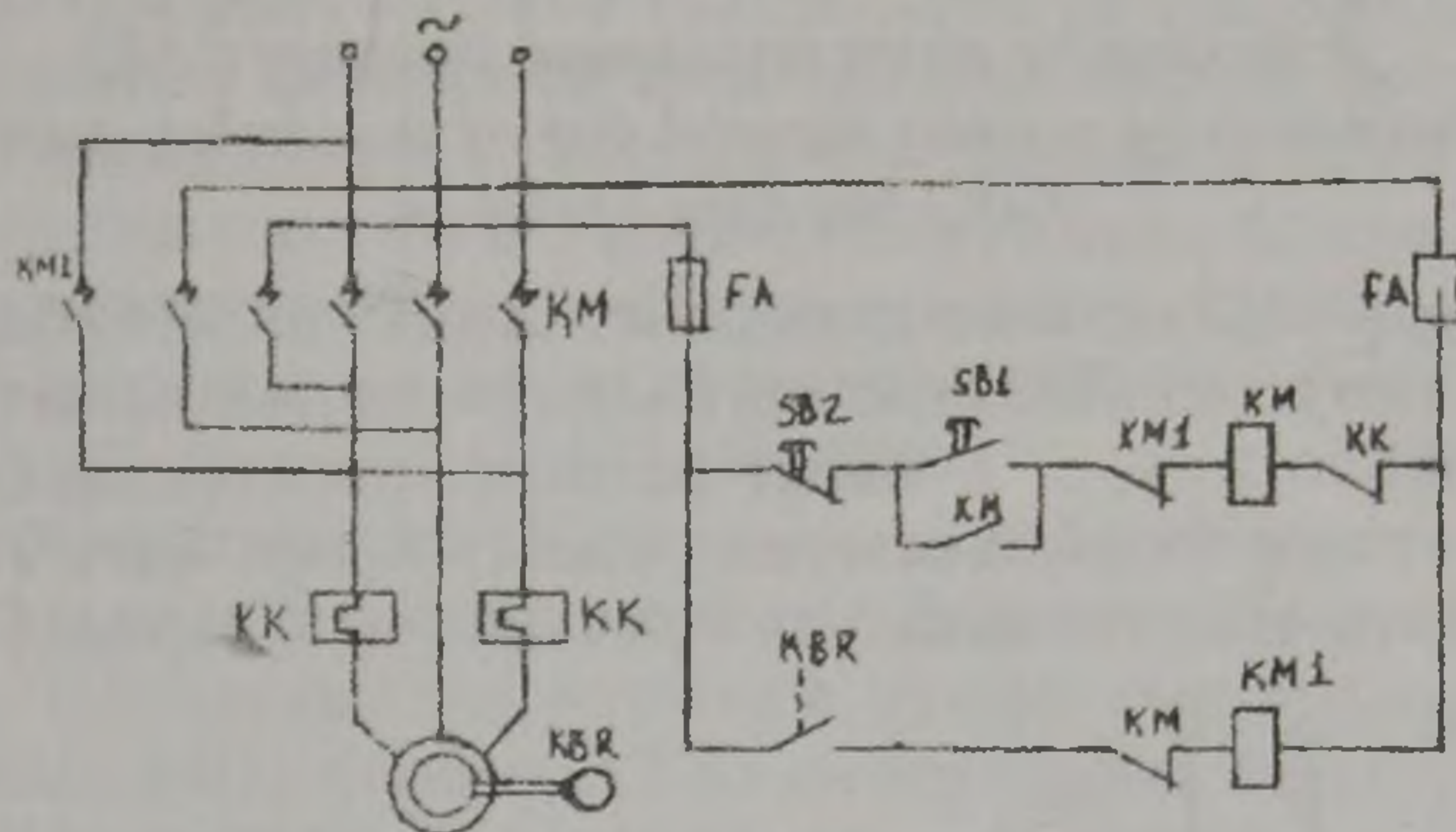


7-20 сурет. АҚ уақыт принципі бойынша іске қосу және динамикалық тежеу.

АҚ-ны тоқтату үшін SB3 кнопкасын басамыз. КМ контакторы ажырайды, ол өзінің АҚ-нің статор тізбегіндегі контактысын ажырата отырып, оны желіден ажыратады. Мұнымен бір мезгілде КМІ аппаратының тізбегіндегі КМ контактысы ажырайды. Бұл тежеу контакторының КМІ қосылуына, статор орамына тұрақты токтың берілуіне және қозғалтқышты динамикалық тежеу режиміне өтуіне әкеп соғады. КТ уақыт релесі, қорегін жоғалтып, уақыт ұстамдылығын бастайды. АҚ-ң тоқтауына сәйкес келетін, уақыт аралығынан кейін КТ тізбегіндегі өзінің контактысын ажыратады, ол ажырайды да статор тізбегіне берілетін тұрақты токты үзеді. Сүбе бастапқы қалпына қайтып оралады.

Динамикалық тежеудің қарқындылығы R резисторымен реттеледі. Осы резистордың R көмегімен А-ың статорындағы қажетті тұрақты ток қойылады. Статордың бір мезгілде тұрақты және айнымалы ток көздеріне қосылмауы үшін, сүбеде КМ және КМІ аппаратының катушка тізбегіне тұйықталып қосылған, осы аппараттардың контактыларының көмегімен жасалған типтік блокировка қолданылған.

Жылдамдық принципі бойынша іске қосатын және қарсы-қосып тежейтін АҚ-ың басқару сүбесі 7-21 суретте келтірілген.



7-21 сурет. АҚ жылдамдық принципі бойынша іске қосу және қарсы қосып тежеу.

Басқару сүбесінің құрамына сызықтық контактор КМ, тежеу контакторы КМІ, басқару кнопоклары SB1 мен SB2 қорғаныс жылу релесі КК және FA қорғағыштары кіреді.

Жылдамдық принципі жылдамдықты бақылау релесі КВР көмегімен жүзеге асады. Бұл реле АҚ-ың білігімен механикалық байланысқан электромеханикалық құрылыстан тұрады. Реленің жұмысы мынадай жағдаймен жүреді. АҚ тыныштықта болғанда және білігінің жылдамдығы төмен кездерде /10-15/ номиналдық КВ тұйықталу контактысы ажыратылады, ал жылдамдық үлкен болған кезде қосылуы.

АҚ-ны іске қосу үшін SB1 кнопкасын басамыз, бұл КМ контакторының қосылуына және АҚ-ың желіге қосылуына жағдай тудырады. Мұнымен бір мезгілде осы аппараттың ажыратқыш контактысы КМІ контакторының катушкасының тізбегін үзеді, сондықтан АҚ-ны іске қосқан кездегі КВР релесінің контактысының тұйықталуы КМІ-нің қосылуына жол бермейді.

АҚ-ны тоқтату үшін SB2 кнопкасын басамыз. КМ контакторы ажырайды, ол АҚ-іі статор тізбегіндегі өзінің контактысын ажыратады да КМІ контакторының қоректену тізбегіндегі ажыратқыш контактысын тұйықтайды. КМІ жұмыс істейді де АҚ-ны қарсы қосып тежеу режиміне көшіре отырып; оған фазаның берілу тәртібі басқаша кернеу береді. Жылдамдығы 10-15% номиналдық болған кезде, КВР релесі КМІ контакторының қоректену тізбегіндегі өзінің контактысын ажыратады да КМІ АҚ-ы желіден ажырайды. Қарсы-қосып тежеу құбылысы аяқталып, сүбе бастапқы қалпына оралады.

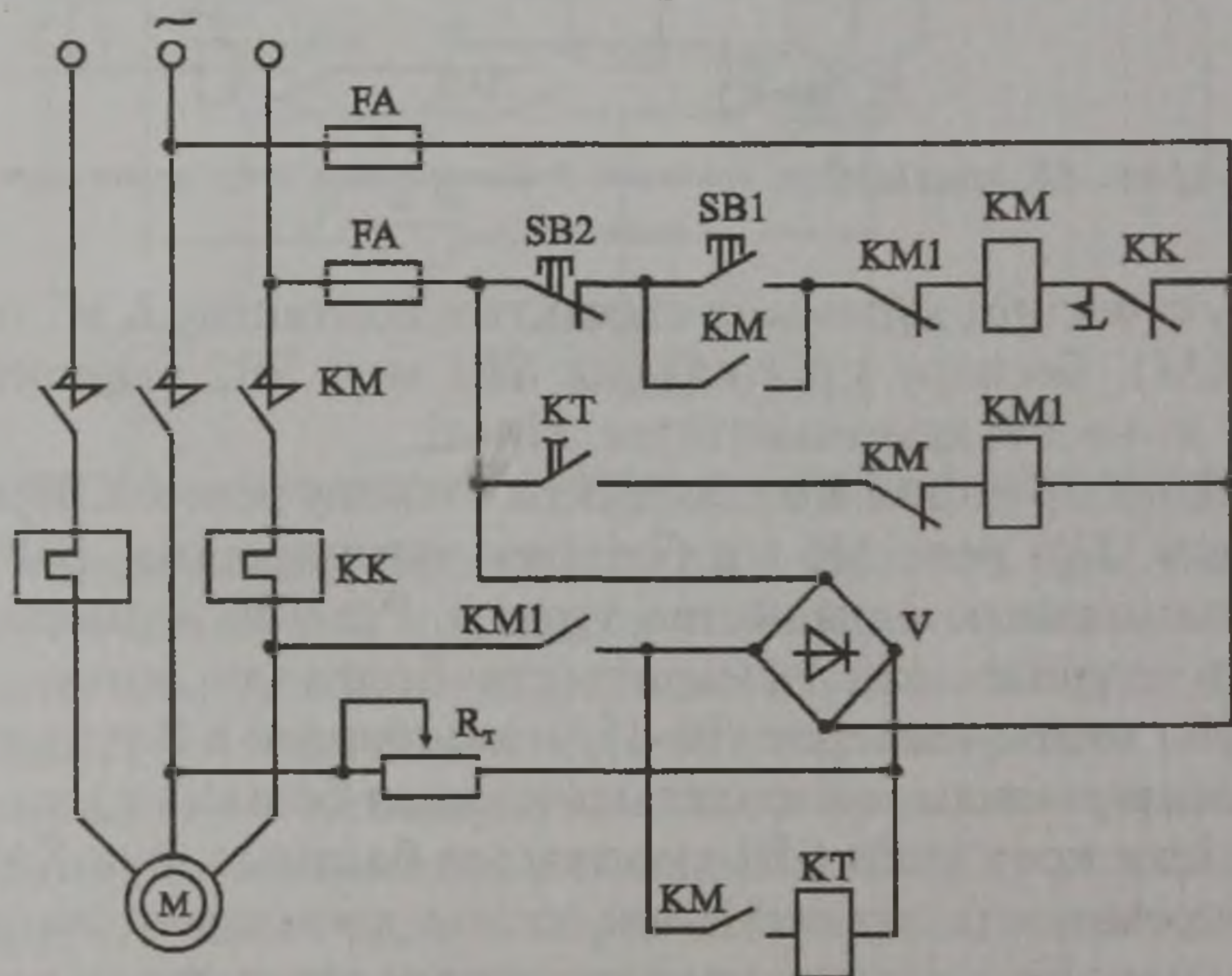
Электржетектерді автоматты басқару

Бұл тарауда практикада электржетекті басқарудың іс жүзінде жиі кездесетін схемасы келтірілген. Басқару электржетегі туралы мәлімет сіздерге өткен тақырыптардан таныс.

Асинхронды қозғалтқышты басқару (АҚ)

Электродинамикалық тежеу тетігі бар асинхронды қозғалтқышты (АҚ) басқару схемасы

Схема (сур. 7-22) құрамында магнитті жүргізуші КМ, басқару кнопоклары SB1 (жүргізу), SB2 (тоқтату) электродинамикалық тежеу контакторы КМ1, түзеткіш V, уақыт релесін қоректендіргіш КТ және статордағы тежеу тоғын шектеуші реостат R_T бар. Балқығыш қорғағыш F_A басқару тізбегін қысқаша тұйықталудан қорғайды.



7-22 сурет. АҚ электродинамикалық тежеумен басқару схемасы.

АҚ жүргізу SB1 (жүргізу) кнопкасын басу арқылы жүзеге асырылады. Контактор КМ АҚ статор тізбегін қосатын (түйістіргіш), сонымен қатар ол жүргізу кнопкасын бастап, КМ1 контакторын тізбектен ағытады және КТ релесінің катушкасын қосады. АҚ қосу тікелей жүргізу режимінде жүзеге асырылады.

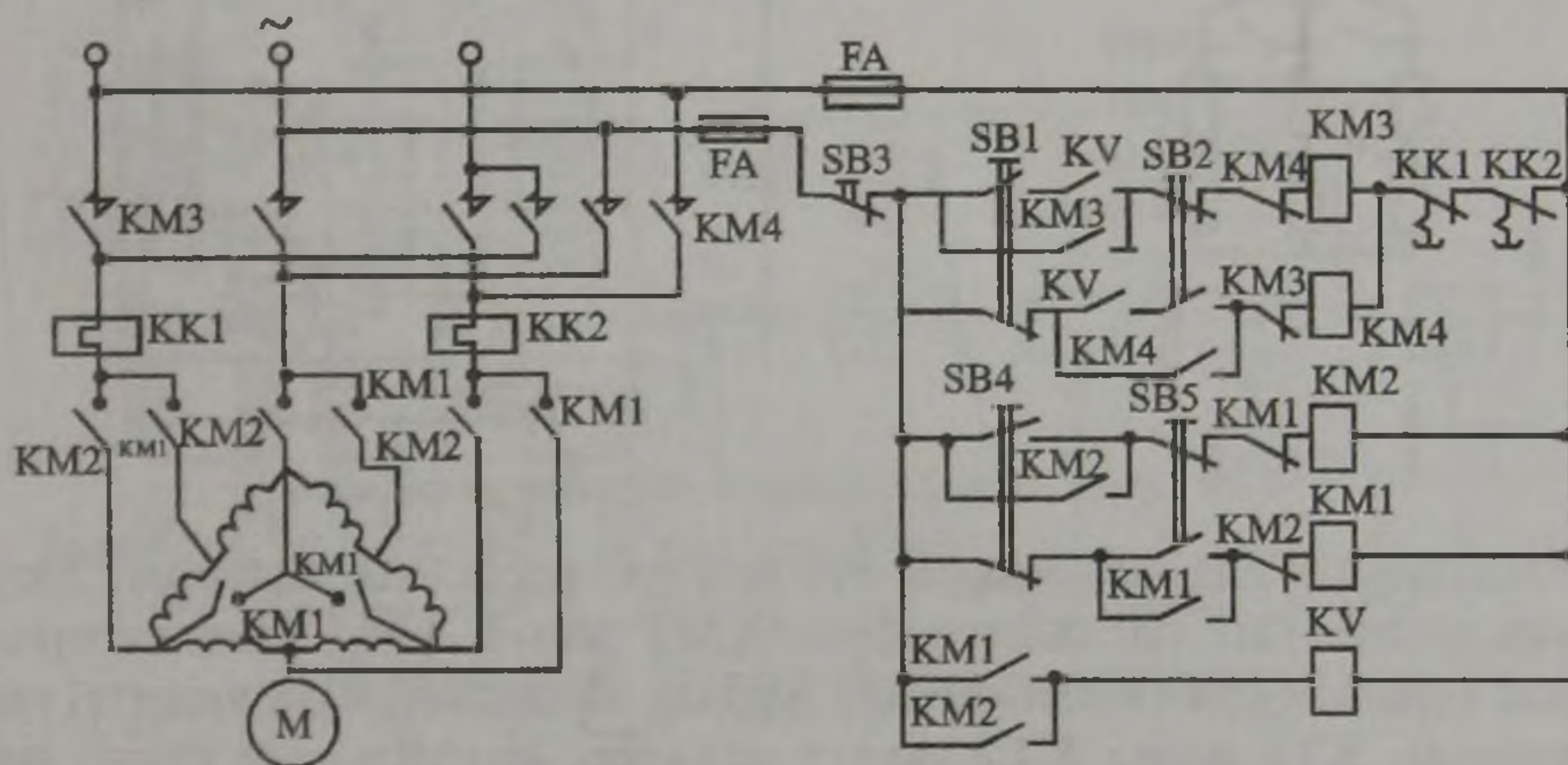
АҚ тоқтату үшін SB2 (тоқтату) кнопкасын басады. Бұл кезде магнитті жүргізуші ажыратылып, статор айнымалы ток желісінен ағытылады және КМ1 қосылып, түзеткіштен тұрақты кернеу АҚ статорына беріледі, R_T кедергісін өзгерту арқылы динамикалық тежеу тоғының шамасы өзгертіліп тежелу қарқынын реттейді. Тежелу уақытының ұзақтығы КТ уақыт релесімен анықталады. Қойылған уақыт өткенде КМ1 тізбегі ажыратылып, түзеткішке қосылған, статор орама ағытылады. Схема бастапқы күйіне қайта келеді.

Қосжылдамдықты басқару (АҚ)

Қосжылдамдықты АҚ басқару схемасы 7-23 суретте келтірілген. Схемаға полүсті ауыстырып қосқышты АҚ, КМ1-КМ4 контактор-

лар, блоктаушы реле PV, SB1 (ілгері), SB2 (кері), SB4, SB5, сол сияқты SB3 (тоқтат) қостізбекті кнопкалар кіреді. АҚ екі жылдамдықты статор орындалатын үшбұрыштан (контакты KM3) немесе екі жұлдызшаға (контакт ОМК) қосу арқылы алады. Схема АҚ жүргізуді және реверс жасауды, оның екі жылдамдықтағы жұмысын, АҚ үстеме жүктеп және өзінен-өзі жүріп кетуден қорғайды, қамтамасыз етеді.

АҚ "ілгері" немесе "кейін" жүргізбес бұрын төмен жылдамдық алу үшін екі жұлдызшаға (KM1 қосылады), қосу жүзеге асырылады. Бұл жағдайда катушка, тізбектегідегі KM3 және KM4 контакторларды қосып, қозғалтқышты жүргізуге рұқсат ететін блоктаушы реле KV қосылады. SB1, я болмаса SB2 кнопкаларын басып қозғалтқышты "ілгері" немесе "кейін" жүргізеді.



7-23 сурет. Қосжылдамдықты АҚ басқару схемасы.

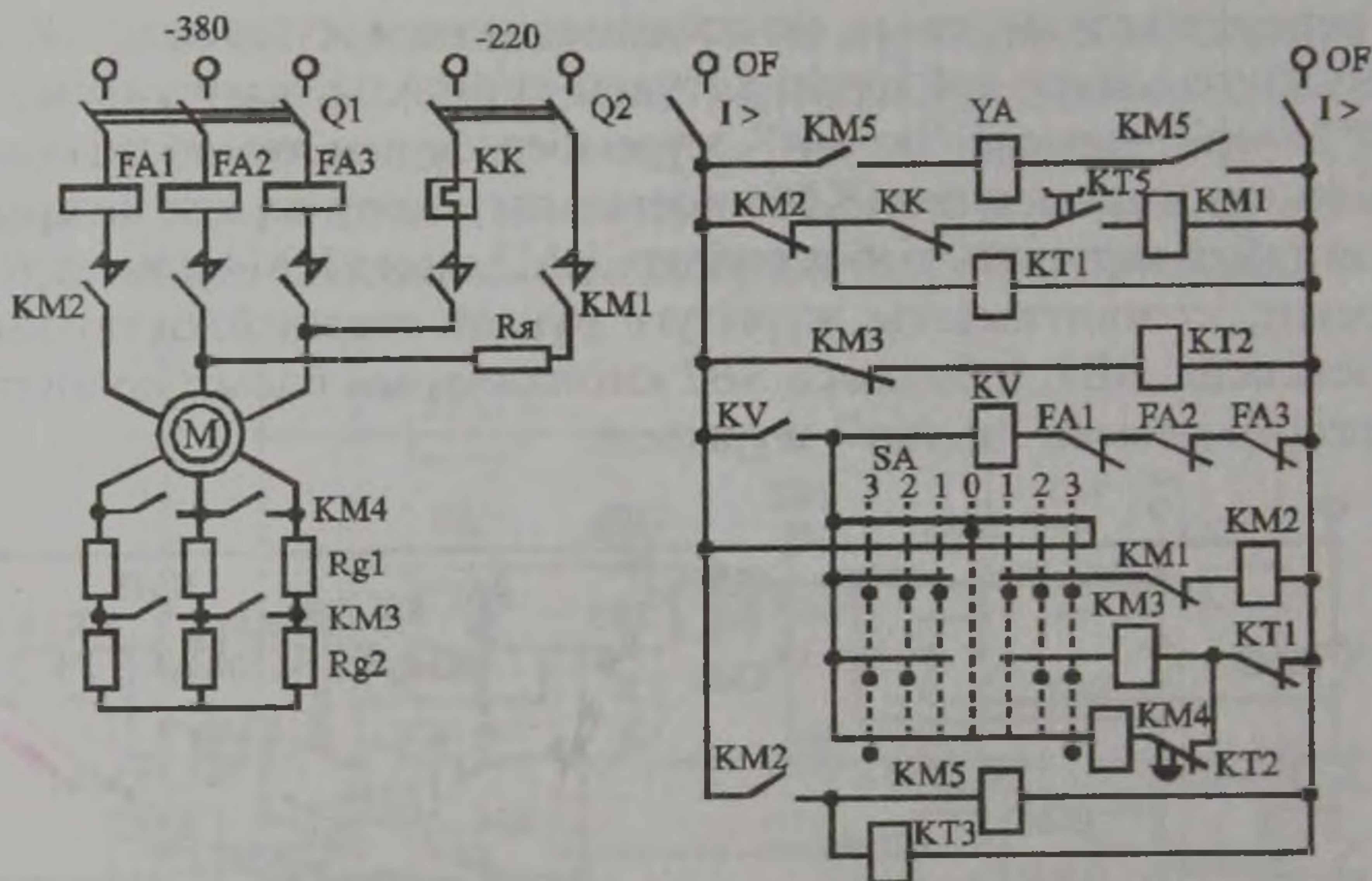
KM1-KM4 контакторлар бір мезгілде бәрі қосылып кетпеу үшін қостізбектегі кнопкаларды, сол сияқты қоректендіру тізбегіндегі контакторлар қарастырылған.

Фазалы роторлы (АҚ) басқару схемасы

Схемаға фазалы роторлы АҚ, ПДУ6220 сериялы басқару панелі, жүргізуші реттеуші реостат R_0 , Динамика тежегіш реостат $R_{дт}$, сол сияқты SA команда беруші аппарат (7-24 сурет) кіреді. Схема АҚ уақыт ұзақтығына тәуелсіз екі бағытта жүргізуді, автоматты динамикалық тежеуді, АҚ қорғауды (FA1- FA3 ток-релері), өздігінен жүріп кетпеді қамтамасыз етеді.

Команда беруші SA аппараты О бейтарап күйден оңға да, солға да мөлшері бірдей үш күйге (1,2,3) қойып жұмыс режимін талдауға мүмкіндігін береді. О бейтарап күйінде KV релесі қосыла тұрады және ЭЖ жүргізіп жіберуге дайындығын қамтамасыз етеді. SA(1,2,3) күйлеренің біріне аударғанда KM2 сызықтық контакторы қосылады да, М статорына кернеу беріледі.

Осы мезетте YA тежеуші электромагниттік катушкасын тіркейтін $KM5$ контакторы қосылады да, AQ айналу осі тежеуден босатылады. Сүйтіп, динамикалық тежелу уақытын анықтайтын $KT3$ уақыт релесі қоректенеді.



7-24 сурет. Фазалы роторлы AQ басқару схемасы.

Уақытқа тәуелді автоматты түрде жүргізу SA -ны, мысалы, 3 күйге аудару жүргізуші басқыштардың $KM3$ және $KM4$ контакторлары жүйелі тұйықтаудың нәтижесінде жүреді. Оларды қосуға қажетті уақыт ұзақтығын $KT1$ және $KT2$ уақыт релелері қамтамасыз етеді. Автоматты динамикалық тежеу SA -ны 0 бейтарап күйіне аудару арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда $KM2$ және $KM5$ ағытылады да, $KM1$ қосылып, статорға тұрақты кернеу беріледі. Тежелу уақыты өткенде $KT3$ релесі ағытылады және $KM1$ контакторы ажыратылады. Осы кезде YA тежеуші электромагниттің катушкасы қоректенбейді, тежелу өзіне-өзі жүреді.

Кернеуді тиристорлы реттеушісі бар асинхронды ЭЖ

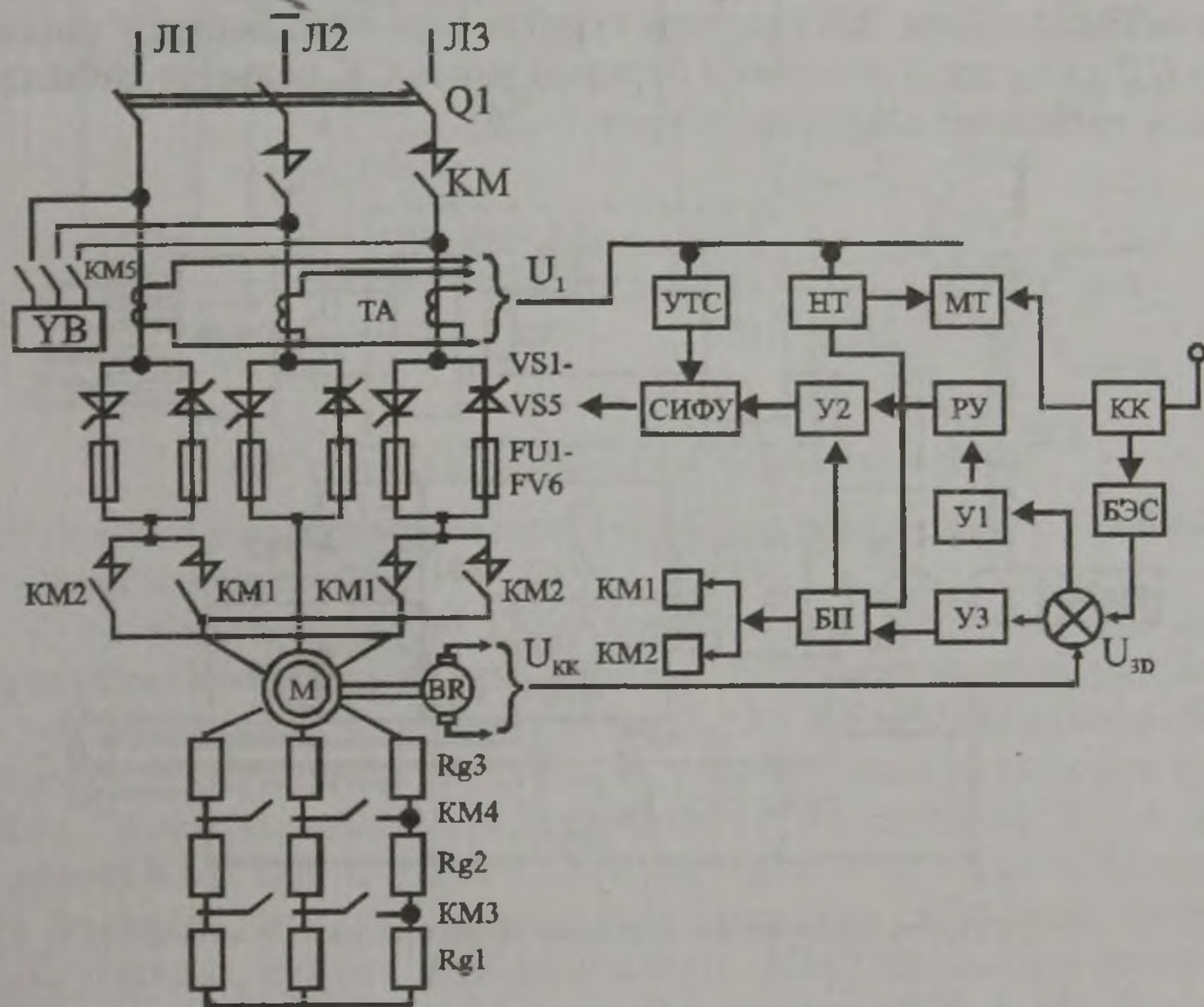
7-25 суретінде ауыр жүк көтеретін механизмдердегі (крандардағы) ЭЖ-тің AQ -дегі тоғы айналу жылдамдығын автоматты реттеуші жүйелі ($APЖ$) бар тұйықталған (кері байланысы бар) схема берілген.

ЭЖ құрамына роторға тізбегін жүргізуді реттеуші кедергі тіркелген AQ , $VS1- VS6$ тиристорларында орындалған РСТ типтес кернеуді тиристорлы реттеуші, импульсті-фазалы басқару жүйесі (ИФБЖ) және кері байланыс тізбегі кіреді.

AQ айналу бағытын өзгерту (реверс жасау) $KM1$, $KM2$ контакторларының көмегімен YB тежеуші электромагнит қозғалтқыштың айналдырғышын тежеп барып, жүзеге асырылады. Мұны реттеудің

(өрісін) ұлғайту үшін КМ3 және КМ4 контакторлары мен қосылатын жүргізуді реттеуші кедергі қосылады.

АРЖ құрамына жылдамдық бойынша (BR тахогенераторы), ток бойынша ТА ток трансформаторы, УТЛ (ТШБ) ток шектеуші, блок ТСЕ ток бойынша сызықтық емес блок, МТ ток бойынша қорғаушы блок кері байланыс тізбектері кіреді. Бірінші байланыс (КБ) реттелу диапазонының барлық бөлшектерінде жылдамдықтың тұрақты болуын, екіншісі, тоқты ең үлкен (номинал) мәнінің 1,5-ке дейінгі аралықта жіктеуді қамтамасыз етеді.



7-25 сурет. АҚ түйік АРЖ тиристормен реттеу.

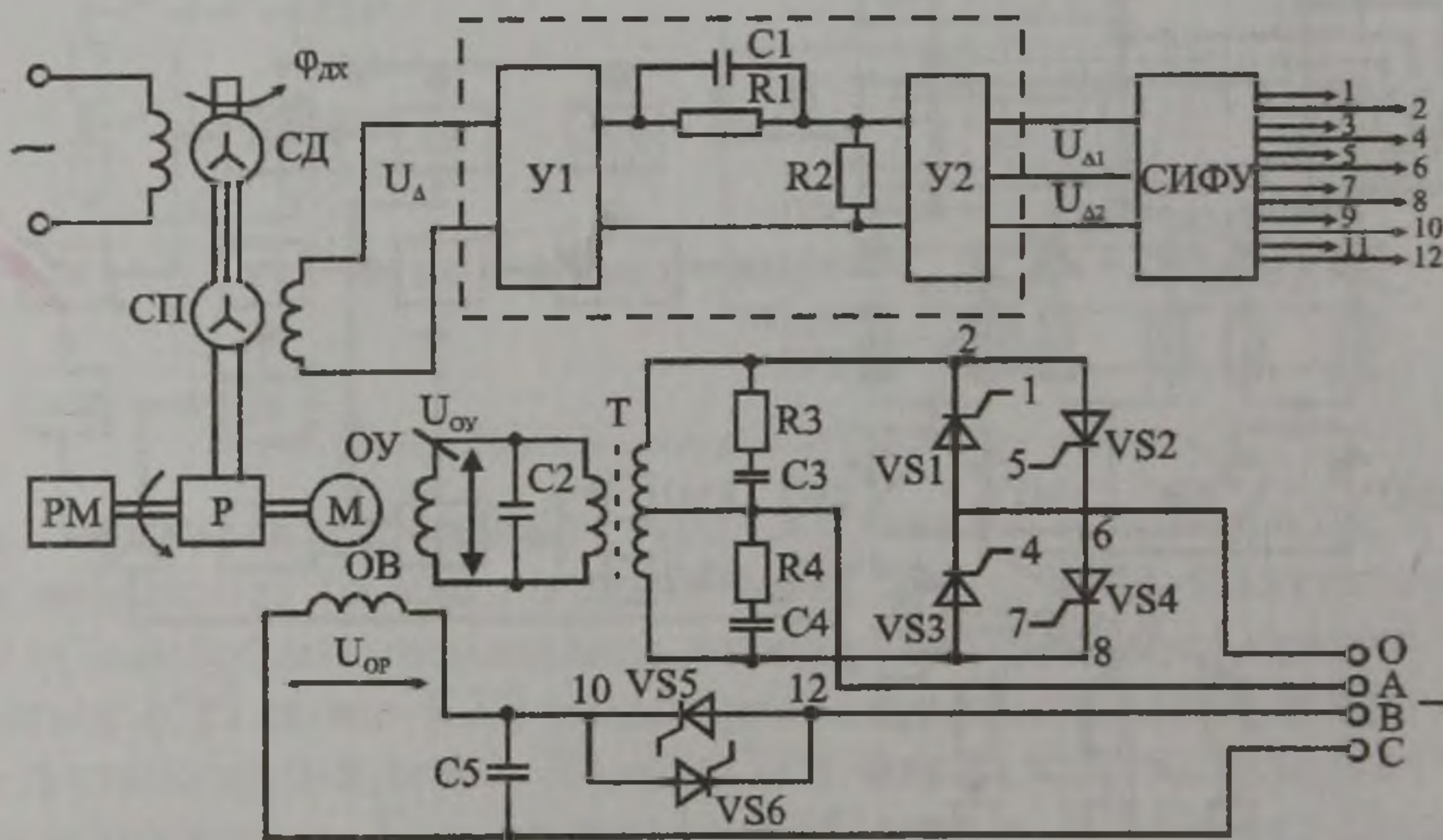
Басқарушы кернеу КБ команданы бақылаушыдан ЖТБ жылдамдықты тағайындаушы блокқа беріледі. Одан АҚ берілген жылдамдығына сәйкес кернеу жылдамдығы бойынша (КБ кернеуі) берілетін теңестіруші түйініне беріледі. Осы басқарушы жиынтық кернеу U_1 , U_2 (К1, РК, К2) күшейткіштердің кірісіне беріледі. (ИФБЖ) импульсті фазалы басқару жүйесіндегі импульс фазасы U_2 күшейткіштігінен шыққан тиристорлардың басқарушы электродына берілген кернеуге тәуелді. Демек, РСТ (кернеуді тиристорлы реттеушіден) АҚ-қа берілетін кернеу де осыған тәуелді.

Осы қорытынды сигнал не КМ1, не КМ2 контакторларына беріліп, АҚ айналу бағытын анықтайды.

Асинхронды қозғалтқышты бақылаушы ЭЖ

Бақылаушы ЭЖ деп, машинаның жұмысшы мүшесін берілген дәлдікпен басқарудың өзбетінше өзгертін заңдылығына сай қозғалысқа түсіретін тұйықталған автоматты реттеуші жүйесін (АРЖ) айтады.

Бақылаушы ЭЖ құрамына кірістегі және шығыстағы шамаларды өлшейтін датчик, ауытқуды өлшегіш, машинаның жұмысшы мүшесімен механикалық беріліс арқылы байланыста тұратын орындаушы электржетегі. Асинхронды екіфазалы орындаушы М қозғалтқышты бақылаушы ЭЖ схемасы суретте берілген. Басқару заңдылығына СД сельсин-датчигімен беріледі және СК сельсин қабылдағышымен қабылдап алынады (Сурет 7- 26)

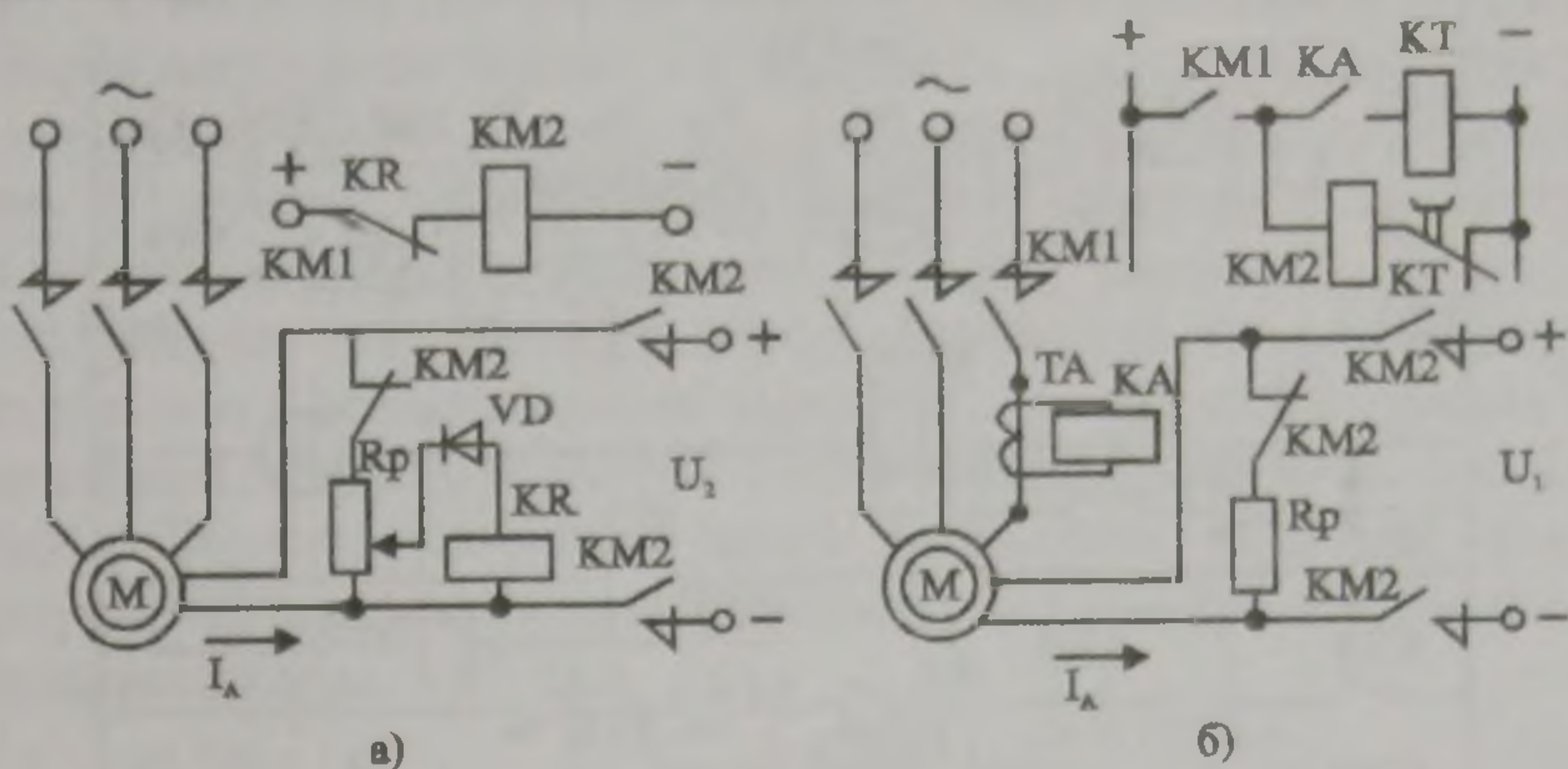


7-26 сурет. Орындаушы 2 фазалы A^2 бақылаушы Э сүбесі.

Ауытқу кернеуі U_{Δ}^1 СП статорынан алынып, У1 фаза-сезгіш күшейткіштің кірісіне беріледі. U_{Δ}^1 кернеуінің шамасы φ_k және $\varphi_{ш}$ бұрыштарының айырмасына пропорциясы, ал фазасы осы бұрыштар айырмасының таңбасымен анықталады. $U_{\Delta 1}$ немесе $U_{\Delta 2}$ кернеулері ИФБЖ (импульсті-фазалық басқару жүйесінің) бір арнасын тоққа қосады. VS1, VS2 және VS5, VS6, тиристорлары ашылып, ҚО және БО (қоздыру және басқару) орамдарына ауытқу сигналына пропорционал кернеу беріледі. М-қозғалтқыш айналып, ауытқу шамасын азайтады. Ал VS3, VS4 қосылғанда М қозғалтқышы қарсы бағытта айналады. Сүйтіп, жетек еркін таңбаға байланысты ауытқу кернеу тұрғызатын бұрыштар айырмасын қамтамасыз етеді.

Синхронды электрқозғалтқыштарды басқару

Синхронды қозғалтқышты (СК) айналу жылдамдығын реттеу қажетсіз механизмдері үшін пайдаланылады. СК мен басқару схемасы көбінесе, жүргізуді және параметрлерді бақылауды, сақтауды қамтамасыз етеді.



7-27 сурет. СК қоздырғышын басқару схемалары.

суретте айналу жылдамдығына тәуелді қоздырылатын СК мен басқару схемасы келтірілген.

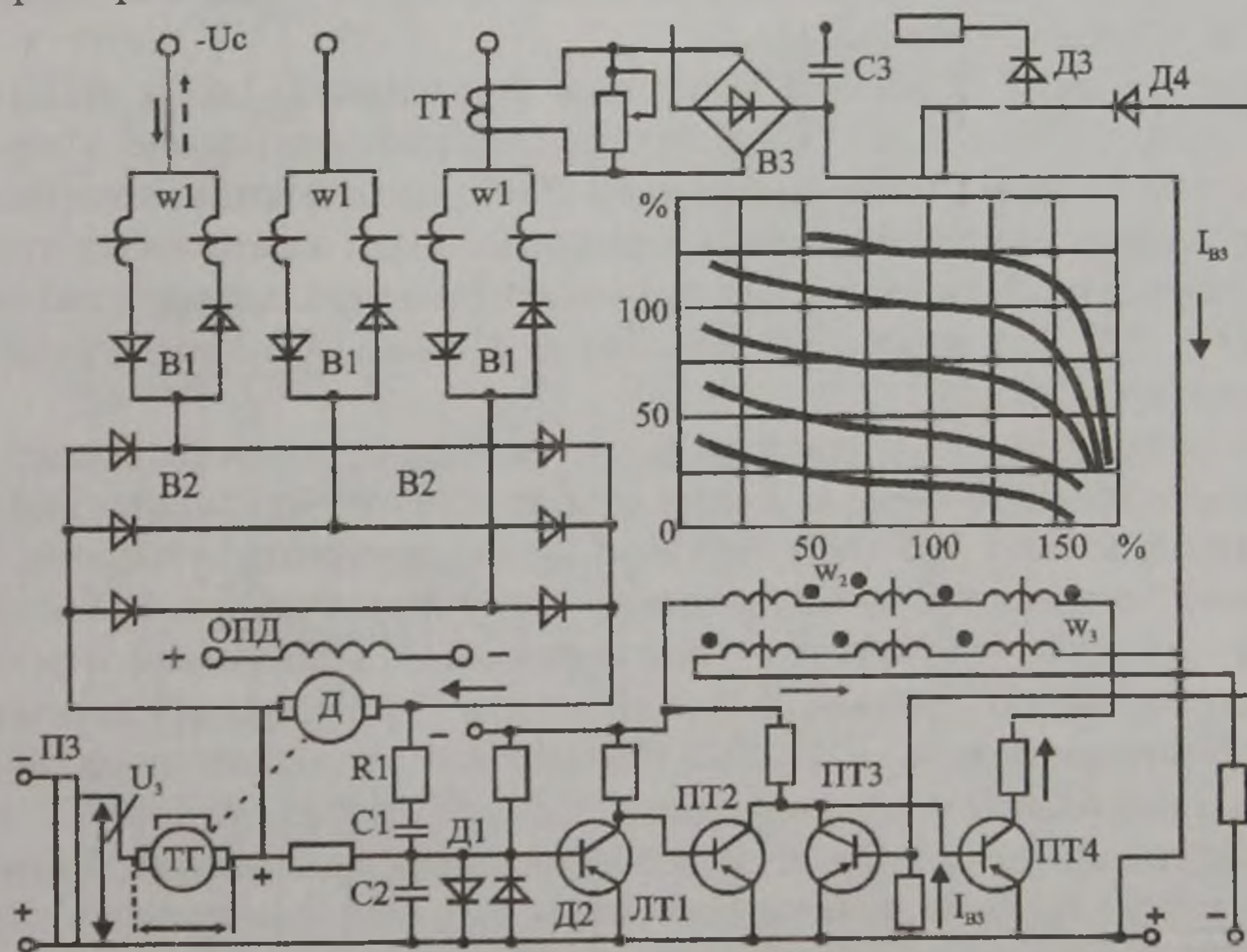
СК-ты тікелей жүргізу КМ1 контакторын қосу арқылы жүзеге асырылады. Қозғалтқыш асинхрондық режимде жылдамдық алады. Бұл жағдайда оның қоздыру орамы (Қ.О.) КР жылдамдықты бақылайтын реле катушкасы қосылған R_p разрядтаушы резисторға тұйықталады. Төмен жылдамдықта Қ.О-на берілетін сырғанау Э.Қ.Қ. үлкен КР релесі КМ2 контакторын ағытулы күйінде ұстайды. СК-тың айналу жылдамдығы синхронды жылдамдыққа жеткенде сырғанау Э.Қ.Қ. азаяды, сүйтіп, КР ағытылады. КМ2 қоздыру контакторы қоректенеді. Ол ҚО-на тұрақты U_k кернеу ТП беріп, қоздыру орамынан R_p разрядтаушы резисторды ажыратады. Қозғалтқыш синхрондық жылдамдық алып, оны жүргізу процесі аяқталады.

СД-ді тікелей жүргізудің токқа тәуелділігі КА ток релесінің көмегімен статордағы жүргізу тоғын бақылап отыру арқылы жүзеге асырылады. (б сурет) СК жылдамдық алып, номиналь мәніне жақындағанда ток азайып, КА ток релесі ағытылады. Қоздыру кернеуі біраз кешігіп (КТ релесі) СК-қа Қ.О-на беріледі. КТ релесі ажыратылғанда КМ2 контакторы іске қосылып, қоздыру кернеуі U_k статор орамына беріліп, қоздыру орамынан разрядтаушы резистор R_p ағытылады. Қозғалтқыш асинхрондық жылдамдық алып, оны жүргізу процесі аяқталады.

зисторы тіркеледі. Сүйтіп, динамикалық тежеу жүреді. Э.Қ.К ең кіші мәніне дейін азайтқанда KV2 ағытылып, тежелу процесі аяқталады.

Күш беретін аралық магнитті күшейткіші бар ЭЖ

АМК (аралық магнитті күшейткіш) жылдамдықты өзгерту диапазонын 100:1 қатынаста өзгертуді талап ететінін металлкесуші станок т.с.с. қуатты механизм береді. АРЖ (автоматты реттеуші жүйесінде) пайдаланылады. АМК (суретте) құрамына әрбір фазаға қос-қостап тіркелген W_1 қуатты орамдары қарсы және параллель қойылған В1 вентильдерден және оларға қосылатын көпір схемасымен орындалған В2 айнымалы ток түзеткіші кіреді. Қозғалтқыштың якорь орамы В2 түзеткішінің қосқыштарына тіркеледі, ал қоздыру орамы басқа (схемада көрсетілген) сыртқы түзеткіштен қоректенеді. Фазалық қуатты орамдар W_2 кері байланыс және басқарушы орамдар және W_3 ығыстырушы орамдар кигізілген бөлек жеке тұйықталған болат өзекшелерге орналасады.



7-29 сурет. АМК-менен тұйықталған АРЖ схемасы.

Кернеуді реттеу жұмысшы орамдарының индуктивтік кедергісін өзгертетін АМК өзектерін магниттеу арқылы жүргізіледі. Басқарушы орамдағы магниттеуші ток неғұрлым көп болса, жұмысшы орамдардың кедергісі соғұрлым азайып, АМК шығысындағы кернеу, яғни, якорьдегі кернеу артады және осыған орай қозғалтқыштың айналу жылдамдығы көбейеді.

Тұйықталған АРЖ (автоматты жүйені реттеуші) жұмысшы төмендегі принципте жүреді. Берілген кернеу U_6 ПЗ потенциометрінен кернеуді бөлгіш алынып, ТГ тахометра келген $U_{к.б.}$ кері байланыс кернеуімен салыстырылады (теңестіріледі). Жиынтық кернеу Д1, Д2 тектеуші диодтарынан транзисторлы күшейткіштің кірісіне беріледі. Күшейткіш шығысындағы сигнал басқарушы орамға беріледі, ол оған жүрген ток АМК шығысындағы тұрақты кернеудің шамасын анықтайды. Ығыстыру кернеуі АМК-ның "кіріс-шығыс" сипаттамаларының бас жағындағы бөлігін, яғни, жұмысшы орамдағы токтың басқарушы күшейткіштің тоғына тәуелділігін сызу үшін қажет. АМК (аралық магнитті күшейткішті) тұйықталған АРЖ-ның механикалық қарапайым сипаттамасы суретте келтірілген).

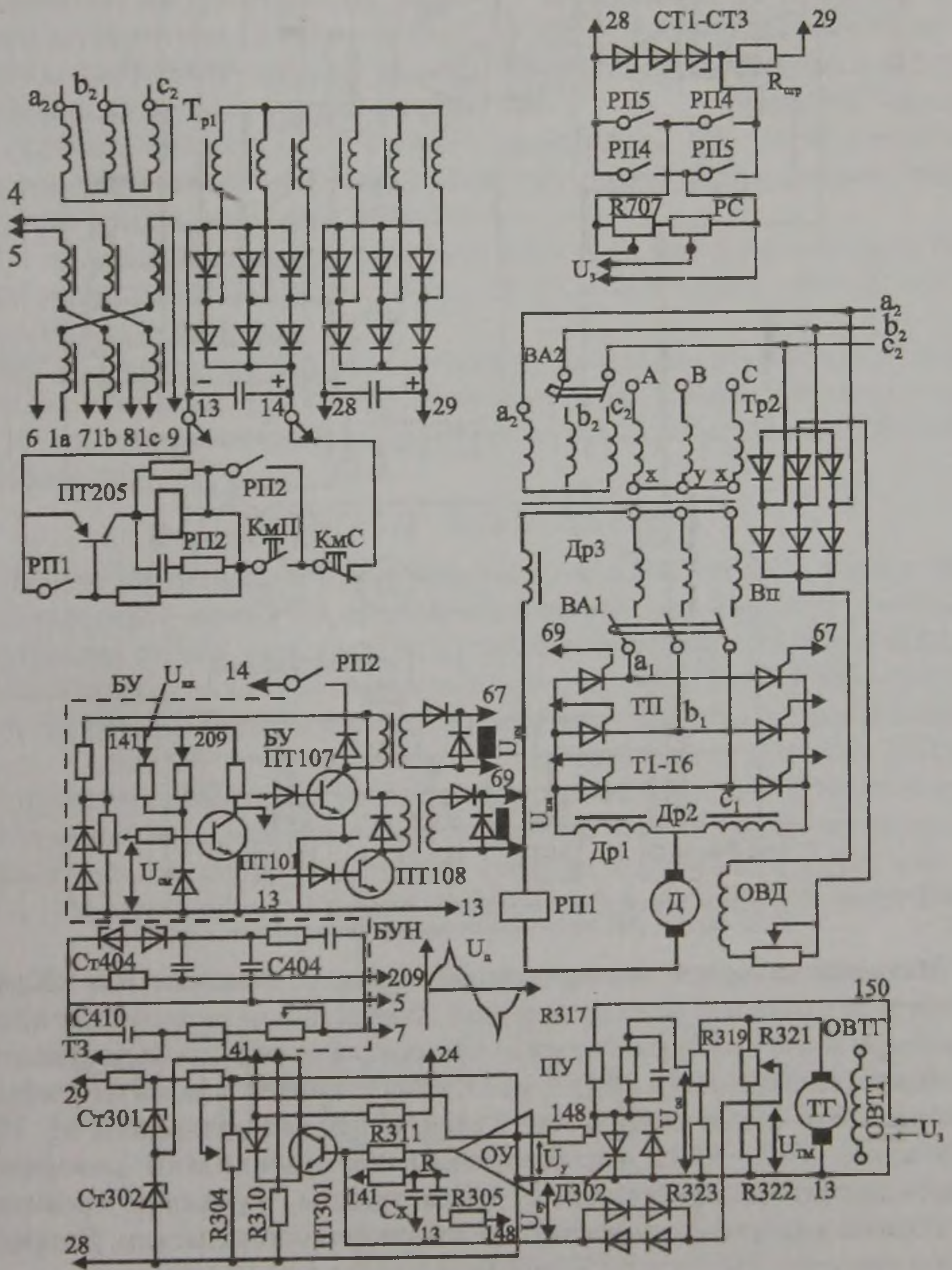
Тиристорлы тұрақты ток ЭЖ қозғалтқыштың тоғы, және айналу моментін жектеу т.с.с. қажетті болғанда жылдамдықты реттеу диапазонын үлкен механизмдер үшін пайдаланылады. Суретте сериялары ПБСТ немесе ИПО (ИФО) ТТҚ-ты ЭТЗР сериялы тиристорлы ЭЖ схемасы келтірілген.

Жылдамдығы бойынша теріс кері байланысты, тоғы сызықтық емес тұйықталған АЖР ТТЖ білегіндегі моментті және якорьдегі токты жіктеу үшін, реттеу диапазоны 2000:1 аралығында механикалық (қарапайым) сипаттама түрінің орнықтылығын қамтамасыз етеді.

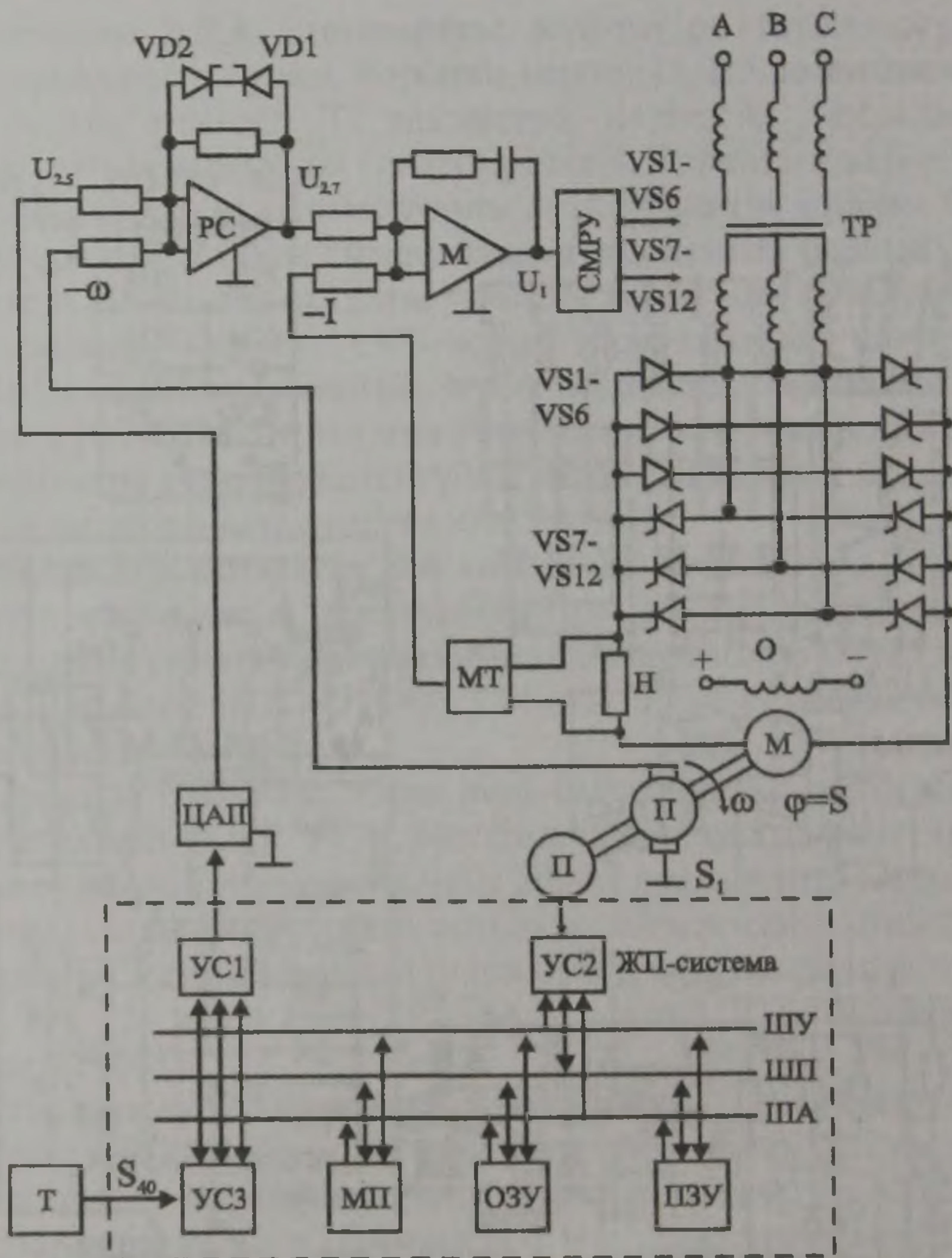
Реверсивті ТТ тиристорлар түрлендірген вентильдерден екі тобынан (Т1, Т3, Т5) және (Т2, Т4, Т6) D_p1 және D_p2 теңестіруші D_p3 дроссельден тұрады.

Берілетін кернеу U_6 , жылдамдық бойынша $U_{к.б.}$ кері байланыс кернеуімен бірге ДЗТ2 диодты шектегіші бар теңестіруші түйінге беріледі. Жиынтық кернеу КБ (күшейтуші блок) күшейткіштің кіріспе БУН (кернеуді күшейтуші блок) блогында өндірілген түрі ара жүзіне ұқсас кернеумен қабаттаса беріледі. Осы кернеулердің айырмасы тиристорлармен басқару бұрышын, ТТ(тиристорлы түрлендіргіш) шығысындағы кернеуді, демек, ТТҚ-ның айналу жылдамдығын анықтайды.

Механикалық сипаттамалардың қажетті орнықтылығы ТГ тахогенератордың көмегімен жүзеге асырылатын жылдамдық бойынша қатаң теріс кері байланыстың орнықтылығымен қамтамасыз етіледі. Схемада токты шектеуші РП1 және РП2 релелері қарастырылған. Олар токтың қажетті мәнінде, ЭЖ-ті якорьдегі токтың тұрақты мәнінде ($1,5-2I_n$) жүргізуді және токтың шамадан тыс үлкен мәндерінен қорғауды қамтамасыз етеді.



7 30 сурет. ЭТЗР сериялы тиристорлы ЭЖ схемасы.



7-31 сурет. ЭЖ микропроцессормен басқаратын схемасы.

Микропроцессормен басқарылатын тұрақты тоқтың ЭЖ Жұмыс істейтін техникалық механизмдердің жұмысшы органдарының артын ауыстыру және дәл бағыттау үшін микропроцессормен басқарылатын электржетек қойылады. Суретте ЭПМПУ типтес аналогты-цифрлы түйіндері бар схема келтірілген. Тұрақты ток қозғалтқышты М, VS1-VS6 және VS7- VS12 тиристорларында орындалған реверсивті түрлендіргіштен қоректенеді. М қозғалтқышы, жұмысшы органмен, ТГ тахогенераторымен анықтайтын датчикпен байланысқан. Якорьдегі тоқты бақылау ток датчигі көмегімен жүзеге асырылады.

ЭПМПУ-дің жұмысы. Жұмысшы органның координатын реттеуге бағыныпқылық негізінде тұрғызылған. Онда жылдамдық бойынша (ТГ тахогенераторы және ЖР жылдамдықты реттеуші және ток бойынша (ДТ ток датчигі мен ТР тоқты реттеуші) кері байланыс бар

стабалатронды ТТҚ айналу моментін және ток мәнін шектеуді қамтамасыз етеді.

Микропроцессор жүйесіне МП микропроцессоры ОЗУ және ПЗУ есте сақтаушы құрылғылары, УС1-УС3 қолдаушы құрылғылары, ДП орнын анықтаушы цифрлы датчик берілген жылдамдыққа сай шығыстағы сигналды қамтамасыз ететін ЦАТ цифрлы-аналогиясы түрлендіргіш кіреді. Орнын (күйін) анықтайтын сигнал УС3-қосушы құрылғы арқылы Т терминалынан беріледі. ЭЖ-тің қозғалысының орнықты графигі ПЗУ еске сақтаушы құрылғыда жазылып цифрлы реттегіштің жұмысын анықтайды.

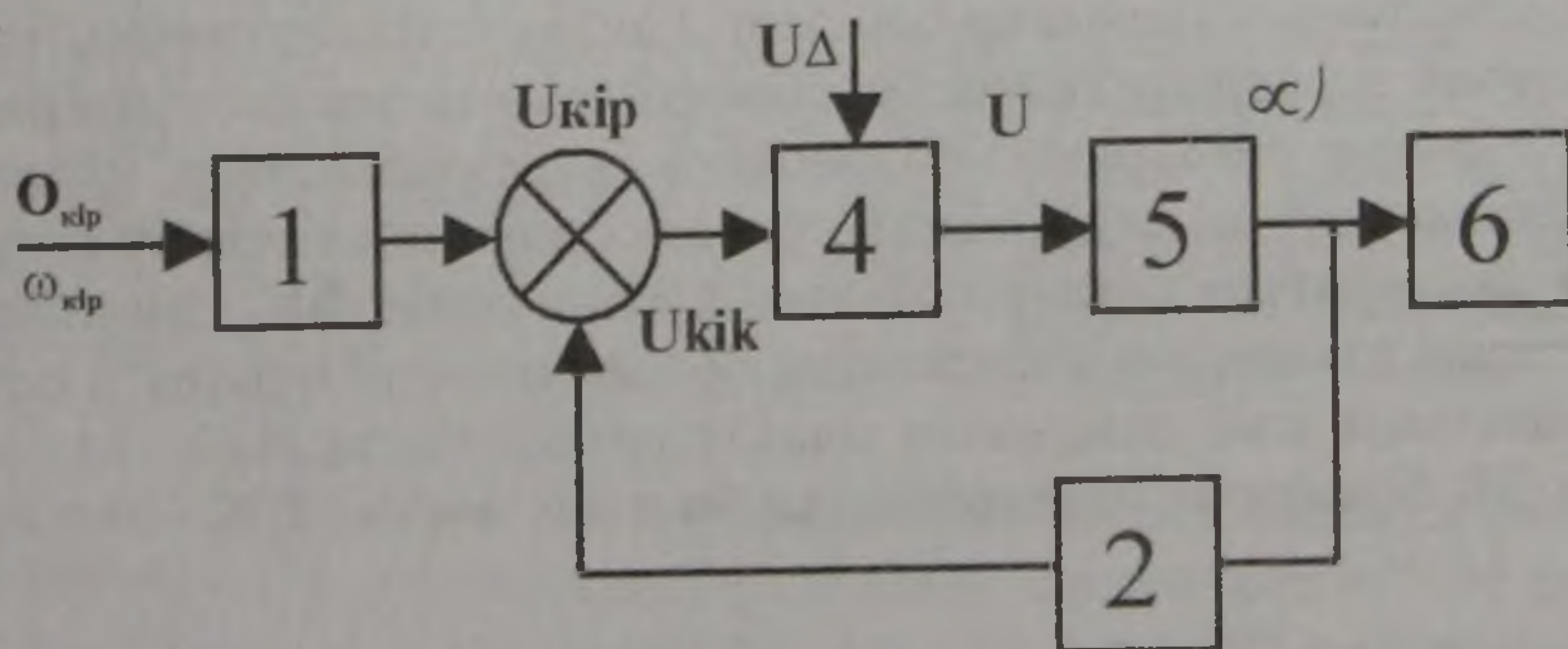
Реттегіштен шығатын басқарушы кернеу U_c импульсті-фазалы басқару жүйесіне (ЦНБЖ) беріледі, ол ТГ тиристорлы айналу жылдамдығын анықтайды.

МПЖ (микропроцессор жүйесінің) қызметін атқаратын микро ЭЕМ (микроэлектрондық есептеу машинасы немесе, "Электроника К1-20" типтес программаланатын (бағдарлама) контроллер т.б. пайдаланылады.

ҚАДАҒАЛАУ ЭЛЕКТРЖЕТЕГІ

Басқару сигналының өз бетімен өзгеруіне байланысты жұмыс машиналарының атқару мүшелерінің қозғалысын берілген дәлдікте қамтамасыз ететін электржетек қадағалау электржетегі деп аталады. Бұл басқару сигналы кең көлемде өзгеруі мүмкін. Көбіне кіру сигналы өстің немесе біліктің жылдамдығы немесе біліктің бұрышы болып келеді. Қадағалау электржетегі радиотелескоптың спутниктік байланыс жүйесінің антеннасы үшін, көшіру станоктарда, манипулятор мен роботтардың атқару мүшелерінің жетегінде және т.б. қолданылады.

Қадағалау электржетегінің структуралық сүбесі 7-22 суретте көрсетілген. Ол кіру және шығу сигналдарының 1 және 2 электр энергиясы



7-32 сурет. Бағдарламалы басқару ЭЖ қарапайым структуралық сүбесі.

датчигінен, 3 келіспеу өлшеуішінен, 4 басқару жүйесі мен жұмыс машинасының атқару мүшелерін қозғалысқа келтіретін механикалық берілісті электрқозғалтқышынан /5/ тұрады.

Кіріс және шығыс шамаларының датчигі механикалық датчигі механикалық шаманы электрлік шамаға – кіру сигналы $U_{\text{кір}}$ және кері байланыс $U_{\text{к.б.}}$ түрлендіреді. 3 келіспеу өлшеуші бұл сигналдарды алгебралық түрде қоса отырып электрқозғалтқыш арқылы басқару жүйесіне берілетін келіспеу сигналын U_A қорытып шығарады. Қадағалау электржетегі өзінің структурасы бойынша, автоматтандырылған түйық жүйе болып табылады. Басқару жүйесі 4 күшейткіштен және күштік түрлендіргіштен тұрады.

Электрқозғалтқыш пен механикалық беріліс 5 өзгеру заңына $U(t)$ сәйкес атқару органдарының ауасын қамтамасыз етеді.

Қадағалау электржетектерінің классификациялары бірнеше белгілер бойынша орындалуы мүмкін. Егер қадағалау электржетегі атқару органдарының жылдамдығын берілген дәлдікпен жеткізу үшін қолданылса, онда осы жылдамдықты деп, ал егер орнықты болса – онда позициондық деп атайды.

7.9. БАҒДАРЛАМАМЕН БАСҚАРЫЛАТЫН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІ

Бағдарламамен басқарылатын электржетегі деп жұмыс машиналараның атқару органдарының қозғалысы алдын-ала берілген бағдарлама бойынша жүретін электржетегін айтамыз.

Бұндай электржетектері көбіне металл өңдегіш станоктарында, детальдарды өңдеген кезде қолданылады.

Бағдарламаны басқаруды қолданған кезде детальды өңдеуден бұрын бағдарлама құрылады. Бұл бағдарлама құрал-сайман ауысу тәртібі, столдың қажетті қозғалысы, құрал-сайманның жұмыс режимі және т.б. технологиялық шамалар беріледі. Содан кейін станоктың атқару мүшелерінің электржетектері осы бағдарламаны басқару асырады.

7-23 суретте бағдарламаны басқару электржетегінің қарапайым структуралық сүбесі көрсетілген. Ол екі бөлімнен басқару сигналын қортып шығаратын бағдарламалық құрылғыдан БҚ және қажетті жағдайларда атқару органдарының орнын өзгерте отырып, осы басқару сигналын іске асыратын электржетегінен тұрады. Бұл екеуін БҚ мен ЭҚ біріктіріп бағдарламалы басқару жүйесі БЖ I деп атайды.

жасағанда К1 контакторының қоректену тізбегінде үзіліс болады да К2 контакторы қоректену желісіне қосылады. Осы аппараттардың ауысып қосылуы арқасында қозғалтқыштың М якоріндегі қарама-қарсылық таңбасы кері өзгеріп, қозғалтқыш кері жаққа қарай айна-ла бастайды. А элементі “Артқа” бағытымен қозғалады. А элементі соңғы ажыратқышқа SQ1 келін, оған әсер еткен кезде контактор К2 ажырайды да К1 қосылады, осының арқасында А элементі қайтадан “Алға” бағытында қозғала бастайды. Осындай циклдық қозғалыс SB2 кнопкасын басқанға дейін қайталана береді.

Циклдық ББЖ-нің дәл тоқтауы соңғы ажыратқыштарымен анық-талады да, мөлшермен 0,05 мм болады.

б/. Сандық бағдарламалы басқарылмалы электржетек СББ электр-жетегі болашағы бар және әмбебап ББЖ болып табылады. Ол әртүрлі заттарды станокта өңдеуге және сонымен қатар еңбек өнімділігі мен өңдеу сапасын арттыру үшін кеңінен қолданылады. СББ-лы электржетекті қолданған кезде затты өңдеудегі барлық технология-лық берілістер - жылдамдық және заттың орын ауыстыру шамалары, олардың бағыты, операцияларының жүйелілігі және т.б. сан ретінде беріледі. Барлық сандар бірігіп берілген заттың өңдеу бағдарламасын құрайды. Олар алдын-ала қажетті жағдайға келтіріліп есептелінеді, кодталады да қандай да бір бағдарлама жүргізушіге кіргізіледі /перфолентаға, перфокартаға, магнитті лентаға/. Затты өңдеуден бұрын бағдарлама адамның қатынасынсыз заттың өңделуін қамта-масыз ететін электржетегінің бағдарламалық құрылысына кіргізіледі. Ал басқа затты өңдеу үшін тек қана бағдарламаны ауыстырса болғаны. Бұл өңдеу уақытын қысқартады.

ББЖ жүйесі аналогтың /үзіліссіз/ және дискреттік /импульстық/ болып екіге бөлінеді. ББЖ-ның аналогтік жүйесіне заттың өңдеу бағдарламасын құрайтын сандар жиыны, қандай да бір үзіліссіз өзгеретін аналогтық физикалық шамаға түрлендіріледі. Тұрақты ток кернеуі, желіге немесе синусоидалық кернеу амплитудасына және т.б. де электржетегінің кірістік, басқару сигналы болып табылады.

ББЖ-ын дискреттік жүйесінде бағдарлама соңында басқару им-пульсқа құрал-сайман немесе заттың қандай да бір қозғалыс шамасы сәйкес келеді. Импульстардың саны ауыстыру мағынасын, ал оның жиілігі — орын ауыстырудың жылдамдығы болып табылады.

ББЖ жүйесі әдетте екі режимнің біреуінде жұмыс істейді; пози-циялау режимінде немесе контурлық өңдеу режимінде, ББЖ-ның позициялық /координаталық/ жүйесі құралдарының затқа байланы-сты дәл орналасуы немесе оның түзу сызықты қозғалыста болуын қамтамасыз етеді. Мұндай режимдер жону кезінде бұрғылаған кезде немесе бірнеше тесікті өңдеген кездерде және де қайраған кездерде қажет болады. Бұл жағдайда құрал немесе зат құралдың орнатылған

нүктелері арасында қысқа, түзу сызықты жолмен орын ауыстырады. ББЖ-ның контурлық жүйесі құралдың немесе заттың еркін траекториясы бойынша орын ауыстыруын қамтамасыз етеді.

ББЖ жүйелері тұйық және ашық болып келуі мүмкін. Тұйықталған жүйелерде датчиктердің көмегімен құралдың немесе заттың орындары өлшенеді де бұл өлшеніп алынған кері байланыс сигналы түріндегі хабар салыстырғыш құрылымына беріледі де мұнда ол бағдарламалық құрылысының басқару сигналымен салыстырылады.

Егер өлшеніп отырған орны берілгеннен өзгеше болса электр жетегінің басқару жүйесіне құралдың немесе заттың коррекциясын қамтамасыз ететін қосымша басқару сигналы келіп түседі.

Сондықтан да ББЖ-ның тұйықталған жүйесі затты өңделуінің өте дәлдігін қамтамасыз етеді.

ББЖ-ның ашық жүйелерінде құрал мен заттың қозғалыстары бақыланбайды және берілген сигналмен салыстырылмайды.

Сондықтан, жүйенің параметрлерінің кездейсоқ өзгеруі немесе қандай да сыртқы әсерлері мысалы, жетектің білігіндегі кедергі моменті, бағдарламаның дәл іске асуын төмендетеді. Соған қоса ашық жүйелері тұйық жүйелерге қарағанда қарапайым болып келеді.

7.10. АДАПТИВТІ /ӨЗДІГІНЕН КЕЛТІРІЛЕТІН/ БАСҚАРЫЛАТЫН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІ

Жоғарыда, жұмыс машиналарының атқару органдары мен әсерлердің сипаттамалары анықталған және толық белгілі деп алынған электржетектердің жүйелерін қарастырдық. Бұған қоса бұл әсерлер мен сипаттамалар кейбір жағдайларда уақыттың өтуімен кең көлемде белгісіз жағдайда өзгеруі мүмкін. Бұлардан басқа, сипаттамалары алдын-ала белгісіз немесе жеткілікті түрде анықтау мүмкін емес болатын жұмыс машиналары өнеркәсіптік механизмдер бар.

Бұндай жағдайларда жұмыс машиналарының сапалы технологиялық құбылыстарын қамтамасыз ету үшін, жұмыс құбылысы кезінде автоматты түрде электржетектің жұмысын коррекциялау /қосымша келтіру/ мақсатымен, келіп түскен әсерлер мен оның нақты жүрісі туралы хабарды толықтыру қажет.

Бұл коррекция параметрлерді немесе электржетегінің басқару жүйесінің структурасын өзгерту арқылы іске асырылады.

Басқару жүйелерін функциялау тәсілі жұмыс машиналарының технологиялық құбылыстарының жақсы жүруі үшін автоматты және қандай да бір мақсатпен өзгерту электржетегі адаптивті немесе өздігінен келтірілмелі басқарылмалы электржетегі деп аталады. Электржетегінің басқару жүйелерінің функциялау тәсілінің автоматты

түрде өзгеруі адаптациялау немесе өздігінен келтірілу деп аталады.

Адаптивті басқарылатын электржетегінің жұмыс құбылысы мынадай басты үш есепті анықтау арқылы сипатталады:

1. Технологиялық құбылыстың барысы мен ауытқуы туралы хабарларды алу.

2. Басқару әсерлерін өңдеу.

3. Басқару әсерлерін өңдеуіне сәйкес электржетегінің басқару жүйелерінің структурасын параметрлерін өзгерту. Адаптивті басқарылатын электржетегінің жұмысында бұлар әртүрлі тәсілдермен шешілуі мүмкін.

1. Технологиялық құбылыс пен сыртқы әсерлердің сипаттамалары туралы хабар жұмыс машиналары мен электржетегінің қалыпты функциялау жағдайымен немесе жүйенің кіруіне арнайы байқалатын сигнал беру жолымен алынуы мүмкін. Екінші жағдайда байқалатын сигнал генераторы болуы керек. Қалыпты функциялау жағдайында хабарды сыртқы әсерлерді өлшеу арқылы немесе реттелуші шама бойынша кері байланыс кіргізу арқылы алуға болады.

7-25,а суретінде бірінші тәсілді іске асыратын структуралық сүбе келтірілген.

Жұмыс машинасына ЖМ әсер ететін сыртқы әсерлер f_1, f_2, f_3 адаптивті басқару құрылысының кірісіне келіп түседі. Бұл құрылғының басқару сигналы, қозғалтқышқа басқару әсерлерінің X өзгеруі арқасында сыртқы әсерлерінің компенсациясындай параметрлері мен структураларын да өзгерістер туғызады да, басқару жүйесіне БЖ әсерін тигізеді.

Бұндай түрдегі сүбелер басқаларға карағанда карапайым, өлшенетін ауытқуларға тез көңіл аударуға жағдай жасауды, бірақ мұнымен қатар ауытқулардың барлық түрлерін өлшеуге жағдай жасамайды.

7-25,б суретінде өздігінен келтірілетін тұйықталған тізбегінің /кері байланыс/ структуралы сүбесі келтірілген. Бұл сүбеде адаптивті басқару құрылымы реттелетін координатының X шамасы бойынша технологиялық құбылыстың барысы туралы хабарлар алады және электржетегінің басқару жүйесі үшін қажетті басқару сигналын жасап шығарады.

Кейбір адаптивті басқарылатын электржетектерінде хабарлар алу-дың екі түрі де қолданылады.

2. Электржетегінің басқару жүйесіне басқару сигналы берілген технологиялық құбылысының сапасы бойынша құрылады, мысалы жұмыс машинасының ең жоғары өнімділігі т.б. бойынша. Жалпы жағдайларда адаптивті басқару құрылғысы осы сапа көрсеткіштерін берілген мөлшерде ұстап тұруы немесе оның экстремалдық шамасын алуы қажет /экстремалды жүйе/.

Тұрақтандыру жүйесі көбіне технологиялық құбылыстардың моделін қолдану арқылы орындалады. Оның жұмысының мақсаты жұмыс машинасының шын мәніндегі технологиялық құбылыстарының сипаттамасы мен осы технологиялық құбылыстың моделінің көмегімен мақсатқа сәйкес құбылыс сипаттамаларының бір-біріне жақындығымен жүргізіледі.

Экстремальді жүйелерде басқару жүйесінің параметрлері технологиялық құбылыстардың берілген сапа көрсеткіштері экстремалды шамаға жететіндей етіліп келтіріледі. Қазіргі кезде классификациялары әртүрлі белгілерге қарап келтірілген көптеген экстремалды жүйелер бар.

Сапа көрсеткіштерінің шамалары бойынша хабар алу тәсілі бойынша экстремалды жүйелер іздегішті және іздеусіз болып екіге бөлінеді. Іздегіш жүйелерде сапа көрсеткіштерін анықтау үшін жүйеге қосымша іздеуші сигналдар кіргізу арқылы іске асады, ал іздеусіз жүйелерде бұл көрсеткіш арнайы есептегіш құралдың көмегімен аналитикалық тұрамен есептелінеді.

Іздегіш жүйелер іздеу тәсілі бойынша өз алдына экстремумды автотербелісті және ықтиярсыз іздеу болып екіге бөлінеді. Егер іздеу сигналдары жүйенің өзімен берілсе, онда ол экстремумды автотербелісті іздегіш экстремалды жүйеге жатады. Іздегіш сигналдарының арнайы көзін қолданған кезде экстремалды жүйе экстремумды ықтиярсыз іздеу жүйелеріне жатады.

Сапа көрсеткіштеріне байланысты болып келетін айнымалылардың мөлшері бойынша экстремалды жүйелер бір өлшемді және көп өлшемді болып бөлінеді.

Электржетегінің бейімделуі /адаптациясы/ күшейткіштің коэффициентін, уақыт тұрақтылығы және басқа да звеноларының параметрлері мен басқару сигналдарының арқасында болатын басқару жүйелерінің структураларының өзгеруі арқасында жүргізіледі.

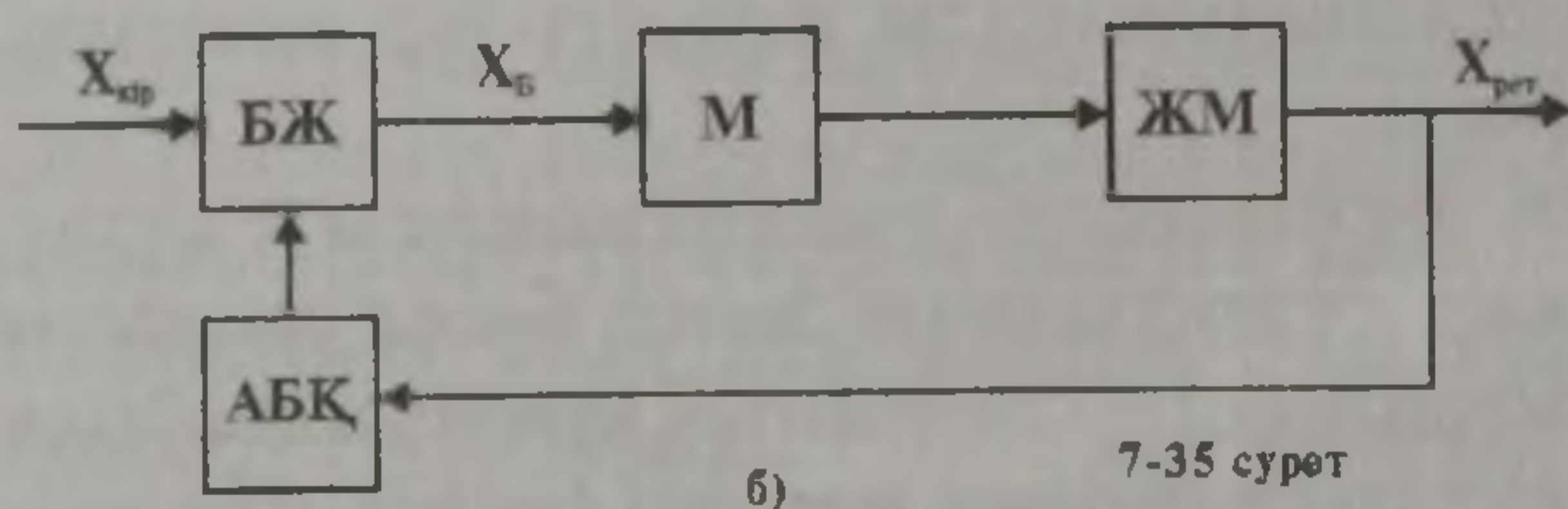
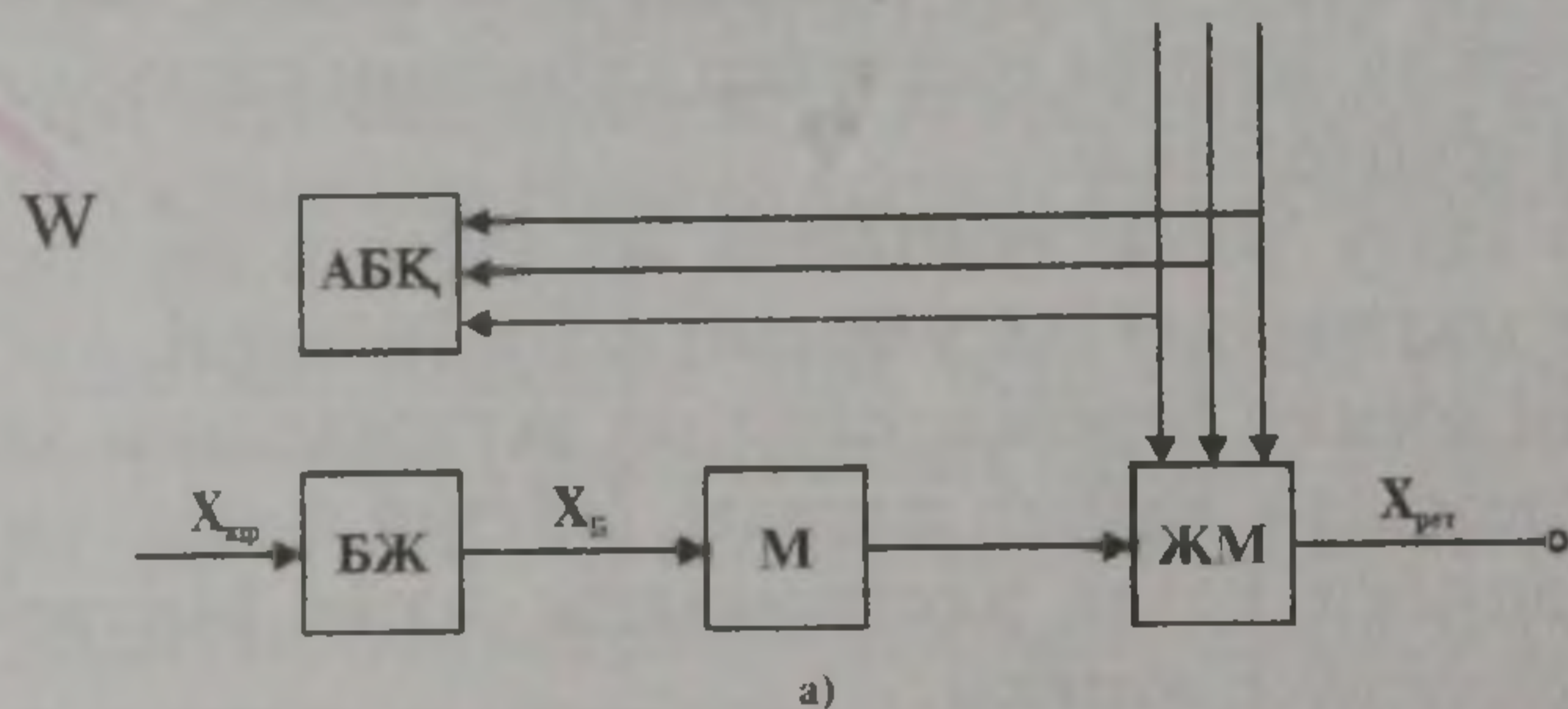
Экстремалды жүйені алу үшін мысал ретінде ажарлау станогінің жіберуші электржетегін қарастырайық. Станоктағы бөлшекті ажарлау құбылысының ерекшелігі болып әртүрлі, алдын-ала айтуға болмайтын бөлшектің әдіптеу шамасы мен бөлшекті өңдеудегі ажарлау дөңгелегінің желінуі болып табылады. Станоктың ең жақсы өнімділігін ажарлау станогіне берілетін жүктеме өңдеу сапасының шарты бойынша тұрақты және максимал мүмкін болған кезде алуға болады. Бұл үшін металдың өңделу жылдамдығы диаметрі мен әдіптеу розмірі функциясының реттелуі қажет. Қарастырылып отырған мысалда бұл станоктың көлденең берілу электржетегінің адаптивтік басқару жолымен алу арқылы іске асырылады. 7.25 суретте структуралық сүбесі көрсетілген.

7-26 суреттегі сүбенің құрамында механикалық беріліс арқылы ажарлау келтіретін ШК электр қозғалтқышы М, өңделу бөлшегі Д кіреді. Электржетегі құрамында күштік тиристорлық түрлендіргіш пен аралық басқару сигналының күшейткіші бар И басқару жүйесімен С У басқарылады.

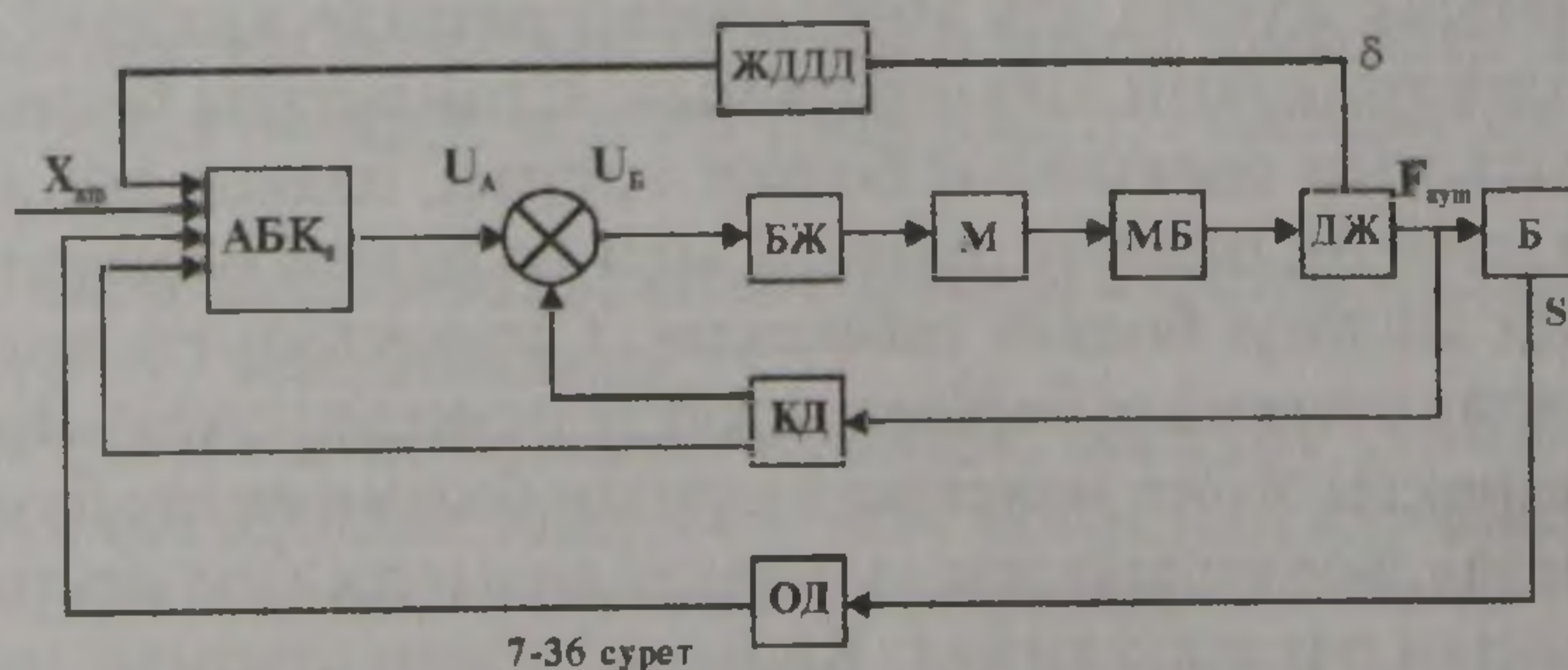
Көлденең берілістің күшін Г өлшеу үшін күш датчигі КД, сол моменттегі детальдың әдіптеу шамасын өлшеу үшін - әдіптеу датчигі ӘД, және ажарлау дөңгелегінің диаметрін өлшеуге - ажарлау дөңгелегінің диаметрі датчигі ДД ШК қолданылады.

Жүйенің реттелгіш шамасы көлденең беріліс күшін реттеу екі шаманың функциясында - әдіптің сол моменттегі шамасы және ажарлау дөңгелегінің салыстырмалы өзгеруі бойынша, адаптивті басқару құрылымымен іске асады УАУ.

Кәдімгі, жай ажарлау станогымен салыстырғанда, адаптивті басқарылатын станокта өнімділік 30% - ке өседі.



7-35 сурет



7-36 сурет

7-35 сурет. Адаптивті ЭЖ структуралық сүбесі.

7-36 сурет. Теріс кері байланысты БТ-К жүйесінің сүбесі.

1-1 кесте

Жылдамдык	Моментер	Қозғалыс теңдеуі	Үдеу	Қозғалыс сипаты
$\omega = 0$	+M -Mc $ M = Mc $	$M - Mc = 0$	$I_{я, шек} = \frac{U_H}{R_{III}}$	Жүкөтүныштықта жүк ілінген
$\omega \rightarrow \infty$	+M -Mc $\omega \triangleright \omega_{ши}$	$M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleright 0$	Үдемелі қатерінің басталуы
$\omega = f_1(I)$	+M -Mc $ M < Mc $	$M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleleft 0$	Үдемелі төмендеудің басталуы
$\omega = 0$	-M -Mc	$M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleleft 0$	Үдемелі төмендеудің басталуы
$\omega \triangleright 0$	+M(қозғ) -Mc(теж) $ M = Mc $	$M - Mc = 0$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} = 0$	Тұрақты жылдамдықпен көтеру
$\omega \triangleright 0$	+M(қозғ) -Mc(теж) $ M > Mc $	$M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleright 0$	Үдемелі көтеру
$\omega \triangleright 0$	+M(қозғ) -Mc(теж) $ M < Mc $	$M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleleft 0$	Қозғалтқыштық қозғаушы аз болуы салдаршақ көтерілу Жеке жағдайда $M=0$
$\omega \triangleright 0$	+M(теж) -Mc(теж)	$M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleleft 0$	Қозғалтқыштық тежеуші моменті сандарынан жазу көтерілу
$\omega \triangleright 0$	+M(теж) -Mc(қозғ) $ M = Mc $	$M - Mc = 0$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} = 0$	Тұрақты жылдамдықты төмендеу
$\omega \triangleright 0$	+M(теж) -Mc(қозғ) $ M > Mc $	$-M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleright 0$	Қозғалтқыштық тежеуші моменті жерінен болу төмендеу
$\omega \triangleright 0$	+M(теж) -Mc(қозғ) $ M < Mc $	$-M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleleft 0$	Қозғалтқыштық тежеуші моментінің аз болуы сандарымен үдемелі төмендеу жеке жағдайда $M=0$
$\omega \triangleright 0$	-M(қозғ) -Mc(қозғ)	$-M - Mc = J \frac{\partial \omega}{\partial t}$	$\frac{\partial \omega}{\partial t} \triangleleft 0$	Қозғалтқыштық қозғаушы моменті үдемелі төмендеу

VIII. АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

8.1. РЕТТЕГІШТЕР

Қазіргі заманда маңызды функциялардың бірі - АЭЖ менгеру жүйелерінің координатасын реттеу, яғни ток, момент, үдеу, жылдамдықтың талапты мәнін қажетті дәлдікпен ұстап тұру. Берілген функция әр түрлі элементтердің көмегімен жүзеге асырылады, олар типтік функцияны орындаушы бөлек үлкейтілген менгеру шығармаларымен бірлестірілуі мүмкін.

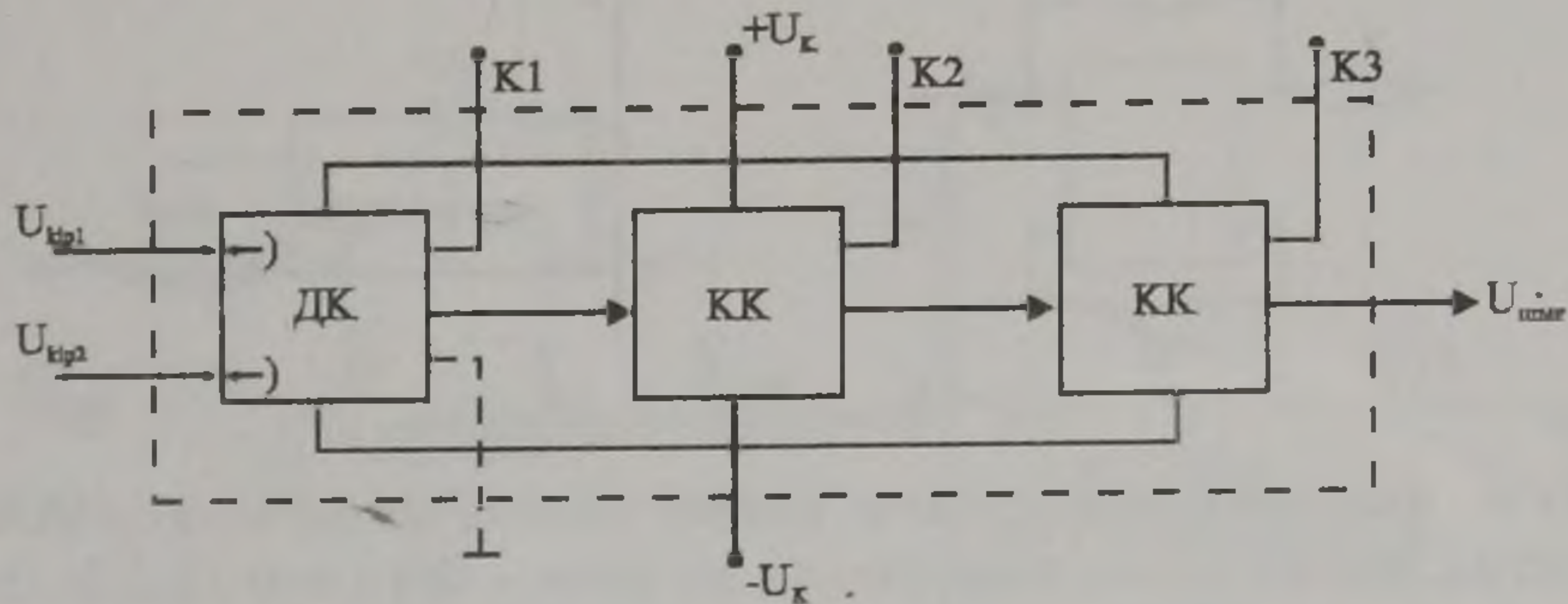
Ячейкамен ұяшық толтырылған кассета функционалды-конструктивтік интеграциясының келесі дәрежесін құрайды, ол блок деп аталады. Блоктың ішінде ячейкалар сым мен ажырағыштардың көмегімен өзара қосылады.

Функционалды-конструктивтік интеграцияның элементтерінің соңғы сатысы ретінде электржетектердің басқару жүйесінде шкаф басқармасы алынады, жабық конструкция немесе тіреу басқармасы /ашық конструкция/, қатар блоктарды қосатын, электр арқылы өзара бірігетін сыртқы сымдар ажыратқышты болып жалғастырылады. Блокпен ойықтар жүйе басқаруында қаншама көп болса, сонша сыртқы ажыратқышпен жалғастыру керек, бұл басқару жүйесінің кемшілігі болып саналады. Сондықтан осы замандық блоктар құрудың тенденциясының міндеті-бір блоктың функциясының интеграциясын көбейту, немесе комплексті блоктарды салу.

Бұл тараудың ішінен көптеген бірыңғайлатылған құрылғылардың реттегішін жекелеп аламыз. Реттегіш басқару сигналын басқа түрге енгізу, математикалық операцияларға сәйкес келу, жүйе ретінде қажетті жұмыс ретін орындайды. Қажетті типтік операцияларға мына сигналдың түрлендірулері жатады: пропорционалды, пропорционалды - интегралдық, пропорционалды - дифференциалды т.б.

Аналогты реттегіштің негізін операциялық күшейткіш құрайды, ол тұрақты токтың күшейткіші ажыраған күйінде үлкен күшейткіш коэффициентімен келеді.

Дөңгелек және тік бұрышты формалы корпусы бар интегралды орындалған операциялық күшейткіштер кең қолданылады. Операциялық күшейткіш дегеніміз инверстік және тура кірісті ДК кірі дифференциалдық күшейткіш, күшеюдің жоғары коэффициентін жүзеге асыратын КК кернеу күшейткіші, және операциялық күшейткіштің керекті қуаттық қабілетін қамтамасыз ететін КК қуат күшейткіші /8.1.- сурет/. /Бір кристалды кішігабаритті/. Операциялық күшейткіштің біркристалды кішігабаритті атқарылуы/ күшеюдің/ үдетудің жоғары коэффициентін ток арқылы алуға мүмкіндік



8-1 сурет. Қуаттық қабілетін қамтамасыз ететін қуат күшейткіші.

беретін параметрдің жоғары тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Сүбеде белгіленген К1, К2, К3 нүктелері жоғары жиіліктегі күшейткіш коэффициентін төмендететін және күшейткіштің кері байланыстарымен жұмысының тұрақтылығын көтеретін сыртқы коррективті сымдарды қосу үшін пайдаланады. Коррективтік сымдарсыз фаза бойынша жиналған артта қалушылық 180 градус болғандағы үлкен жиіліктерде кері байланыс белгісі өзгереді және күшейткіштің жоғары коэффициентінде операциялық күшейткіш өз-өзінен қоздырылып, автотербелу уақытына кіреді. Интегралдық операциялық күшейткіштер мына көрсеткіштермен сипатталады; Ажыратылған күйдегі күшейткіштің дифференциалды коэффициенті $k_{BO} = 10^3 \div 10^5$.

Қорек кернеуі $U_k = 15$ в ($\pm 12,6$ в : $\pm 6,3$ в)

Жүктеме кедергісі $R_{ж} \geq 2-5$ Ом

Кіріс кедергісі $R_{кір} > 1$ Ом

Шығыс кедергісі $R_{шыг} \approx 0,2 \div 1$ ком

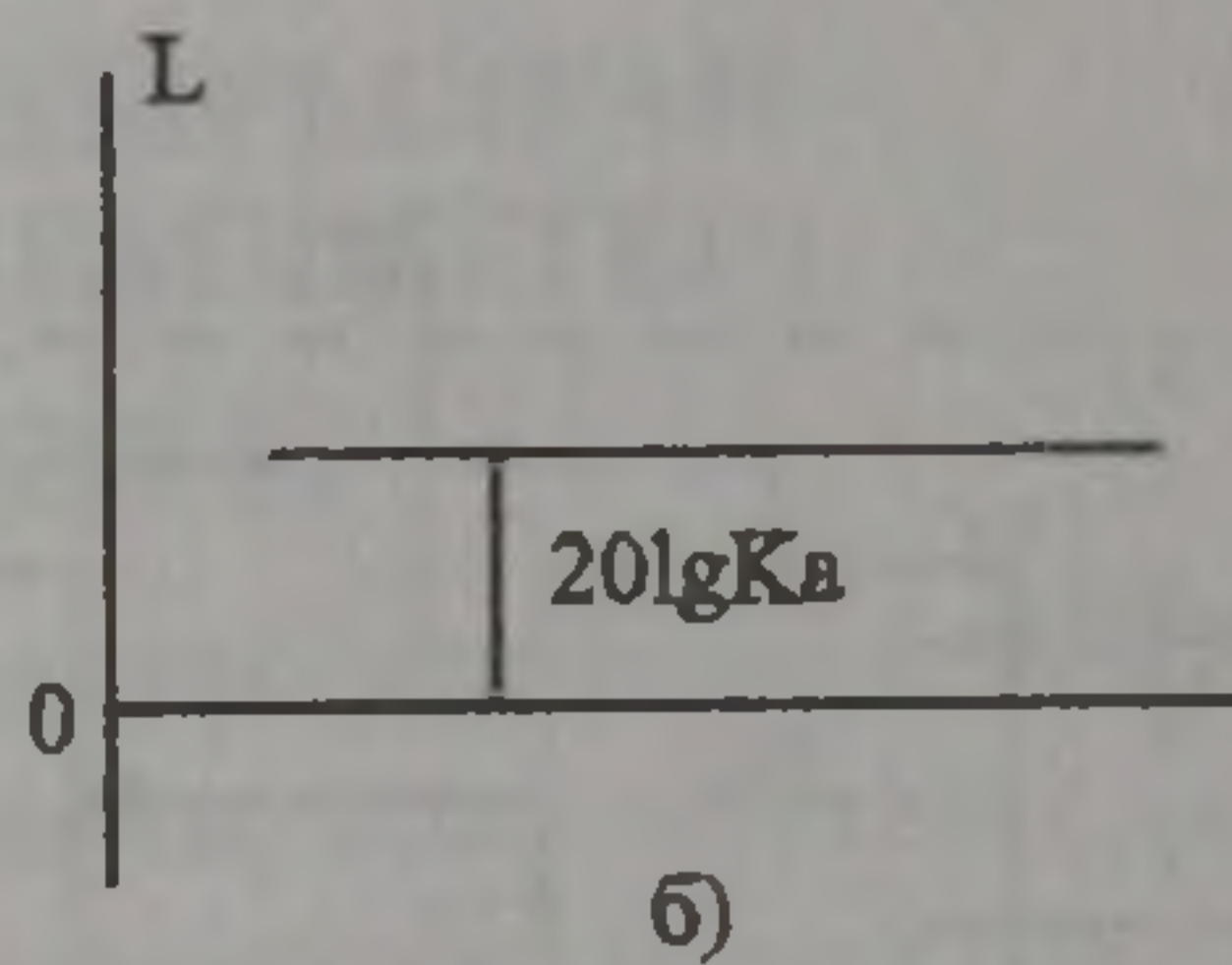
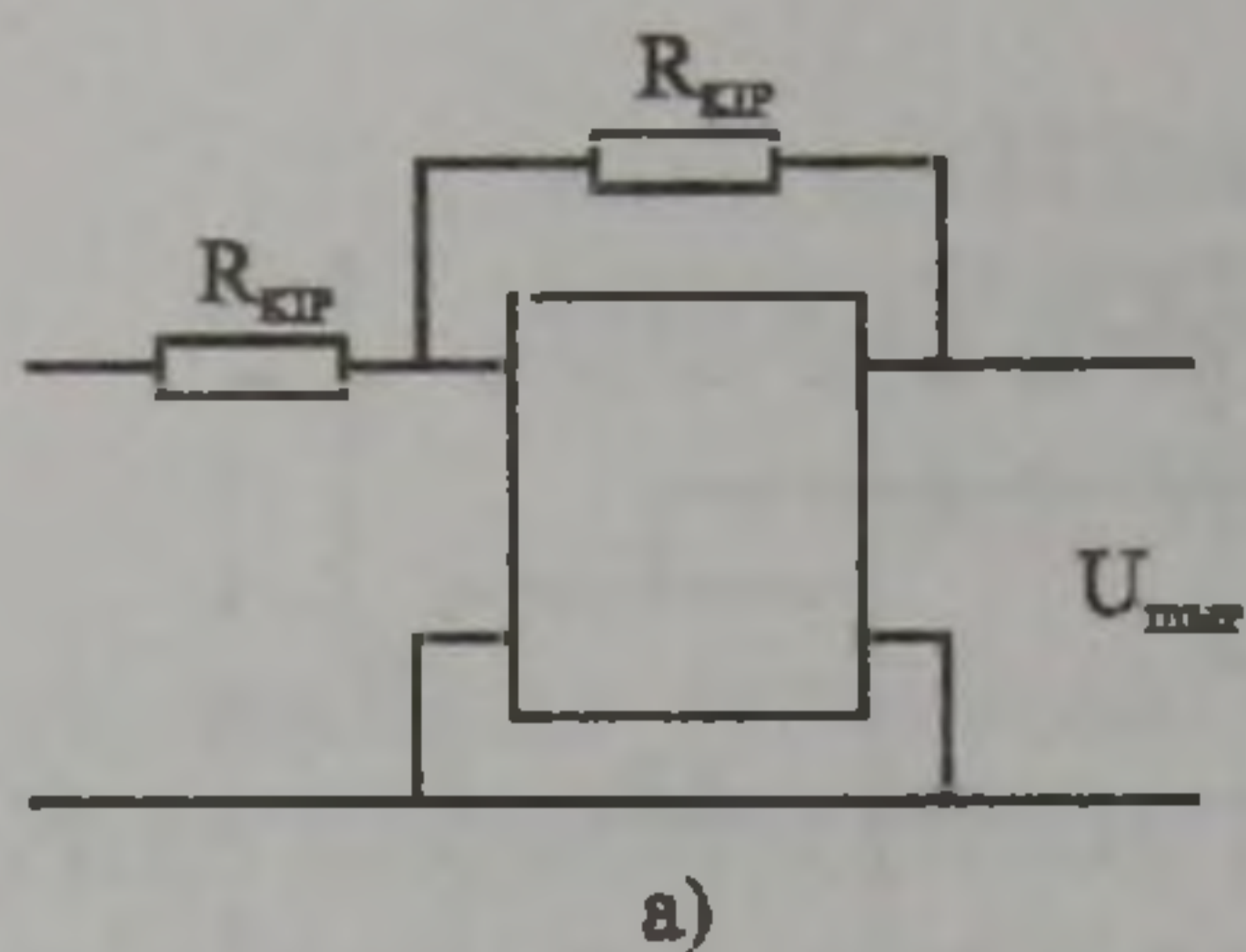
Өткізу жолы $f \approx 1$ МГц

Беріліс функцияларын, қосу сүбелерін және типтік реттегіштердің логарифмдік жиілік сипаттамаларын /ЛЖС/ қарастырайық.

1. Пропорционалды реттегіш /П-реттегіш/ дегеніміз қатаң кері байланыстағы күшейткіш, оның беріліс функциясы

$$W_{п}(P) = k_{п} \quad /8.1/.$$

/8.2а-сурет/, мұндағы $k_{п} = \frac{\Pi_{КК}}{R_{КІР}}$ - п - реттегішінің күшейту коэффициенті.



8-2 сурет. Пропорционалды реттегіш.

$W_{\Pi}(P) (=k_{\Pi})$ формуласына сәйкес өткізу жолынан шегінде ЛАЖС ω бұрыштық жиілік осіне параллелді, ал фаза - 0-ге тең /8.2,б- сурет/

2. Интегралдық реттегіш /U-реттегіш/ конденсаторды кері байланысқа қосу арқылы пайда болады /сурет 8.3,а/, мұнда интегралды функциясы орындалады:

$$W_u(p) = \frac{1}{T_n P} \quad /8.2./$$

Мұндағы $T_n = R_{кп} * C_{к.к}$ - интегралдау тұрақтысы, с. Шығыс сигнала-

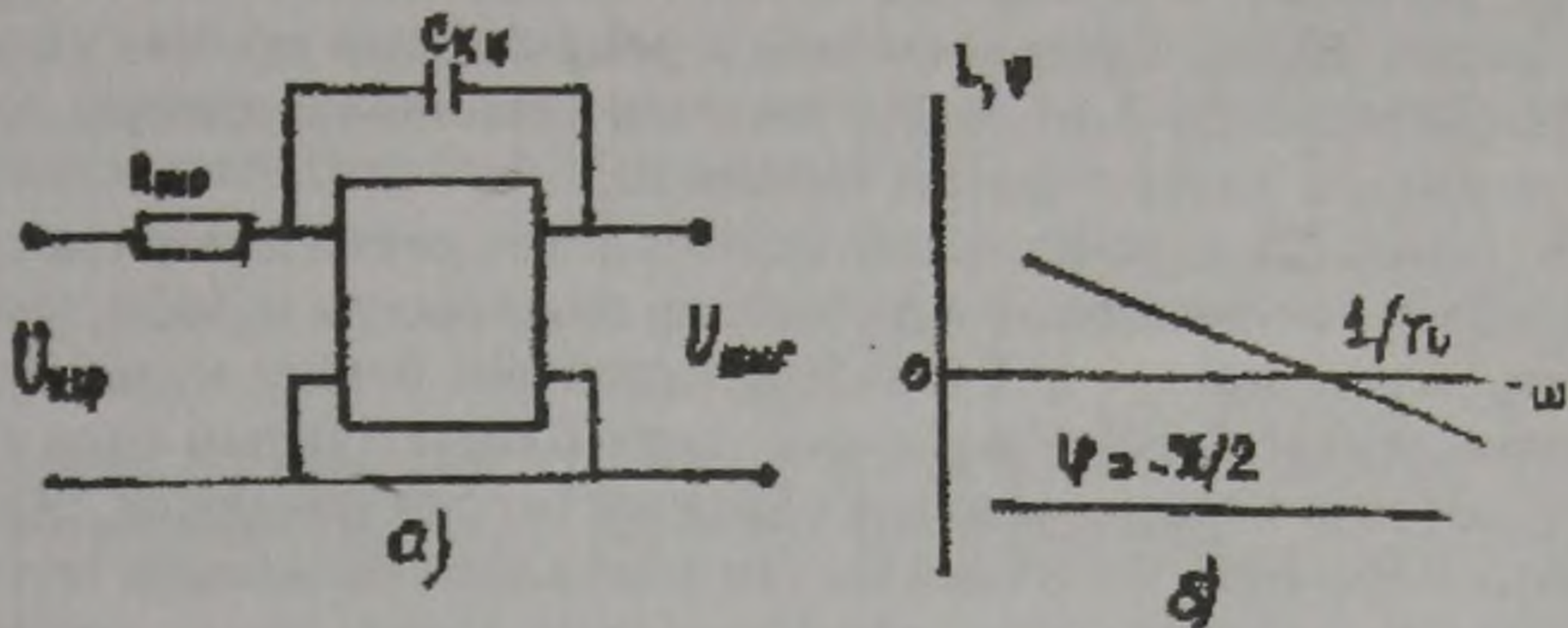
лының фазалық қозғалуы — $\frac{I}{I_n} \cdot R$, ал ЛАЖС /сурет 8.3,б/

3. Пропорционалды интегралдық реттегіш /ПИ — реттегіш/ дегеніміз П және И - реттегіштерінің параллелді қосылуы, яғни

$$W_{\Pi\Pi}(P) = W_p(P) + W_{\Pi}(P) = k_{\Pi} + \frac{1}{T_n P} = \frac{T_1 P + 1}{T_n P} \quad /8.3/$$

Өткізгіштік функцияны бір күшейткіштің кері байланысына активті-сыйымдылық кедергіні қосу арқылы алуға болады /8.4, а сурет/

$$Z_{к.к}(R) = k_{к.к} + \frac{1}{C_{к.к} P}$$



8-3 сурет. Интегралды реттегіш.

онда
$$W_{\Pi\omega}(P) = \frac{(R_{\text{к.к}} + 1)/(C_{\text{к.к}}P)}{R_{\text{к.ип}}} = \frac{T_{\text{ип}} + 1}{T_{\omega}P} \quad /8.4/$$

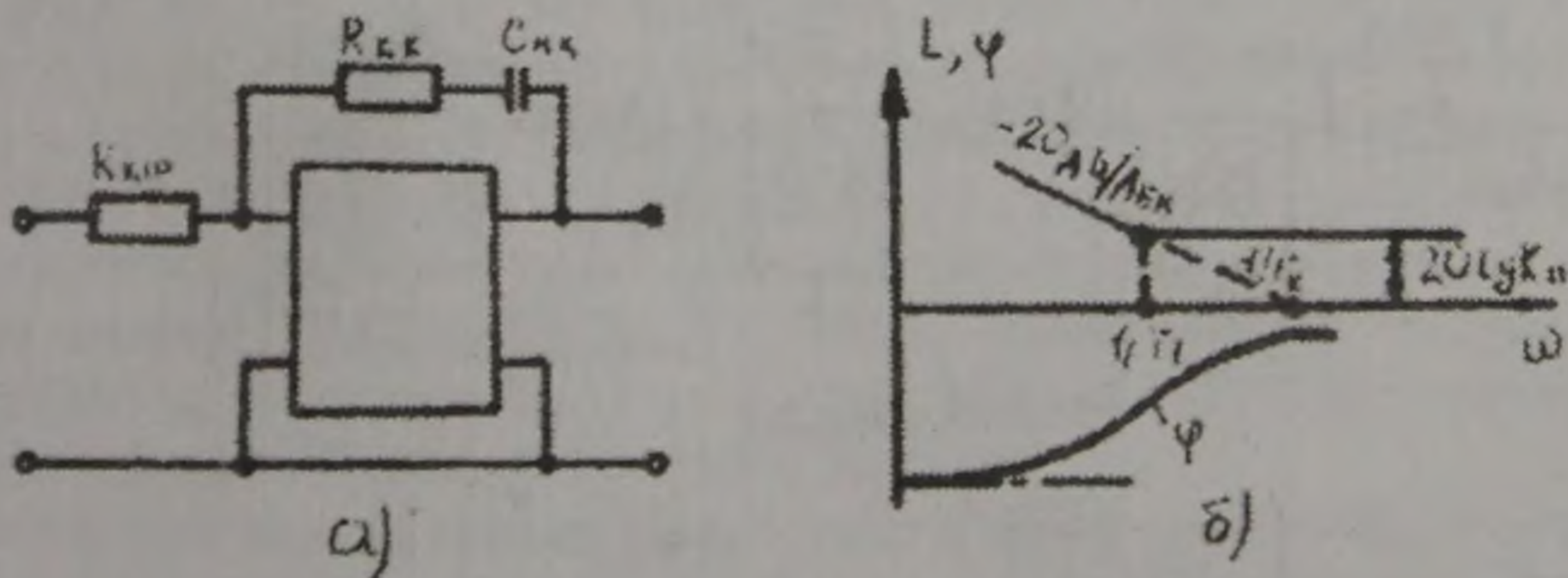
Мұндағы,

$$T_{\text{и}} = R_{\text{к.к}} C_{\text{к.к}} ; T_{\text{п}} = R_{\text{к.ип}} C_{\text{к.к}} ; k_{\text{т}} = \frac{R}{R_{\text{н}}}$$

- реттегіштің логарифмдік жиілік сипаттамасы /8.4,б/ суреттегідей түрде болады.

4. Пропорционалды - дифференциалдық реттегіш ПД-реттегіш П және Д – реттегіштердің функцияларын біріктіреді, яғни

$$W_{\text{ПД}}(P) = R_{\text{п}} + T_{\text{д}}P = R_{\text{п}}(T_{\text{д}}P + 1) \quad /8.5/$$



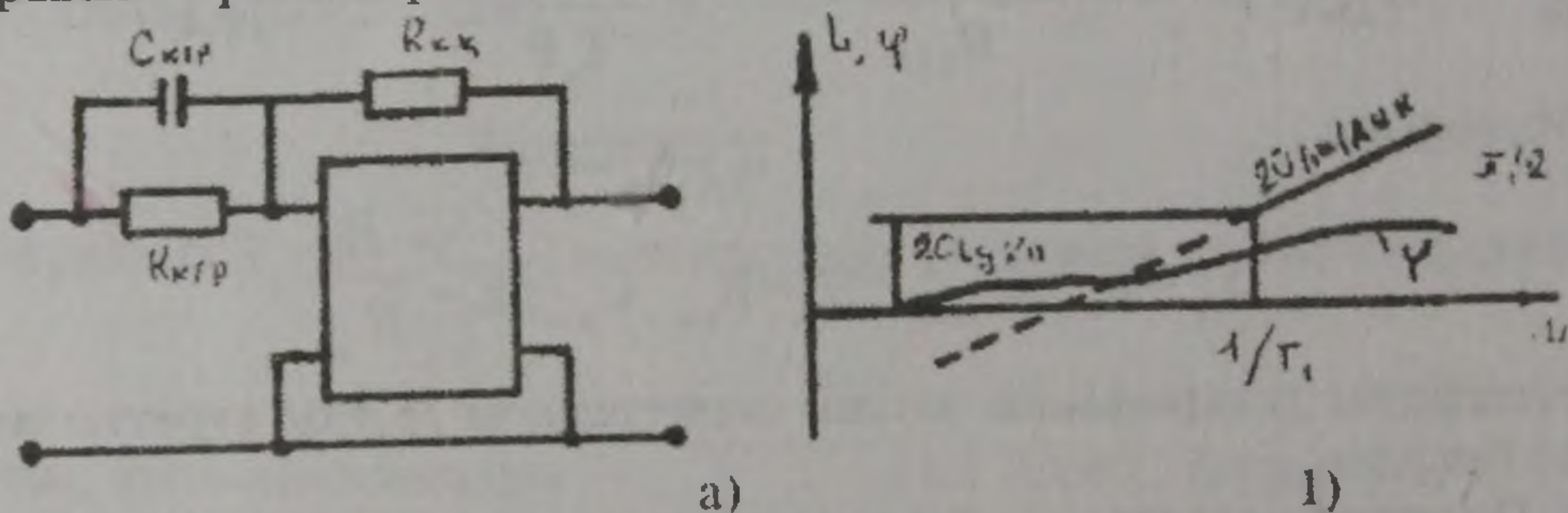
8-4 сурет. Пропорционалды-интегралды реттегіш.

Берілу функциясы /8.5/ конденсаторлы кіріс резисторына параллельді қосу арқылы алынуы мүмкін /8.5,а- сурет/.

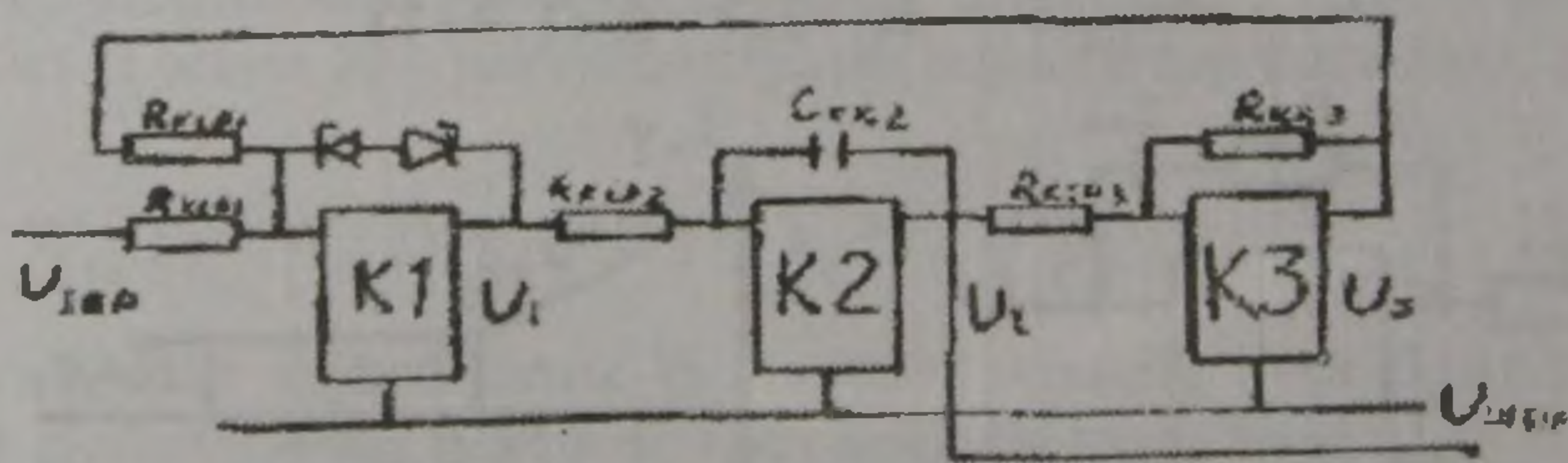
Онда,
$$W_{\text{ПД}}(P) = \frac{R_{\text{к.к}}}{\left[\frac{R_{\text{к.ип}}}{C_{\text{к.ип}}} \right] / \left[\frac{R_{\text{к.ип}}}{C_{\text{к.ип}}} \right]} = k_{\text{п}}(T_{\text{п}}P + 1) \quad /8.6/$$

ПД реттегіштің логарифмдік жиілік сипаттамасы /8.5,б-суретте/ көрсетілген. Бірақ, берілген сүбенің жұмысы едәуір жоғары жиіліктегі бөгеттермен қабаттасады, ал бұл бөгеттер үшін конденсаторы /кедергі б/ 0-ге жақын кедергі болып табылады.

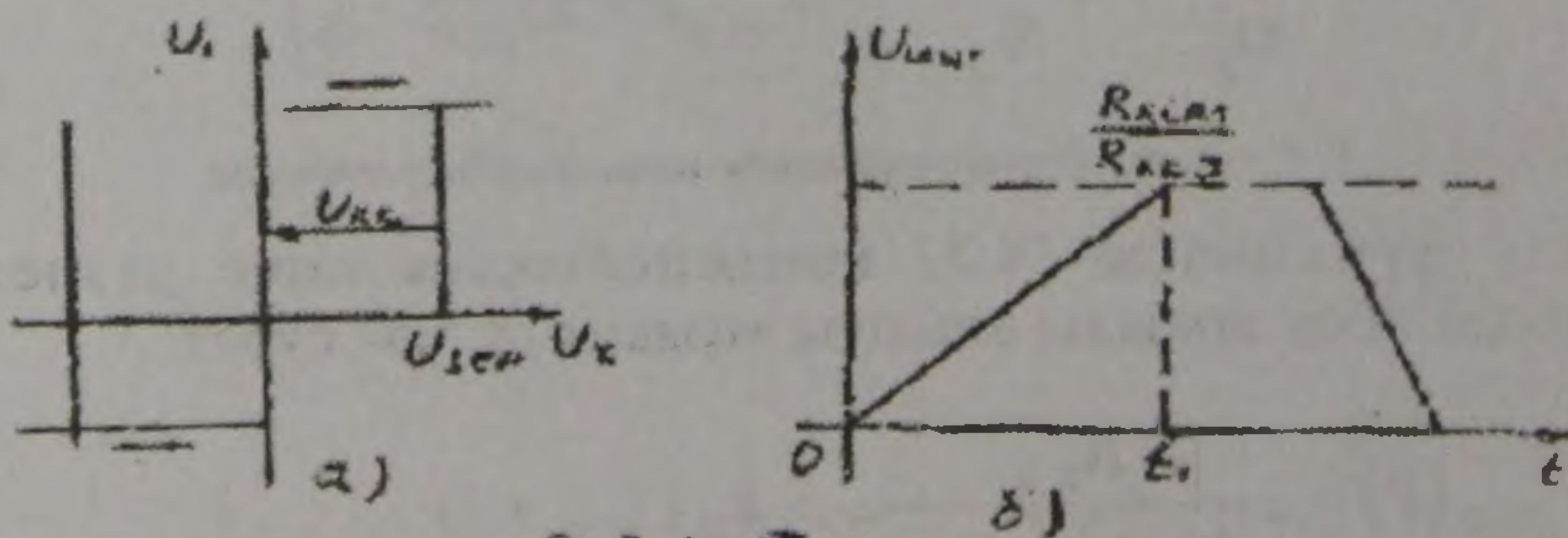
Операциялық күшейткіштер негізінде ток реттегіштер емес, сондай-ақ басқа да функционалды блоктар шығарылуы мүмкін, мысалы, басқару жүйесінде кіріс сигналын құрайтын берілу құрылғылары. Электржетектің басқару жүйесінде типтік бағыттау блок болып интегробергіш құрылысы немесе қарқын бергіш табылады. ҚБ-ның мақсаты - бағыттау сигналының бір дәрежеден басқасына өтуіндегі бірқалыпты өзгеруін құру, яғни сызықты үдеуді және сигналдың қажетті темпшен түсуін құру. 8.6-суретте күшейткіштен тұратын ҚБ құрылым сүбесі көрсетілген.



8-5 сурет. Пропорционалды-дифференциалдық реттегіш.



8-6 СУРЕТІП



8-7 СУРЕТІП

8-6 сурет. Күшейткіштен тұратын ҚБ құрылым сүбесі.

8-7 сурет. ҚБ құрылымының сипаттамалары.

Кері байланыссыз, бірақ шығыс кернеуінің U_1 шектеуімен бірінші K_1 күшейткіші тік бұрышты формалы сипаттамасымен болады. /8.7, а-сурет/. Екінші операциялық күшейткіш K_2 үздіксіз интегралдау темпімен интегратор болып жұмыс істейді;

$$U_2 = U_{\text{шығ}} = \frac{U_1}{R_{\text{КІР}}} C_{\text{КК2}} \cdot t \quad /8.7/$$

Интегралдау қарқыны $R_{\text{КІР2}}$ өзгерумен реттеледі. Үшінші күшейткіш K_3 кері байланыстың теріс кернеуін құрастырады.

$$U_3 = U_{\text{к.к.}} = - \frac{R_{\text{К.К3}}}{R_{\text{КІР3}}} U_{\text{шіә}} \quad /8.8/$$

Бағыттайтын кернеуді U_3 кіріске жеткізу кезінде шығыс кернеуі /8-7/ сәйкес сызықты өседі. $t_{\text{п}}$ — уақыт мезетінде $U_{\text{к.к.3}} = U_{\text{бер}}$ болғанда

интегралдау тоқталады және шығыс кернеуі $U_{\text{шығ}} = \frac{R_{\text{КІР3}}}{R_{\text{К.К}}} U_3$ мәніне

жеткенде, өзгермейді $U_3 = 0$. Кірістен бағыттайтын кернеуді ($U_3 = 0$) алғанда шығыс кернеуінің 0-ге дейінгі сызықты азайту процесі /азайтық/ жүргізіледі /8.7, в сурет/.

8.2. ҮЙЛЕСІМДІ ЭЛЕМЕНТТЕР

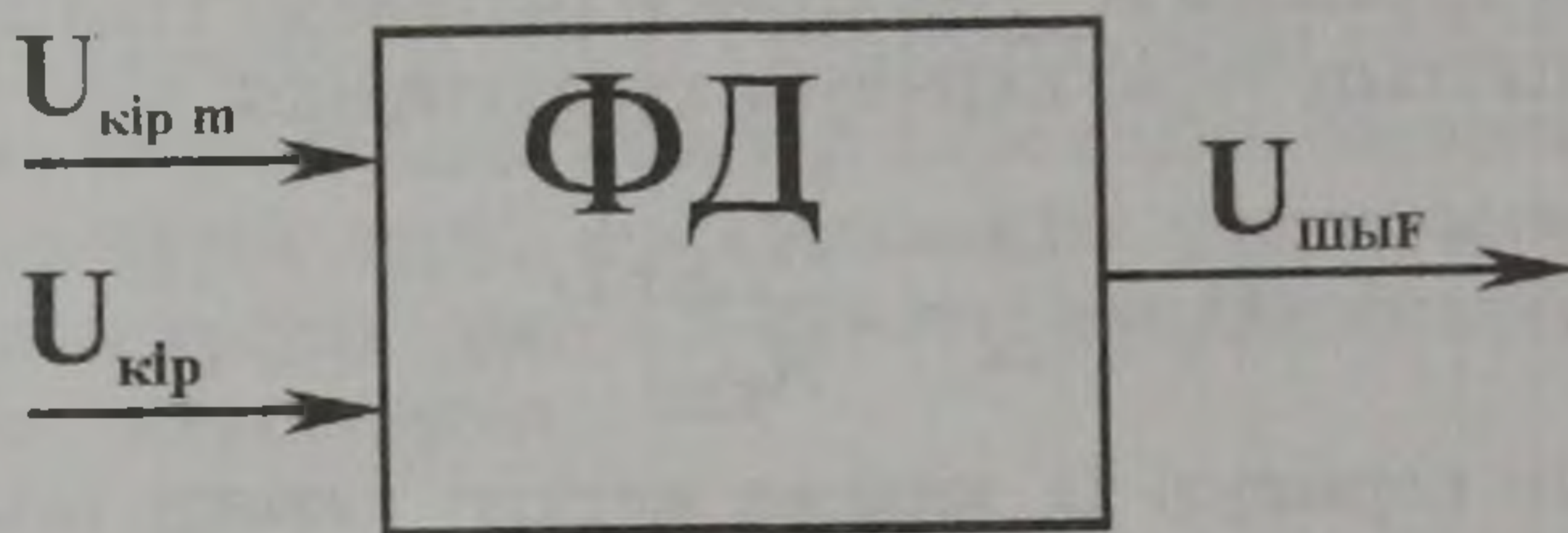
Басқару жүйесі құрамындағы функционалды элементтер-датчиктер, реттегіштер, бағыттау блоктары-сигнал типі, тоқ түрі, кедергі және қуат т.б. бойынша әртүрлі болуы мүмкін. Сондықтан элементтерді қосуда олардың сипаттамаларын үйлестіру мақсаты пайда болады. Бұл мәселені үйлесімді элементтер шешеді. Берілген элементтер тобына тоқ түрін үйлестіретін цифрлі аналогты және аналогты-цифрлі түрлендіргіштер, кіріс және шығыс кедергілерін үйлестіретін эмиттерді қайтарғыштар, қуат күшейткіші, гальвандық бөлгіштер және басқа элементтер жатады.

Үйлестіру функциясын басқа мақсаттарға бағытталған басқа да элементтер жасауы мүмкін. Мысалы, /8-1- параграфта/, қарастырылған операциялық күшейткіш инверттік кіріске шығыс кернеуін қосқанда инверттік емес кіріске қарағанда эмиттерді қайталаушы болып шығады. Гальвандық бөлу үшін кернеу датчигі пайдаланылады. Мұндай және осыған ұқсас элементтер бөлігі болады және осы параграфта қарастырылмайды.

Үйлесімді элементтер тобын функционалды едәуір қиын және сонымен қатар типті элементтерді қарастыру үшін бөліп алайық-фа-

залық детекторлар, және цифрлы-аналогты және аналогты-цифрлы өзгерткіштер.

Фазалы детектор /ФД/ ғылыми техникалық әдебиетте бірқатар басқа атауларын алды: фазасызгіш кернейткіш. Фазасызгіш түзейткіш, фазалы дискриминатор, демодулятор. Әр атауда берілген элементтің қарастырылатын сүбедегі негізгі функциясын көрсету талабын жасайды. Таралған атауды алайық; фазалы детектор оған берілген элементке сай барлық функцияларды жатқызамыз.



8-8 сурет. ФД үйлесімді элементі.

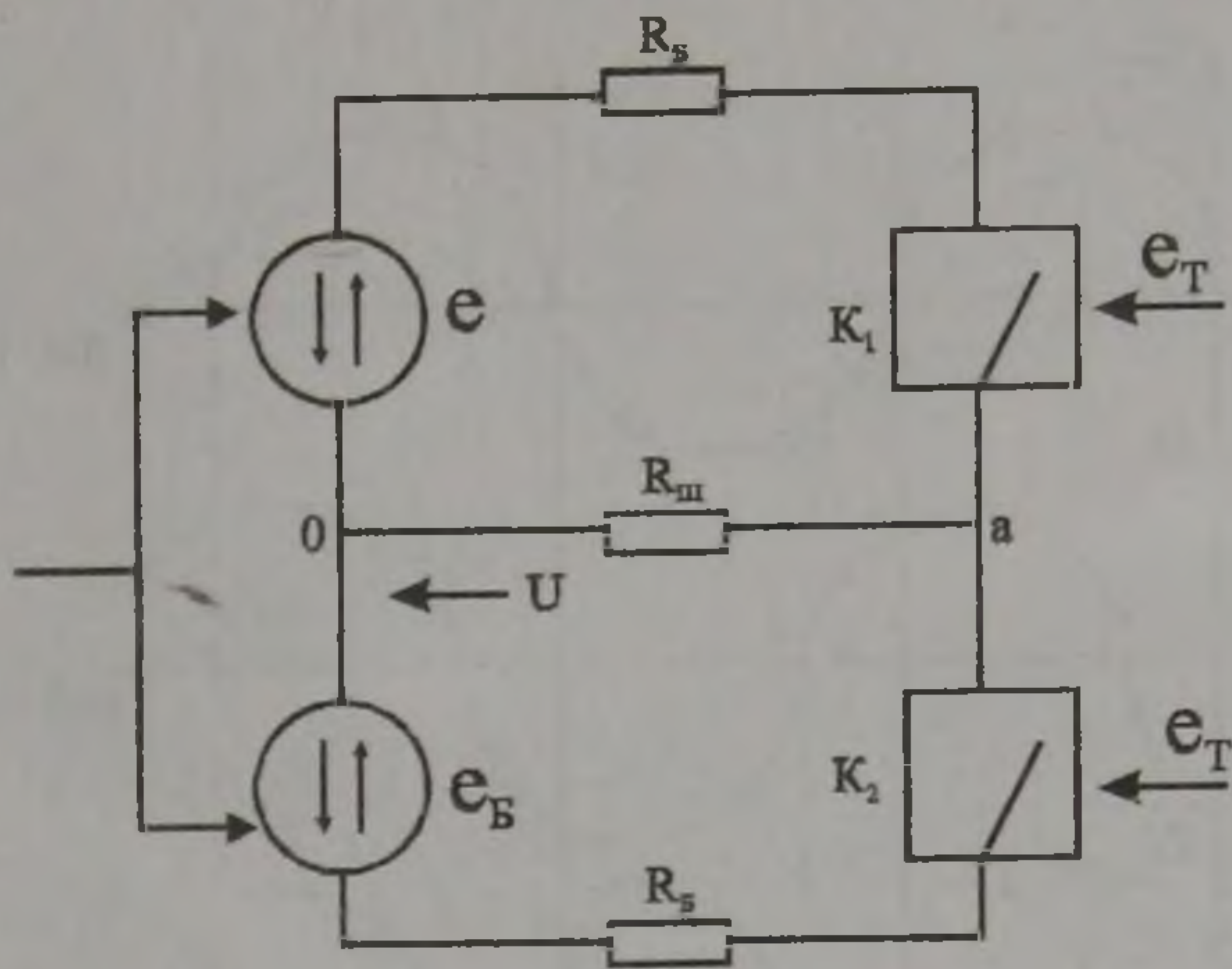
ФД міндеті U_{kip} тұрақты ток шығыс кернеуіне /сурет 8.8./ U_{kip} өзгермелі ток кіріс кернеуінің өзгертілуі, $U_{шығ}$ - ның полярлығы және амплитудасы кіріс кернеуінің фазасына байланысты φ .

Осыған байланысты ФД екі кіріс координаталарын $U_{kip,m}$ және φ және бір шығыс координатын $U_{шығ}$ алады. ФД жұмысының екі режимі жұмыс режимін ажыратады: екі мәннің біреуін алып О немесе А. $P \cdot U_{kip,t} = u \alpha z$ және $U_{шығ} = f(U_{kip,t})$, кіріс кернеуінің фазасы біртекті болатын амплитудалық режим;

$$\begin{aligned} U_{kip,t} &= \text{const}, \quad j = u \alpha z && \text{және} \\ U_{шығ} &= f(\varphi) && \text{болатын фазалық режим.} \end{aligned}$$

Амплитудалық режимде /ФД/ тұрақты токтың бақылау жетегіндегі ток басқару сигналын ауыспалы тоғымен келіспейтін сигналының түрлендіргіш ретінде, ауыспалы токтың, тахогенератордың шығу сигналының түрлендіргіші ретінде, ауыспалы тоғындағы аралық күштегі күшейткіштердегі шығу каскады ретінде қолданылады. Фазалық режимде ФД бақылайтын және басқаратын шама ретінде біртекті өзгергіш фаза пайдаланатын басқару жүйесінде қолданылады. Бұл режимде ФД қоректі фазаайнымалы құрылғылардан алады.

Фазалық детекторға кернеу күшейткішінің функциясы қолданылмайды. Сондықтан ФД күшейткіш коэффициенті 1-ге жақын.



8-9 сурет. Екі жарты периодты ФД орынбасу есеп сүбесі.

8.9- суретінде екі жарты периодты ФД орынбасу есеп сүбесі көрсетілген. Сүбе вентильдер функционалды К1 және К2 кілттермен ауыстырылған нольдік түзеткіш сүбесіне сай кедергісі а, О кілттерін және E_6 басқаруындағы ЭҚК көздерінің орталық нүктелерін қосады. Әр контурға $R_с$ басқаруындағы ЭҚК көзінің ішкі кедергісі енгізілген. Кілттер күйін мынандай алгоритмге сәйкес Э.Қ.К. $E_{тiр}$ тіреуі басқарады; $E_{тiр} > 0$ үшін К1 қосылған, яғни $Y_{к1} = 1$, ал К2 қосылмаған, яғни $Y_{к2} = 0$; $E_{тiр} < 0$ үшін $Y_{к1} = 0$, ал $Y_{к2} = 1$.

Берілген алгоритм мына формулалармен келтірілуі мүмкін.

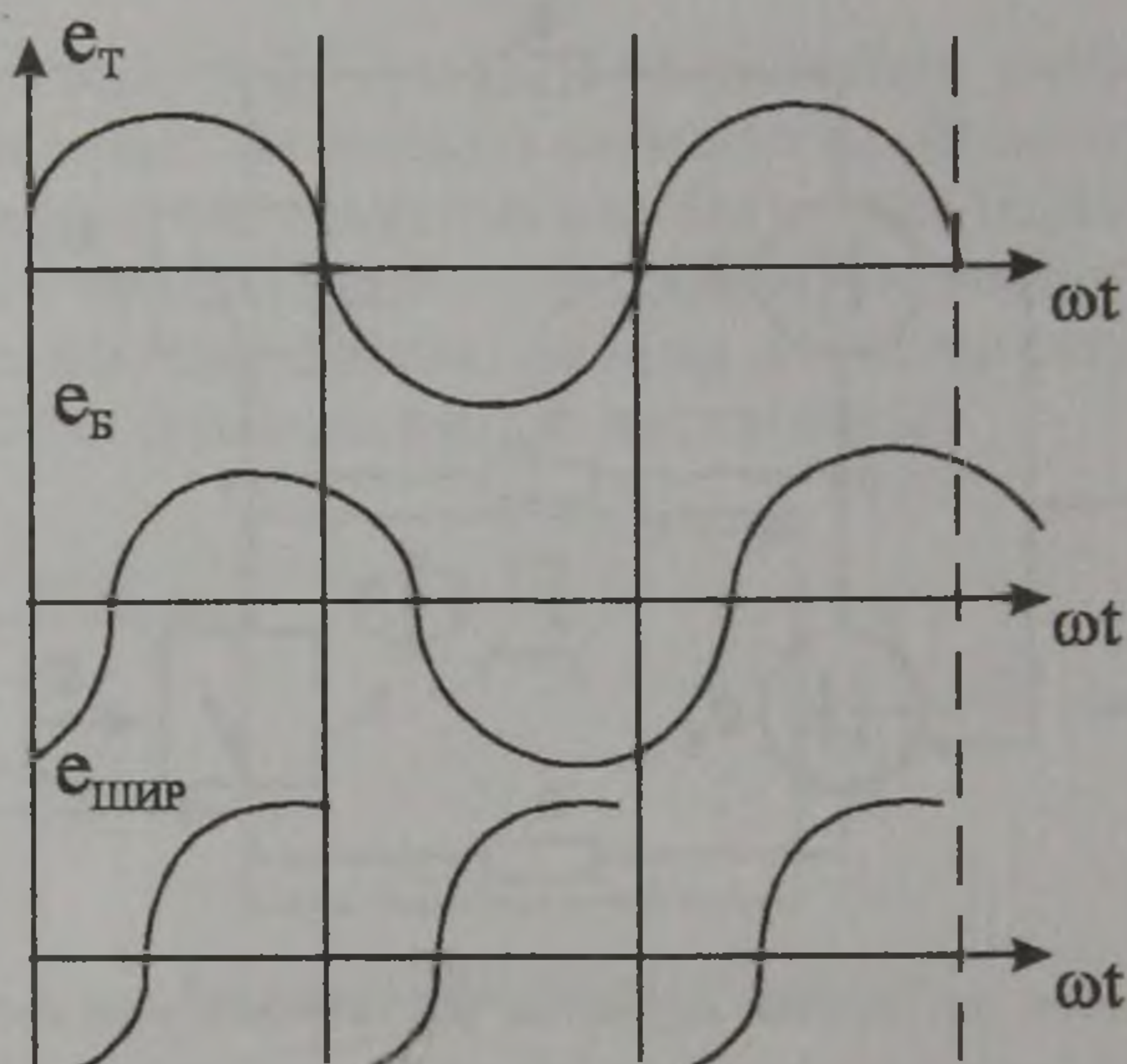
$$\begin{aligned} Y_{к1} &= (1 + \text{Sgn } E_{тiр}) / 2 \\ Y_{к2} &= (1 - \text{Sgn } E_{тiр}) / 2 \end{aligned} \quad /8.9./$$

Тұйықталған К1 кезінде ЭҚК $E_{шығ}$, О нүктелері арасында $E_Б$ -ге тең, ал тұйықталған К2 кезінде $E_{шығ} = E_Б$, яғни

$$E_{шығ} = E_Б Y_{к1} - E_Б Y_{к2} \quad /8.10/$$

/8.9./- ды /8.10/-ға қойып

$$E_{шығ} = E_Б \text{Sgn } E_{тiр} \quad /8.11/$$



8-10 сурет. ЭҚК шығысының өзгеру диаграммасы.

/8.10/ және /8.11/ алгоритмдеріне сәйкес келетін ЭҚК шығысының өзгеру диаграммасы 6.10- суретінде келтірілген.

Егер

$$E_{\text{тир}} = E_{\text{тир.т}} \sin \omega t$$

және

$$E_{\text{Б}} = E_{\text{БТ}} \sin (\omega t - \varphi) \text{ болса,}$$

Онда түзетілген ЭҚК шығысының орта мәні

$$E_{\text{д}} = \frac{2}{T} \cdot \int_0^{T/2} E_{\text{ао}} \sin (\omega t - \varphi) dt = \frac{2}{\Pi} E_{\text{дТ}} \cos \varphi \quad M_i - M_{\text{сi}} = M_{\text{козкі}} = J \frac{\Delta \omega}{\Delta i}$$

болғандықтан, ал шығыс кернеуінің орта мәні

$$U = \frac{R_{\text{H}}}{R_{\delta} + R_{\text{H}}} E_{\text{д}}$$

$$U_{\text{шы}} = \frac{2}{\Pi} k_{\delta}' \frac{R_{\text{H}}}{R_{\delta} + R_{\text{H}}} U_{\text{КІР.Т}} \cos \varphi \quad /8.12/$$

мұнда $k_{\text{Б}}^1$ – кіріс кернеуінен ЭҚК контурына берілетін коэффициент. $\varphi = \text{const} = 0$ немесе $\varphi = \text{const} = \pi$ және $U_{\text{кірт}} = u \alpha z$ болатын ФД амплитудалық режимі орын алады

$$U_{\text{шыт}} = k_{\text{ФД}} U_{\text{кірт.т}} \quad /8.13/$$

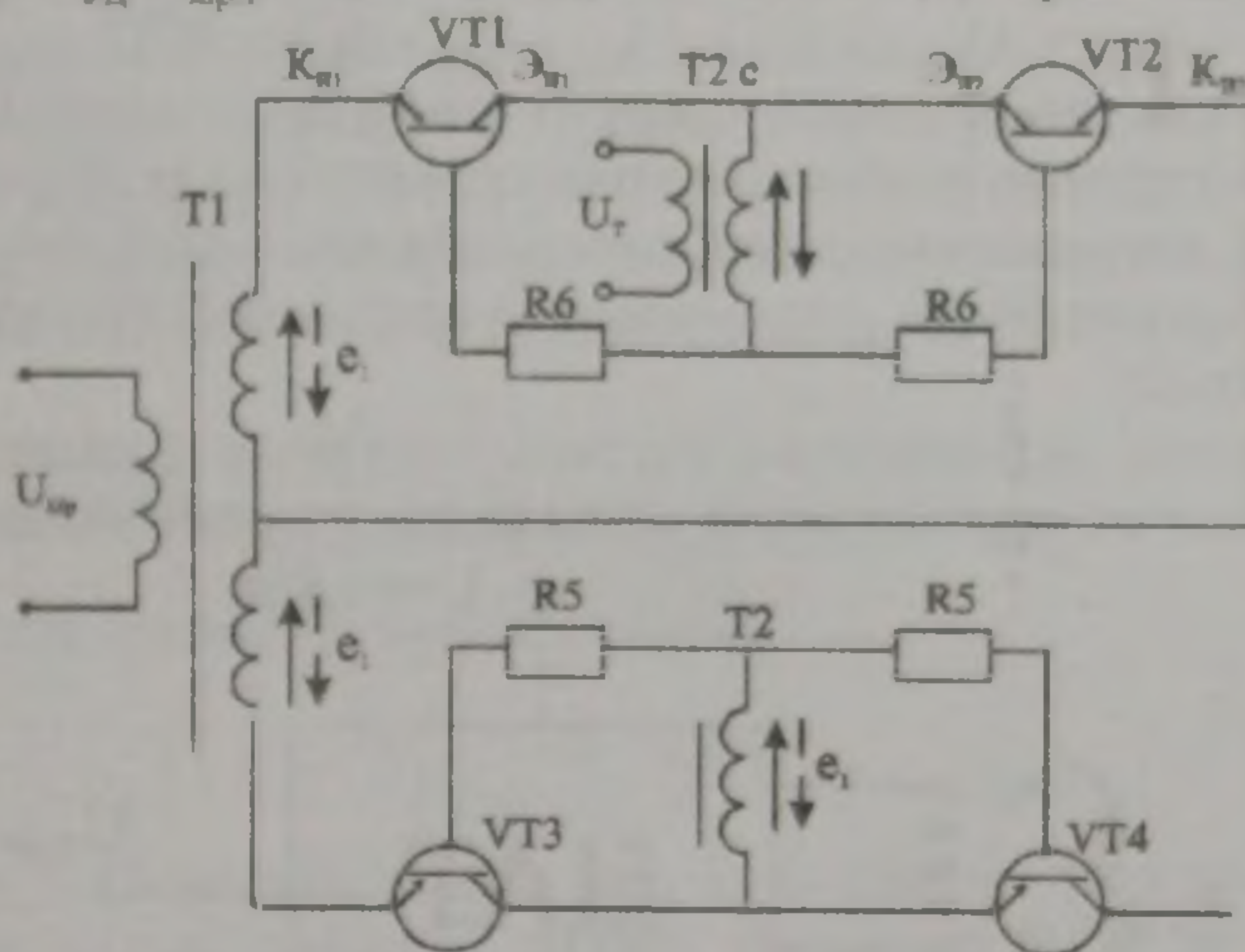
мұндағы $k_{\Phi A} \left(\frac{dt_{ab}}{dS_n} = 0 \right)$ амплитудалық режимдегі ФД күшейткіші.

$U_{\text{кр.т}}$ және $\varphi = \omega \alpha z$ үшін ФД фазалық режим орын алады, ал ол үшін;

$$U_{\text{шығ}} = k_{\Phi D} U \cos \varphi = k_{\Phi D} U_{\text{кр.т}} \sin \varphi \quad /8.14/$$

мұндағы $t_T = T_M \left(\frac{1}{4Sa} + \frac{S_a}{2} \ln 2 \right) - \varphi$

Кіші φ үшін $U_{\text{шығ}} \approx k_{\Phi D} U_{\text{кр.т}} \varphi = k'_{\Phi D} \varphi \quad /8.15/$
 мұндағы $k_{\Phi D} = k'_{\Phi D} U_{\text{кр.т}}$ — фазалық режимдегі ФД беріліс коэффициенті.



8-11 сурет. Екі жарты периодтық тиристорлық сүбе.

ФД сүбелерінің мысалдарын қарастырайық 8.11 суретінде екі жарты периодтық транзисторлық сүбе /5/ келтірілген.

$VT_1 - VT_4$ транзисторлары кілт режимінде жұмыс істейді, яғни уақыттың түрлі мезетінде 2 шеткі күйдің біреуінде болады; олар толық ашық болғандағы қанықтыру режимі, немесе олар толығымен жабық болғандағы кесу режимі әр кілттің сүбесін қарама-қарсы жүйелі қосылған р-п-р VT_4, VT_2 және VT_3, VT_1 типтегі екі транзистор құрайды. Бұл екі транзисторлық сүбедегі бір транзисторлық вариантқа қарағанда кілттің едәуір сапалы функциясын береді.

Кілт сүбесі транзистордың инверті қосылуын пайдаланады, бұл жағдайда коллектор эмиттер, ал эмиттер коллектордың функциясын орындайды. Осындай функцияның өзара ауысушылығы мүмкін, өйткені транзисторды эмитторлық және коллекторлық ауысулар арасында принциптік өзгешеліктер жоқ, бірақ нормалы қосу үшін пайдаланатын кристалл транзисторлары құрғанда І-ге жақын эмиттер тоғының беріліс коэффициентін алуға тырысады, практикада

$$\alpha = \Delta I_k / \Delta I_3 \approx I_k / I_3 \approx 0,93 \div 0,99 \quad /8.16/$$

мұндағы ΔI_k , I_k – коллектор тоғы және оның өсімшесі,
 ΔI_3 , I_3 – эмиттер тоғы және оның өсімшесі

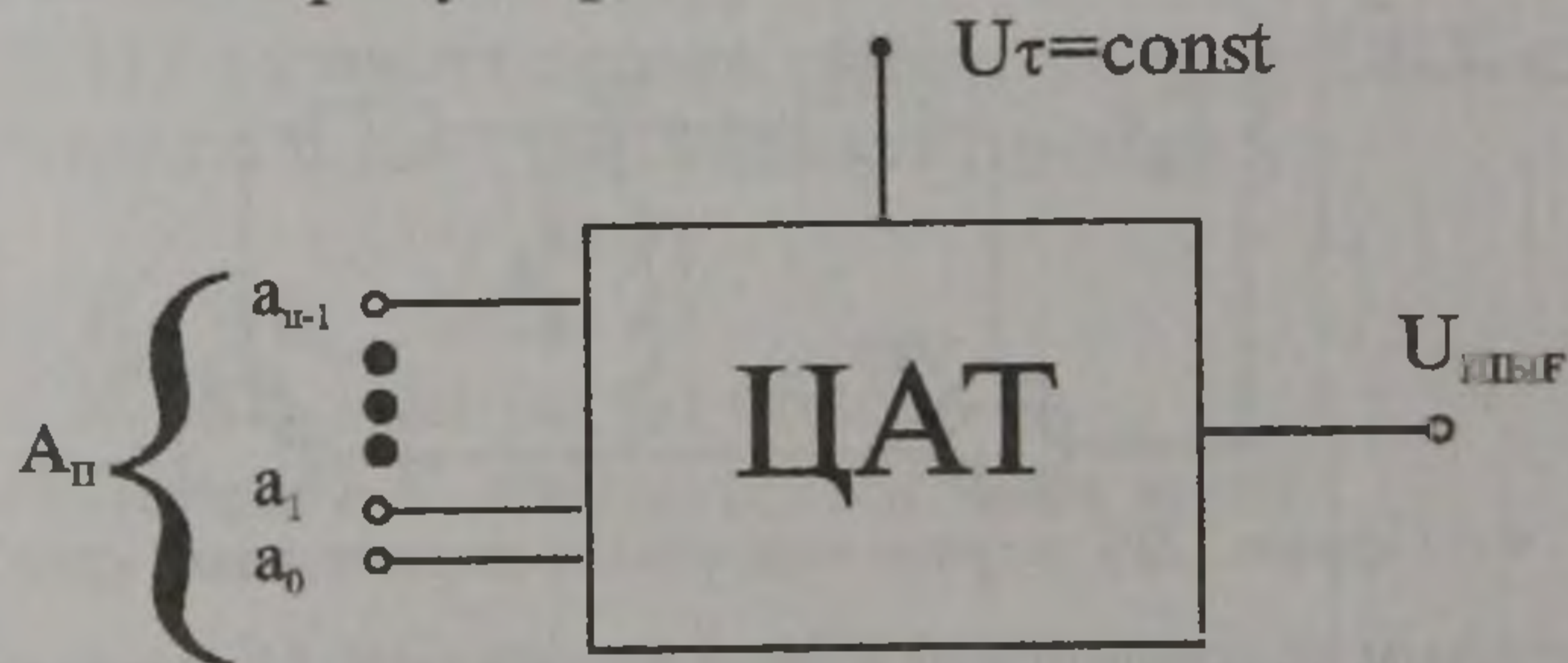
Осы шарттың орындалуы үшін 5,36 эмиттерлі облыста база облысымен салыстырғанда үлкен концентрациясы құралады, нәтижесінде эмиттердің тура тоғы инжектор эмиттермен базаға инжекторландырылған жеткізулермен анықталады. Орын ауыстыру кезінде инжекторландырылған жеткізушілер негізінен коллекторлы өту облысына түсуі үшін оның ауданы эмиттерлі өту ауданынан бірнеше есе үлкен. Бұл жағдайлар инверсті қосудағы (7) транзистор тоғы бойымен беріліс коэффициентінің төмендеуіне әкеледі;

$$\alpha_n = \Delta I_{к.п} / \Delta_{э.п} \approx I_{э.п} / I_{э.п} \approx 0,6 \div 0,87 \quad /8.17/$$

Басқару системасының цифрлі бөлігін аналогты бөлігімен келістіретін цифрлы-аналогты түрлендіргішті қарастырайық.

ЦАТ кіріс координаты екілік көп разрядты сан $A_n = a_{n-1} \dots a_1 \dots a_0$, ал шығыс координаты $U_{тр}$ тіреу кернеуі негізінде 8.12- суретте құрылған $U_{шығ}$ кернеуі.

ЦАТ сүбелері резисторлық матрица негізінде құрылады, ал оның көмегімен шығыс кернеуі кіріс санына пропорционалды



8-12 сурет. Цифрлы-аналогты түрлендіргіш.

болып тоқ және кернеулер қосындысы пайда болады. ЦАТ-тың құрамында 3 негізгі бөлімдерді бөлуге болады; резисторлық матрица, электрондық кілт, кіру санын басқару және жинақтаушы күшейткіш, шығу кернеуін қалыптастыру. 8-13-суретінде реверс істелмейтін ЦАТ көрсетілген. Кіру екілік санының A_n әр разрядына сәйкес кедергі $R_i = R_0 / 2^i$ болады, бұл жерде R_0 – кіші разрядтың кедергісі, O_m . Резистор R_i қоректену кезіне тірек кернеуімен $U_{тр}$ электрондық кілт K_i арқылы қосылады, ол $O_i = 1$ кезде тұйықталады және $\alpha_i = 0$ кезде ажыратылады. Бұдан кедергінің кіру тізбегінің i -ші разряды үшін анықтаушы формуласы $R_i = R_0 / (2^i \alpha_i)$ /8.18/ болады. $\alpha_i = 0$ кезде $R_i = \infty$ яғни тізбек ажыратылған, ал $\alpha_i = 1$ үшін тізбек қосылған және $R_0 / 2^i$ кедергісі бар. Операциондық күшейткіштің K шығу кернеуі f , кіру тоқтарын жинақтаушы, /8.18/-ді есепке ала отырып, мына формуланың көмегімен табылады;

$$U_{\text{шығ}} = - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{R_{\text{К.К}}}{R_i} U_{\text{ТІР}} = - \frac{R_{\text{К.К}}}{R_0} U_{\text{ТІР}} (\alpha_{n-1} 2^{n-1} + \dots + \alpha_1) R_0 \quad /8.19/$$

ЦАТ басқарудың мінездемесі сатылы форма болып, кіші разрядқа сәйкес, кернеуі бойынша дискреттелген. $V_{\text{шығ}} = \varphi(A_{\text{П}})$

$$\Delta V_{\text{с}} = \frac{R_{\text{К.К}}}{R_0} \cdot V_{\text{ТІР}} = K_{\text{FOB}} \quad /8-20/$$

ΔV , мөлшері осымен қатар ЦАТ-тың орталандырылған беріліс коэффициенті $K_{\text{ЦАТ}}$ болып табылады.

Қарастырылған сүбе әртүрлі номиналды кіру разрядтың кедергілерін қарастырады. Неғұрлым разряд үлкен болса, соншама кедергі кіші және ток үлкен, соншама резистордың кедергі мәнін жасау дәлдік класына жоғары талап қойылады разрядтың жан-жаққа лақтыру тоғы ең кіші разрядтық тоғынан кіші болу керек, яғни

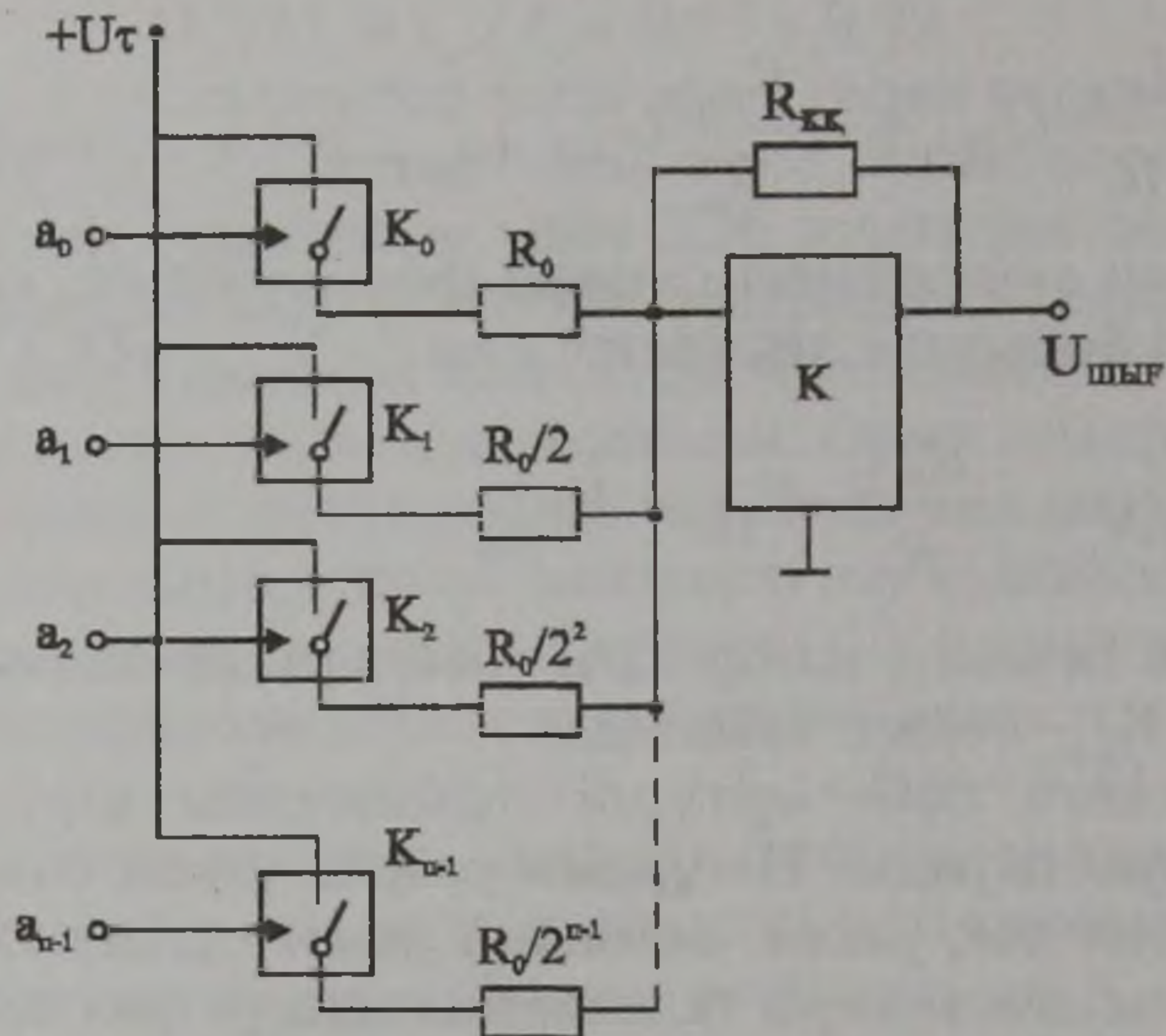
$$\Delta I = \frac{\Delta V_{\text{ТІР}}}{R_{\text{ІОПТ}} - \Delta R} - \frac{V_{\text{ТІР}}}{R_{\text{ІОПТ}} + \Delta R} \triangleleft \frac{V_{\text{ТІР}}}{R_0} \quad /8-21/$$

Бұдан қажетті салыстырмалы дәлдік;

$$\Delta R / R_{\text{ІОПТ}} = 1/2^{i+1} \quad /8-22/$$

Сонымен, 8.22-ге сәйкес $n = \infty$ разрядты санына резистордың үлкен разрядын жасаудың талапты дәлдігі шамамен 0,1% ол стандартты элементтердің практикада жүзеге асырылған дәлдіктен едәуір үлкен. Ірі разрядты сан болғанда, резистордың кедергі мәнімен дәлдік класының әртүрлілігі керек. Бұл жетіспеушілік осы сүбедегі кішкентай разрядты түрлендіргіштерді қолданылуына шек қояды. Сүбенің басқа жетіспеушілігі кілтке толық кернеу берілуі, ол электрондық кілттің сүбесін күрделендіретін және паразиттік сыйымдылықтардан ауыстырып қосу жиілігін төмендетеді. Сүбеде белгіленген жетіспеушіліктердің көбісі жойылады, кейбірлерінде әрдайым тоқтармен сүйірленетін біртектес резисторлар мен электронды кілттер қолданылады.

Басқару жүйесі қарамындағы функционалды элементтер – датчиктер, реттеуіштер, бақылау блоктары, ток түрі т.б. әр түрлі болуы мүмкін. Сондықтан элементтерді қосуда олардың сипаттамаларының үйлестіру мақсаты осылай болады.



8-13 сурет. Реверс істелмейтін ЦАТ.

8.3. БҰРЫШ ДАТЧИКТЕРІ

“Бұрыш датчигі” термині бұрышты координаты электр кернеуіне түрлендіретін құрылғыны түсіндіреді. Бұл кернеу АЭЖ жүйелерінде бұрыштың кері байланыс сигналымен немесе тапсырма бұру құрылғылардың басқару сигналы болып қолданылады. Бұрыш датчиктері байқау жүйелерінде атқарушы білігінің бұрыш айналуын өлшеуге қолданылады. Жүйені қимылдату тапсырмасы бұрыш датчигінің көмегімен орындалуы мүмкін. Оның бұрыштық координаты команда өсінің бұрылу бұрышы болып табылады. Екі датчиктің сигналдарының айырымы, яғни сәйкес келмеуі жүйенің кірісіне басқару сигналы болып беріледі. Бұл жағдайда 2 датчикті біріктіріп, сәйкес келмеу датчигі деп қарастырады. Бұрыштың ауыспалық тапсырмасы командалық осі білігінің бұрыш датчигісіз қалыптасуы мүмкін. Бұрыш датчиктерінің сүбесінде сельсиннің кіру координатасы-ротордың бұрыш айналуы, Θ , ал шығу координатасы $U_{\text{шығ.т}}$ амплитудасы немесе φ фазасының шығу кернеуі ауыспалы тіреу кернеуінің арасындағы қатынас /сур.8.1.,а/. Шығу координатасының әр-түрін қолданылуына байланысты амплитудалық режимге ($\varphi = \text{const}$, ал $U_{\text{шығ.т}} = f(\Theta)$) және ($U_{\text{шығ.о}} = \text{const}$, ал $\varphi = f(\Theta)$) фаза айналдырушы режимге бөледі.

Амплитудалық режимде қозу орамы ауыспалы тоқты электр желісінен қоректенеді. 8.1,б сурет.

$$U_{\text{к}} = U_{\text{к.т.}} \sin \omega t \quad /8.23/$$

Магниттік тасқын, қозу орамының өсінің бойымен әсер етіп, статор орамының фазаларында тиісті ЭҚК қозғайды, шашырау тасқы-

нымен және қосу орамының активті кедергісін ескермей отырып, фазаның ЭҚК келесі түрде жазылады;

$$e_A = k_T U_{K.T} \cos \theta \sin t \quad /8.24/$$

$$e_B = k_{K.T} \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \sin \omega t \quad \}$$

$$e_C = k_{K.T} \cos\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right) \sin \omega t$$

мұндағы $k_T = E_T / E_{K.T} \approx E_T / U_{K.T}$ – біліктес кездегі фазалы статорлық және роторлық орамдары арасындағы трансформация коэффициенті.

Бұл жерде статордың А фаза осінің сызықтық орамы роторды Θ айналу бұрышының санау басы болып алынады. Линиялық ЭҚК әртүрлі фазалы ЭҚК арасындағы айырмашылығымен анықталады;

$$e_{AB} = e_A - e_B = \sqrt{3} k_T U_{K.T} \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta\right) \sin \omega t \quad /8.25/$$

Егер бұрыштың санау басын $\frac{\pi}{3}$ -ға в фаза бағытына көшірсе,

онда $\Theta' = \frac{\pi}{3} - \theta$ бұрышқа қарағанда жаңа санау жүйесінде

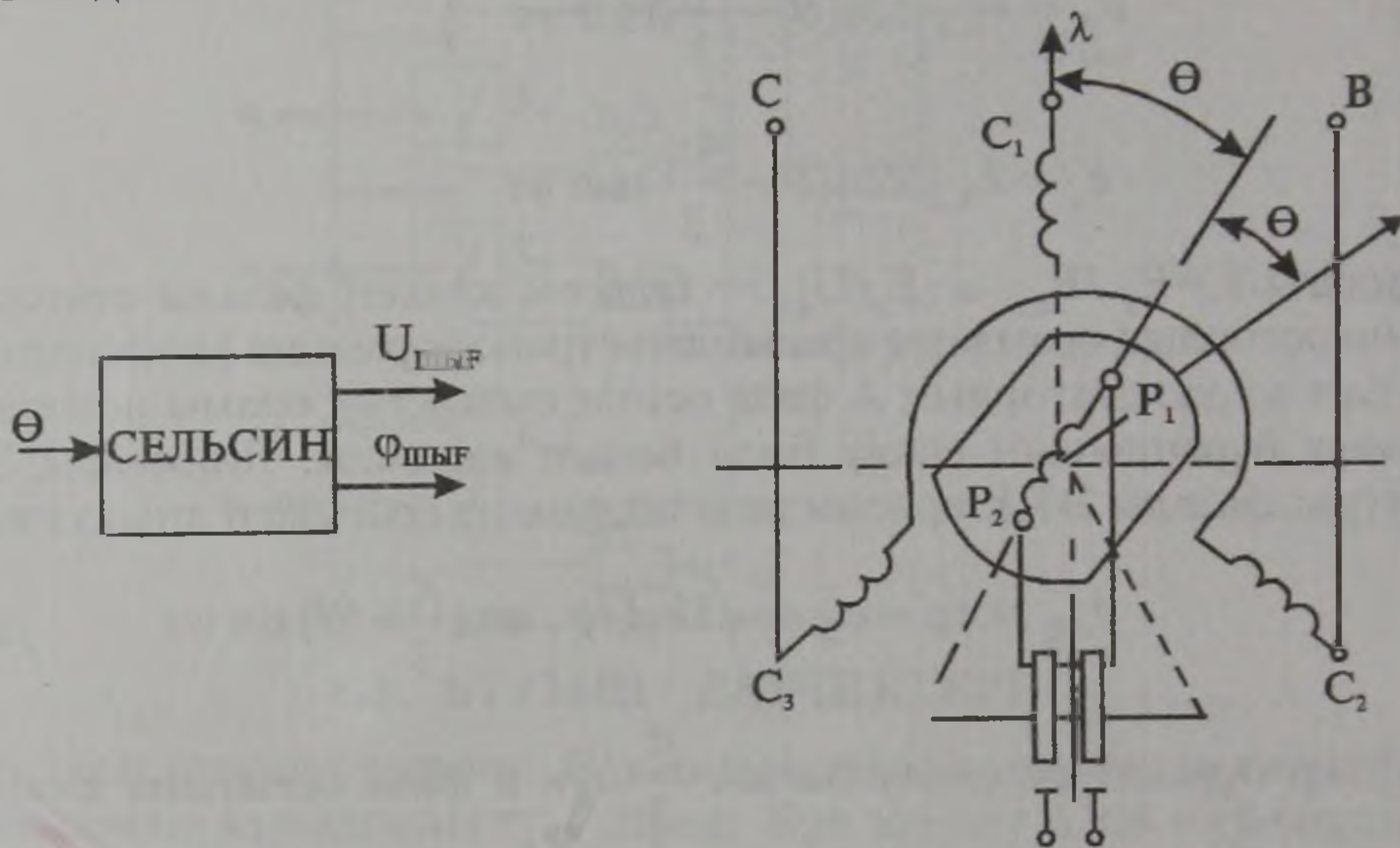
$$e_{AB} = \sqrt{3} k_T U_{K.T} \sin \Theta \omega t \quad /8.26/$$

команданың өсі білігінің эквиваленті қолданылады, яғни берілген бұрышты координата кодті түрінде қолданылады, мысалы цифрлі бағдарлама формасында. Бағдарламаның басқарудың мұндай жүйелерінің атқару білігінің бұрыш датчигі шығу сигналын қозғалысқа тапсырма беруші бағдарламалық құрылғыға енгізеді. Қарапайым жағдайларда бұрыш датчигі контактісіз потенциометр, командалық аппарат; фазаайналдырушы болып қолданылады.

Бұрыш датчиктері сельсин және айналу трансформаторларында кең қолдану тапты.

Сельсин ауыспалы тоқты азғантай электр машинасы, 2 орамы бар: бірфазалы қозу орамы және үш фазалы синхрондау орамы. Конструкциялық белгісі бойынша сельсиндер 2 негізгі түрге бөлінеді; контактілі сельсиндер және контактісіз сельсиндер. Жасаудың негізгі бір түрі - қозу орамы роторда орналасқан, синхрондау орамы – статорда. Бұнымен контакты сақинасының саны 2^{ге} дейін кемиді және синхронизацияланған байланыстағы контактылар болмайды. Контактісіз сельсиндер 2 тәсілмен орындалады. Бірінші тәсілде ро-

тордың магнит сымның арнайы конструкциясының арқасында қозғалмайтын сақиналы қозу орамы роторда “тасқын” жаратады. Екінші тәсілде ротордың орамы ротормен бірге айналатын екінші орамының сақиналық қозуы трансформатордан қоректенеді, ал бірінші орам қозғалады.



8-14 сурет. Бұрыш датчигі.

Сельсиннің басқару мінездемесі амплитудалық режимде синусоидалық заңдылыққа бағынады;

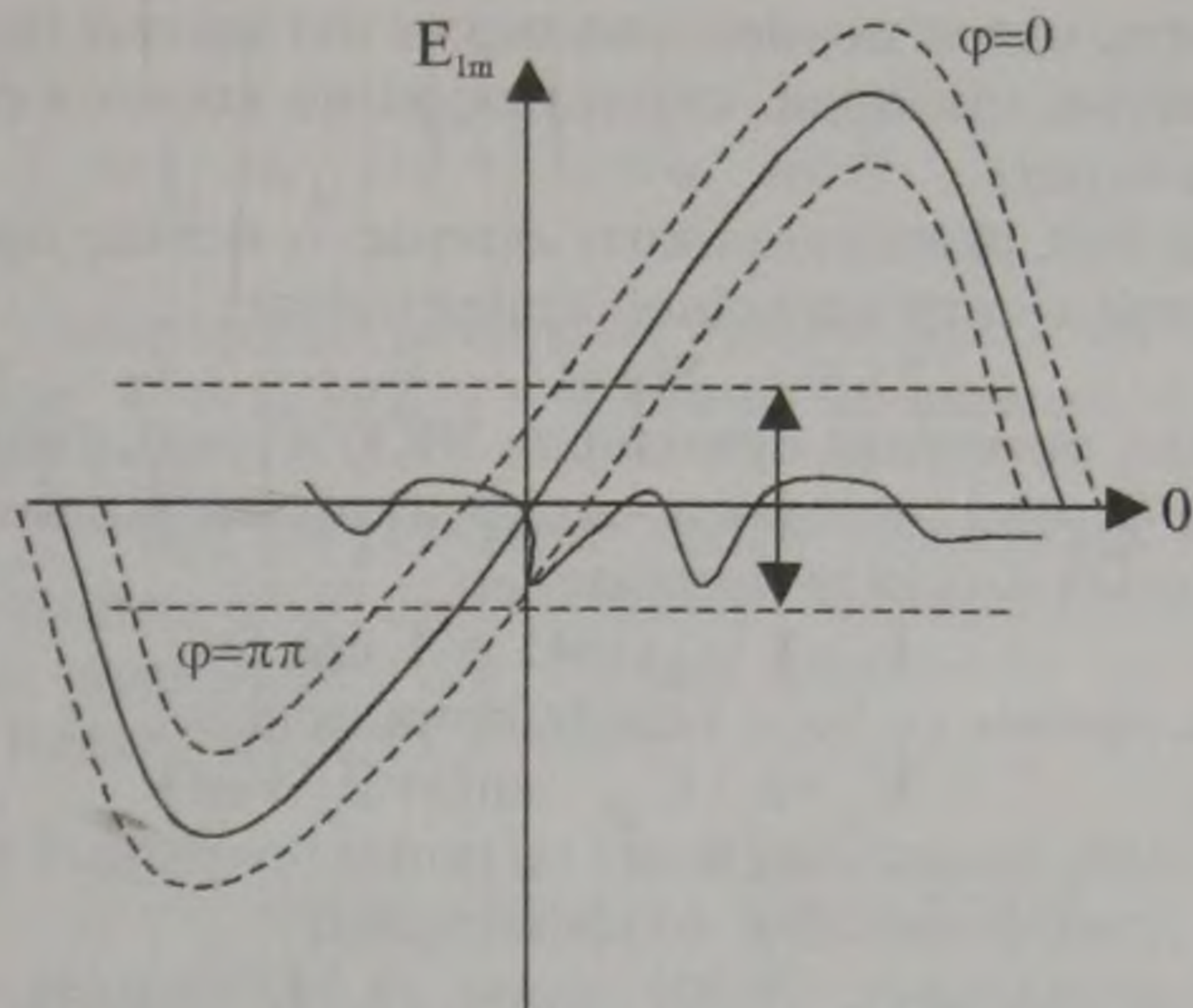
$$E_{\pi T} = k_T U_{K.T} \sin \theta' \quad /8.27/$$

$E_{\pi T}$ –нің оң мәніне, сәйкес, ал $\varphi = \pi$ теріс, θ' кіші болғанда, $\sin \theta' \approx \theta'$, кезде

$$E_{\pi T} \approx k_c \theta' \quad /8.28/$$

мұндағы $k_c = \sqrt{3} k_T U_{K.T}$ - сельсиннің амплитудалық режиміндегі беріліс коэффициенті.

Басқару мінездемесі және беріліс коэффициенті үшін алынған мәндер, сельсинге кіретін сигналдың магнит индукциясын синусоидалық түрде таратпайды. Ол басқару мінездемесінің формасын



8-15 сурет. Сельсиннің басқару мінездемесі.

өзгертеді. Бұл қате жіберушілік сельсиннің дәлдік класын жасауына қарай айқын дәрежелеп мінезделеді /8.15-сурет/. Қате жіберушіліктің ең үлкен әсер тигізетін ауданы - кіші бұрыш ауданы, қайта пайдалы сигнал қате жіберушілікпен шамалас. Сельсиннің айналуында статикалық қате жіберушіліктен басқа жылдамдық қате жіберуші пайда болады. Ол орамда ЭҚК-нің айналуынан пайда болады. Бұл қате жіберушілік бұрыш жылдамдығы өскенде өседі. Сондықтан сельсиндердің жұмыс режимі жылдамдықтың шек санының дәрежесімен мінезделеді.

Фазаайналу режимінде статор орамы үш фазалық кернеуден қоректенеді. Статордың қай нүктесінде де пайда болатын айнымалы өріс, осьтен φ бұрышына қашықтағанда магнит ағынын мінездейді.

$$\Phi = \Phi_T \cos(\omega t - \varphi) \quad /8.29/$$

Демек ось санау басына карағанда $\varphi = \Theta$ бұрышына жылжыған ротордың орамында ЭҚК жүреді.

$$e_{шы.} = \frac{3}{2} \frac{E_{1T}}{k_T} \cos(\omega t - \varphi) \quad /8.30/$$

мұндағы E_{1T} — фазалық ЭҚК статордағы амплитудасы, В.

Сонымен, сельсиннің басқару мінездемесі фазаайналу режимінде мына теңдікпен анықталады

$$\varphi = \Theta \quad /8.31/$$

Бұрыш координатасының мәнін едәуір дәлдікпен өлшейтін жүйелерде сельсиннің орнынан синусті-косинусты айнымалы трансформаторлар қолданылады (СКАТ). Өзінің құрамына қарай СКАТ — екі фазалық айнымалы тоқты микромашина. Айқын емес полюсті ста-

тор және ротор өзара перпендикулярлы екі орамы бар: қозу орамы және квадраттық статорда, синустық және косинустық орамы роторда /8.16,а сурет/.

Амплитудалық режимінде қозу орамы, α өсінде орналасқан, айналмалы тоқты электр желісінен қоректенеді;

$$U_k = U_{к.т.} \sin \omega t \quad /8.32/$$

Онда алшақ роторлық орамдарда ЭҚК жүреді, оның амплитудасы ротордың бұрыш айналысының функциясы болып келеді; косинусты орам үшін d осінде орналасқан

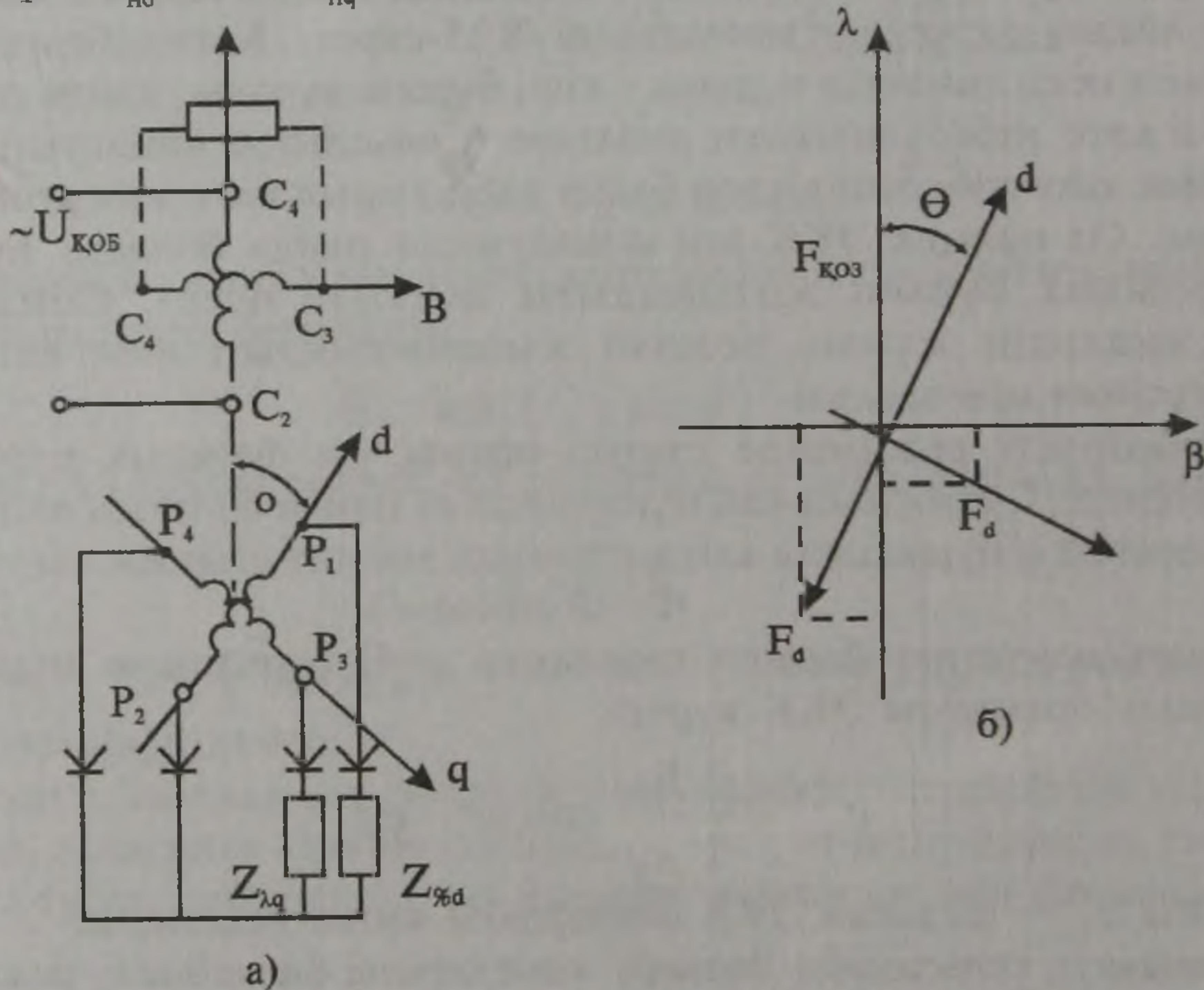
$$E_{dT} = k_T U_{к.т.} \cos \Theta = E_T \cos \Theta \quad /8.33/$$

Синустық орамы үшін, q осінде орналасқан

$$E_{qM} = k_T U_{к.т.} \sin \Theta = E_T \sin \Theta \quad /8.34/$$

мұндағы R_T - қозу орамының және әр ротор орамының біліктес кездегі арасындағы трансформация коэффициенті.

Басқару мінездемесі, /8.33/ және /8.34/ анықталған, жүктеме режимінде СКАТ белгіленген бұрмалауға ұшырайды, оның роторлық орамдары $Z_{нд}$ және $Z_{нq}$ кедергілеріне /8.16,а сурет/ қосылады.



8-16 сурет. Синус және косинус орамды ротор.

Ротор орамындағы I_{dm} , I_{qm} пайда болған тоқтар МКК реакциясын d және q өсінен өткіздік. /8.16,б сурет/

$$\underline{F}_d = I_d w_p = \frac{E'_m \bar{e}^{j\varphi d}}{Z_d} w_p \cos \theta \quad /8.35/$$

$$\underline{F}_q = \underline{I}_q \cdot w_p = \frac{E_m \cdot \bar{e}^{j\varphi_q}}{Z_q} w_p \sin \theta \quad /8.36/$$

мұндағы φ_d, φ_q - тоқтардың ротордың орамының тізбегіндегі ЭҚК-тен қалу фазасы; $Z_d = [Z_p + Z_{hb}]$ - косинус орамының тізбегінің жиындық кедергісі; Ом;

$Z_q = [Z_p + Z_{hq}]$ - бұл да сол бірақ синус орамында, Ом; E_m^1 - ротордың орамының ЭҚК амплитудасы, біліктес кезінде козу орамынан жүктеме режимінде, w_p - ротор орамының орам саны.

Статордың өсімен жүретін нәтижелі МКК

$$\underline{F}_\alpha = F_k - \frac{(E'_m e^{-j\varphi_d})}{Z_d} w_p \cos^2 \theta + \frac{E'_m e^{-j\varphi_q}}{Z_q} \sin^2 \theta \quad /8.37/$$

$$\underline{F}_\beta = F_o + \left(\frac{E'_m e^{-j\varphi_d}}{Z_d} \cdot w_p + \frac{E'_m e^{-j\varphi_q}}{Z_q} \cdot w_p \right) \sin \theta \cos \theta \quad /8.38/$$

мұндағы F_k, F_o - козу орамының және квадраттық орамының МКК, А.

8.37 және 8.38 қарағанда, роторды симметриялық емес күшпен жүктемегенде оның орамында ағынға байланысты қосымша ЭҚК пайда болады. Бұл қосымша ЭҚК β осінде МКК реакциясын тудырады. Ротордың айналуында бұл ЭҚК бұрыш функциясында өзгереді және СКАТ-тың ЭҚК синустық және косинустық қатынасына өзгеріс енгізеді. α өсінің реакциясына енгізілетін өзгерістер едәуір аз. Берілген МКК реакциясы бұрыш айналуына байланысты болса да, бірақ МКК мәнінің өзгеруі F_k өзгеруіне лайық компенсацияланады. Қозу орамының жеткілікті кіші кедергісінде

$$E_k \approx U_k = \text{const}$$

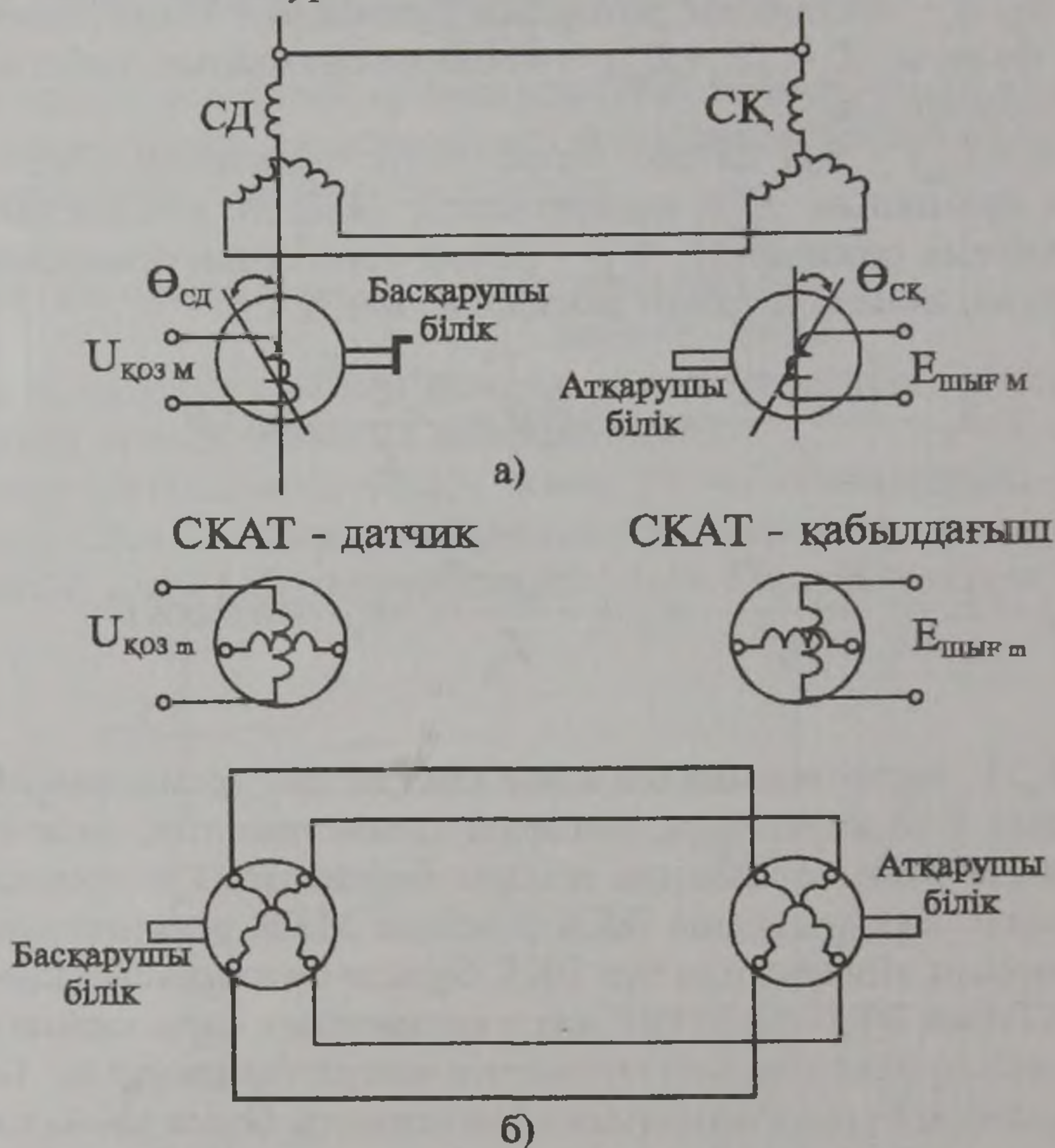
Демек, α және F_α өстеріндегі магнит ағыны еш өзгермейді және α өсіндегі реакцияда өзгерістер нөлге жақын. $Z_d = Z_q = Z$ шарты орындалғанда, оны екінші рет симметрияланған деп атайды, МКК реакциясы β осінде нөлге айналады, өйткені $Z_d = Z_q, \varphi_d = \varphi_q$ тең болғанда және 8.38-дегі жақша ішіндегі қосылатын сандар тең және таңбасы әртүрлі. Сонымен МКК реакциясы α өсінде тұрақты шама болып, ротордың бұрыштық айналуына тәуелсіз;

$$\frac{E_m w_p}{Z} (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) = \frac{E'_m w_p}{Z} = \text{const}$$

Мұндай симметриялықпен жүктеме режиміндегі СКАТ-тың басқару мінездемесіндегі өзгерістерді түгел жояды.

Екі сельсин немесе СКАТ-тан келіспеушілік датчигінің сүбесі құрылғы келіспеушілік сигналын қадағалау системаларында өлшеуге қолданылады /8.17/ сурет.

СД командалық штурвалмен қосылған, ал ротор сельсин қа-



8-17 сурет. Екі сельсинді СКАТ датчигі.

былдаушы СК - жүйесінің орындаушы білігімен қосылған /8.17 сурет/.

Сельсиннің роторлық бірфазалы орамы электр желісінен қоректенеді және қозу орамының функциясын орындайды, ал басқасы басқару орамы болып, онда шығу ЭҚК $E_{шығ м}$ жүреді. Электрмен қосылған СД және СК амплитудалық режимде жұмыс істейді. СД-тің бұрыштық айналуының кіру шамасы және СК-тың шығу кернеуінің ЭҚК бар. ЭҚК қозу орамында құрылған ағын үш фазалық тұрақтандыру орамында (§8.2) тұйықталған статорлық тізбекте тиісті тоқтар береді. Статордың фазалық ЭҚК СК-тың реактивтік кедергісінің түсу кернеуімен анықталады. Онда СД және СК-нің бірдей параметрлері үшін, ЭҚК айналуын, СК шығу орамының жүктеме тоғын, тағы да индуктивті шашырату кедергісін және СД-нің қозу

орамының активті кедергісін елемей, СК-нің фаздық амплитуда мәнін анықтауға болады;

$$E_{am(\tilde{n}\acute{e})} = E_{am(c\grave{a})} \frac{X_m}{Z} k_m \frac{X_m}{Z} U_{\acute{e}m} \cos \theta_{\tilde{n}\grave{a}}$$

$$E_{\acute{a}m(\tilde{n}\acute{e})} = \acute{A}_{\acute{a}o(\tilde{n}\grave{a})} \frac{X_m}{Z} = k_m \frac{X_m}{Z} U_{\acute{e}o} \cos \left(\theta_{\tilde{n}\grave{a}} - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$\acute{A}_{ск(с\grave{т})} = \acute{A}_{с\grave{т}(с\grave{o})} \frac{X_m}{Z} k_m \frac{X_m}{Z_m} U_{\acute{e}o} \cos \theta_{с\grave{o}}$$

мұндағы $Z = \sqrt{(2R)^2 + (2X_\delta + X_m)^2}$ СД және СК-тың тұрақтандырушы тізбегінің бір фазасының есептелінген кедергісі, Ом;

X_δ – бір сельсиннің орамын тұрақтандыратын фазалық индуктивті шашырату кедергісі, R – сельсин орамын тұрақтандыратын фазалық активті кедергі, Ом;

X_m – ротор мен статордың орамдарының арасындағы өзара индукциясының кедергісі; тұрақтылық тізбегіне әкелінген, Ом;

СД индексімен сельсин-датчикке жататын шамалар белгіленген, ал СК-сельсин-қабылдағыш.

Бұл ЭҚК-тер СК басқару орамына трансформаторланады, келіспеушілік датчигінің шығу ЭҚК-нің тиісті теңдеуі;

$$E'_{шығ.о} = \frac{E_{am(c\acute{e})}}{k} \cos \theta_{\tilde{n}\acute{e}} = \frac{X_m}{Z} U_{\acute{e}o} \cos \theta_{\tilde{n}\grave{a}} \cos \theta_{\tilde{n}\acute{e}}$$

$$E''_{шығ.о} = \frac{X_m}{Z} U_{\acute{e}o} \cos \left(\theta_{\tilde{n}\grave{a}} - \frac{2\pi}{3} \right) \cos \left(\theta_{\tilde{n}\acute{e}} - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$E'''_{шығ.о} = \frac{X_m}{Z} U_{\acute{e}o} \cos \left(\theta_{\tilde{n}\grave{a}} - \frac{4\pi}{3} \right) \cos \left(\theta_{\tilde{n}\acute{e}} - \frac{4\pi}{3} \right)$$

Келіспеушілік датчигінің шығу ЭҚК нәтижелі амплитудалық мәні үш теңдіктің қосындысынан шығады.

$$E_{шығ.о} = E'_{шығ.о} + E''_{шығ.о} + E'''_{шығ.о} = \frac{3}{2} \frac{X_m}{Z} U_{\acute{e}o} \cos(\theta_{\tilde{n}\grave{a}} - \theta_{\tilde{n}\acute{e}}) \quad /8.39/$$

Егер СД мен СК келісілген күйіне ротор орамының өсінің өзара перпендикулярлық түрін алсақ, онда жүйе келіспеушілігі мына ша-

мамен анықталады. $\Delta\theta = \theta_{сд} - \theta_{к} + \frac{\pi}{2}$ Онда келіспеушілік датчигінің басқару мінездемесі синусоидалық заңдылығына ие болады.

$$E_{шығ.д} = \frac{3 X_m}{2 Z} U_{\hat{e}0} \sin \Delta\theta \quad /8.40/$$

Келіспеушілік кіші бұрышы үшін

$$E_{шығ.т} \approx k_{кд} \Delta\theta \quad /8.41/$$

мұндағы $k_{\hat{e}a} = \frac{3 X_m}{2 Z} U_{\hat{e}0}$ /8.42/

- келіспеушілік датчигінің беріліс коэффициенті.

Іс жүзінде көбінесе сельсиндік жұптары келіспеушілік датчигінің сүбесі үшін.

$$k_{кд} \approx 46 \div 68 \frac{В}{рад} = 0,8 \div 1,2 \text{ В/град} \quad /8.43/$$

Сельсиннің парларына ұқсас СКАТ келіспеушілік датчигінің сүбесінде жұмыс істейді /8.17,б сурет/.

$$E_{шығ.д} = \frac{X_m}{Z} U_{\hat{e}0} \sin \Delta\theta \quad /8.44/$$

$$E_{шығ.т} \approx k_{кд} \Delta\theta \quad /8.45/$$

$$R_{\hat{e}a} = \frac{X_m}{Z} U_{\hat{e}0} \quad /8.46/$$

мұндағы X_m және Z - өзара индукциясының кедергісі және СКАТ тұрақтандыратын орамының кедергісі, /сельсиндерге ұқсас саналады/ Ом;

Практикада СКАТ-тың келіспеушілік датчигінің сүбесі үшін

$$k_{кд} \approx 0,5 \div 0,8 \text{ В/град} \quad /8.47/$$

8.4. ЖЫЛДАМДЫҚТЫҢ ДАТЧИКТЕРІ

Жылдамдықтың датчиктерінің қолданылуы ЖД-қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдықтарын электр сигналдарына түрлендіру. АЭЖ жүйелерінде ЖД жылдамдықты кері байланыс ретінде қолданылады. ЖД ретінде кең қолдану тапқан тахогенераторлар ТГ – ол тұрақты және айнымалы тоқты микромашиналар.

Тұрақты тоқты тахогенераторлар тұрақты магниті бар немесе тәуелсіз қоздырғышты тұрақты тоқ машинасы болып табылады. /8.18,а

сурет/ ТГ-нің кіру, координатасы – бұрышты жылдамдық ω шығу координатасы-кернеу $U_{\text{шығ}}$ ол жүктеме кедергісінен шығады.

$$E_{\text{ТГ}} = R\Phi\omega = I (R_{\text{ТГ}} + R_{\text{Н}}) \text{ болғандықтан}$$

$$U_{\text{шығ}} = \frac{k\Phi}{1 + R_{\text{ТГ}} / R_{\text{Н}}} \omega = k_{\text{ТГ}} \omega \quad \text{болады.} \quad /8.48/$$

мұндағы

$$k_{\text{ТГ}} = \frac{k\Phi}{1 + R_{\text{ТГ}} / R_{\text{Н}}} \quad /8.49/$$

- ТГ –нің беріліс коэффициенті,;

$k = PN / 2\pi d$ – конструктивті тұрақтылық;

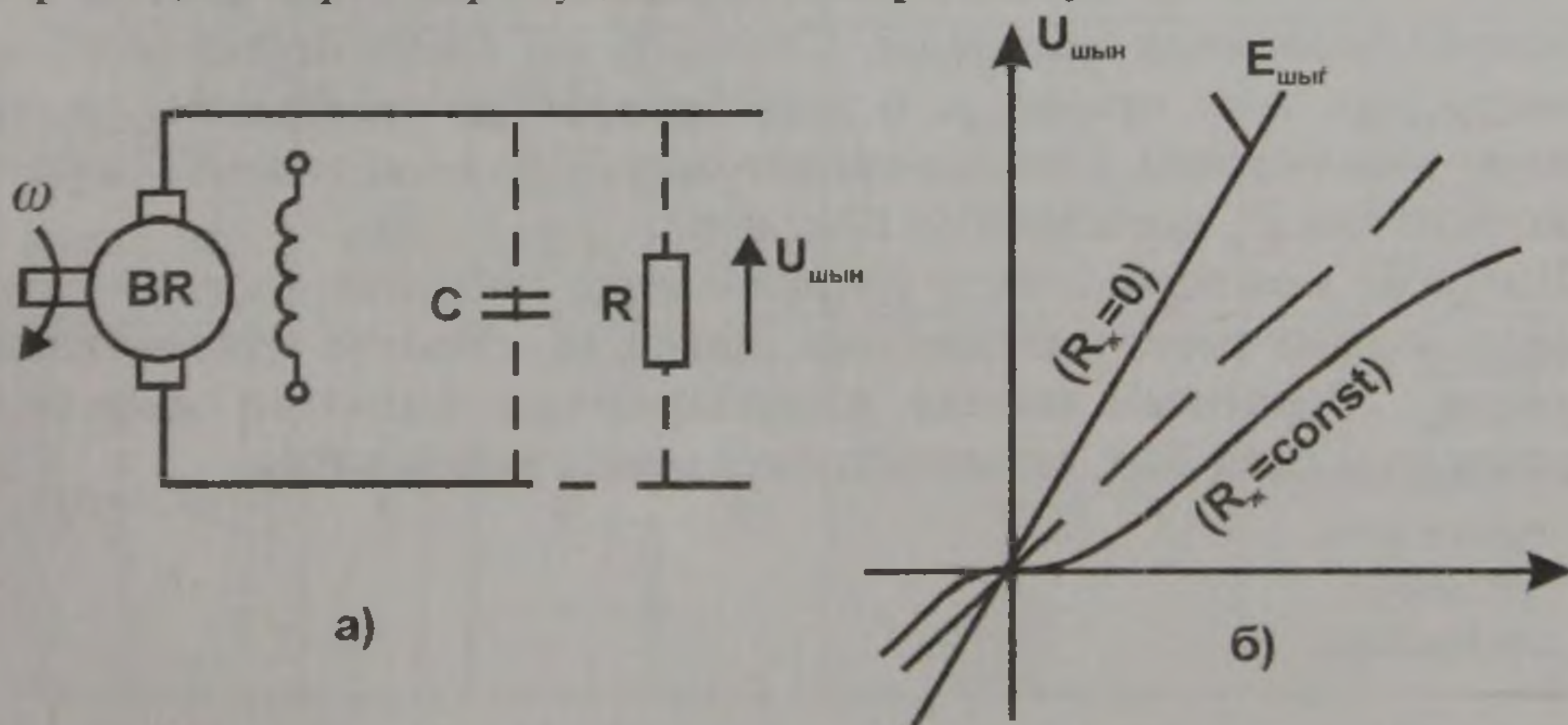
Φ - қоздырудың магниттік ағыны.

$R_{\text{ТГ}}$ – якорь орамының және щетка контагінің кедергісі, Ом.

Берілу коэффициенті жылдамдық өзгергенде тұрақты болмайды. Сондықтан басқару мінездемесінде кіші және үлкен жылдамдықтар зонасында сызықтық емес көрінеді /8.18,б сурет/.

Кіші жылдамдықтың зонасындағы сызықтық еместігін металдан-дырылған щеткаларды қолданылуымен азайтады. Якорьдің реакциясының мінездемесінің сызық еместігін, жылдамдықтың өсуіне шек қойып және жүктеменің кедергісін үлкейтіп, кемітуге болады. Осы шарттарды орындағанда ТГ-нің басқару мінездемесін тура сызық деп айтуға болады.

ТГ жұмысына конструктивті техниканың қате жібермеушілігі елеулі әсер етеді. Оларға кернеудің коллекторлық пульсациясы,



8-18 сурет. Тұрақты ток ТГ.

коллекторлық пластиналардың соңғы саны себепші болады. Якорь конструкциясының тиістілігінің пульсациясы, айнымалы пульсация, ол ауа саңлауының, симметрия есептігінен пайда болады. Қарасты-

рылған пульсацияның қате жіберушілікте ТГ, кіші жылдамдықтар ауданында, шығу белгісі қатты өзгереді. Жылдамдықты төмендеткенде жиілік азаяды және берілетін белгінің шамасына қарап амплитуда үлкейеді. Бұл қате жіберушіліктер ТГ жылдамдығының төменгі шегіне шек қояды. Қарастырылған пульсацияны азайту үшін тахогенератор коллекторлық пластиналардың санын көбейтіп, якорь науасының бір тісті бөлімінің винттік сызығымен қиылғандай етіп, ауа саңылауын үлкейтіп жасайды. Үлкен дәлдікті тахогенераторлар қуыс кодсыз якорьден жасалады. Пульсацияны қосымша азайту үшін ТГ шығуына конденсатор қосылады /8.18,а сурет/. Сонымен ТГ беріліс функциясы мынадай болады.

$$W_{\text{ТГ}}(P) = \frac{U_{\text{шы.}}(P)}{\omega(P)} = \frac{k_{\text{ТГ}}}{T_{\Phi}P + 1} \quad /8.50/$$

мұндағы

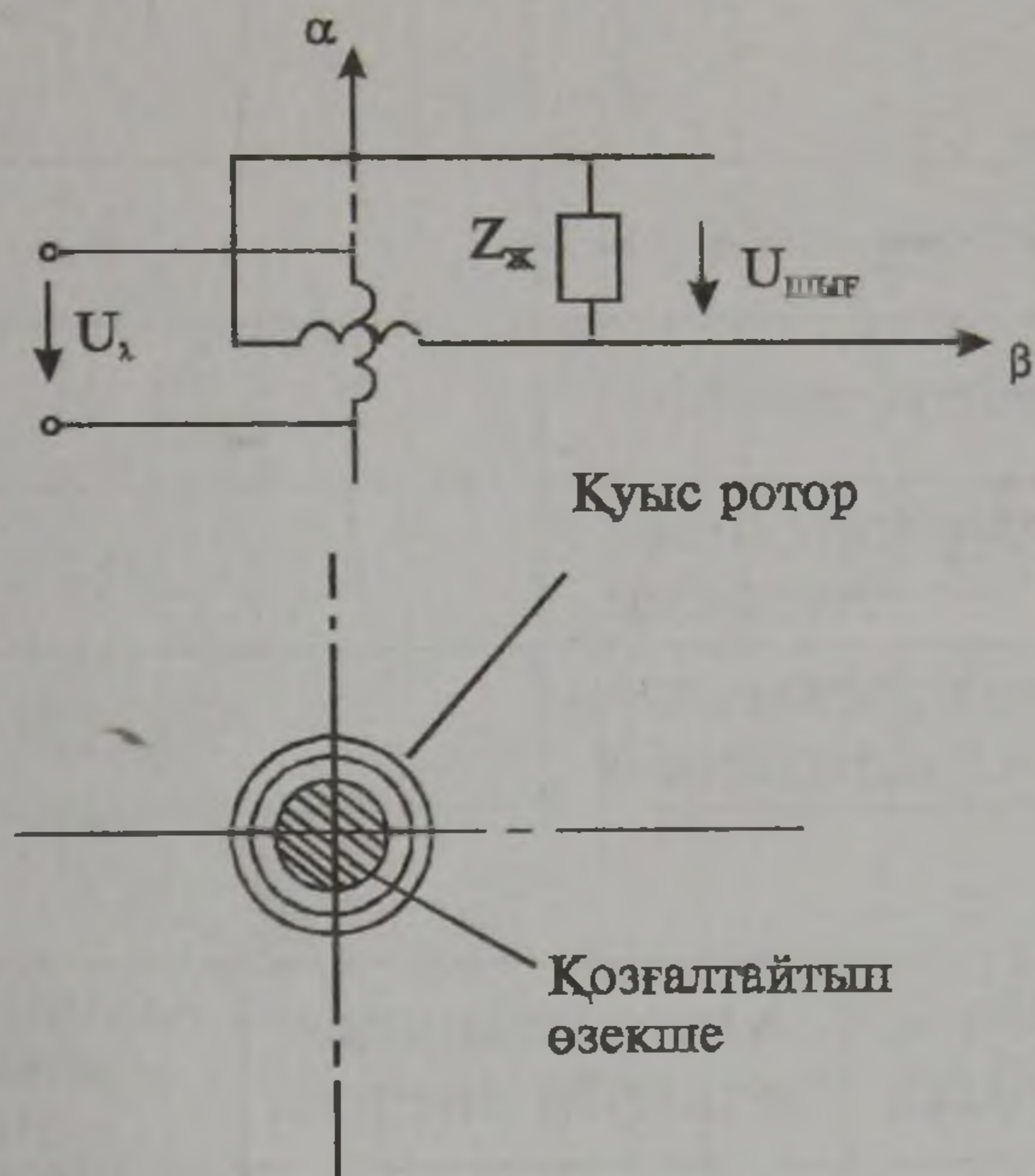
$$T_{\Phi} = \frac{R_{\text{ТГ}}C}{1 + R_{\text{ТГ}} / R_{\text{Н}}} \quad /8.51/$$

- фильтрдің уақыт тұрақтылығы, С.

Конденсатор жоғары жиілікті фильтрдің функциясын бұрыш жылдамдығының пульсациясын қарай орындайды, неғұрлым көп болса, ТГ шығу кернеуіндегі пульсация аз болады. Бірақ пульсация азайса да жиіліктің өтетін алабы шектеледі. Берілетін сигналдың жиілігінің $f_{\text{Б}} > 1/2\pi T_{\Phi}$ амплитудалық өзгерістері 3_АБ асады, ал фазалығы 45°.

Айнымалы тоқты тахогенераторлар асинхронды екі фазалы машинаның базасында жасалады. Статорда екі өзара перпендикуляр орамдар бар: қозу орамы, α өсінде орналасқан /α фазалы/, және басқару шығу орамы, β өсінде орналасқан /β фазасы/ және ТГ жүктеме кедергісіне Z_ж қосылған /8.19-сурет/.

Инерция моментін азайту роторды жұқа қабырғалы қуыс стакан түрінде магнит емес материалдан жасайды. /Әдетте алюминийлік қорытпа/. Ротордың ішінде жылжымайтын болаттан жасалған штрихталған өзек бар, ол магнит тасқынын тұйықтайды.



8-19 сурет. Айнымалы ток ТГ.

5-1 кесте

№	$\omega_{\text{баст}}$	$\omega_{\text{аяқ}}$	$M_{\text{баст}}$	$M_{\text{аяқ}}$	T_M	$E_{\text{ескерту}}$
I	0	ω_2	M_1	M_c	$\frac{J\omega_3}{M_1 - M_2}$	(5-10) теңдеу
II	ω_3	ω_1	M_1	M_c	$\frac{J(\omega_1 - \omega_3)}{M_1 - M_c}$	(5-10) теңдеу
III	ω_1	$-\omega_3$	$-M_3$	M_c	$\frac{J(\omega_1 - \omega_4)}{M_3}$	(5-10) теңдеу
IV	ω_4	0	0	0	—	(5-2) теңдеу M_c -реактивті болғандықтан $\omega=0$ кезде процесс аяқталады

6-1 кесте

Қозғалтқыштың жасалуы	β
Тәуелсіз вентиляциялы	1
Жабық, қозғалтқыштың білігіндегі желдеткішпен	0,5
Қозғалған, қозғалтқыштың білігіндегі желдеткішпен	0,25

6-2 кесте

Қозғалтқыштық жұмыс кезеңдері	Қозғалтқыштан бөлінетін энергия	Қоршаған ортаға ыдырайтын энергия
Іске қосу	$\Delta A_{ик}$	$\frac{1+\beta}{2} \Delta P_H t_i$
Бірқалыпты жылдамдық пен жұмыс істеу	$\Delta P t_{бірқ}$	$\Delta P t_{бірқ}$
Тежеу	ΔA_T	$\frac{1+\beta}{2} \Delta P_H t_T$
Үзіліс	0	$\beta \Delta P_H t_0$

ӘДЕБИЕТТЕР

1. М.Г.Чиликин, А.С.Сандлер “Электржетегінің жалпы курсы” М, 1981 ж. энергоавтомиздат.
2. В.В.Москаленко “Автоматтандырылған электржетегі”, 1986 ж. Энергоавтомиздат.
3. С.Н.Вишневский “Электржетегіндегі қозғалтқыштардың сипаттамалары”, 1976 ж. Энергия.
4. Ы.Туғанбаев “Автоматтандырылған электржетегі” 1991 ж. Алматы.
5. Ы.Туғанбаев “Автоматтандырылған электржетегінің элементтері” 1992 ж. Алматы.
6. Н.Ф.Ильинский, Б.А.Филиппов “Электржетегінің негізі” 1972 ж.
7. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. “Автоматтандырылған электржетегінің теориясы” Л, Ленатомиздат, С-П, 2001 ж.

КІРІСПЕ	3
I. ЭЛЕКТРҚОЗҒАЛТҚЫШ МЕХАНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ	
I.1. Электрқозғалтқыш қозғалысының теңдеуі	13
I.2. Статикалық жүктеменің моменті мен инерция моментін келтіру	15
I.3. Қозғалтқыштар мен механизмдердің механикалық сипаттамалары	17
I.4. Электржетегіндегі қозғалтқыштардың жылдамдығы мен моментін реттеу	21
II. ТӘУЕЛСІЗ ҚОЗДЫРҒЫШТЫ ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ БАР ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНІҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН РЕТТЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ	
2.1. Қозғалтқыштың сипаттамалары мен теңдеулері	26
2.2. Қозғалтқыштың тежегіш режиміндегі жұмысы	29
2.3. Қозғалтқыш сипаттамаларын есептеу	33
2.4. Жылдамдықты реостаттық реттеу	38
2.5. Жылдамдықты магнит ағынын өзгерту арқылы реттеу	44
2.6. Жылдамдықты якорьдегі кернеуді өзгерту арқылы реттеу. Басқарылатын түрлендіргіш - қозғалтқыш жүйесі	47
2.7. Тұйықталған түрлендіргіш - қозғалтқыш жүйесіндегі жылдамдық пен моментті реттеу	54
2.8. Тоқ көзі-қозғалтқыш /ТК-Қ/ жүйесіндегі момент пен жылдамдықты реттеу	58
III. ТІЗБЕКТЕЛГЕН ЖӘНЕ АРАЛАС ҚОЗДЫРҒЫШТЫ ТҰРАҚТЫ ТОҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНІҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН РЕТТЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ	
3.1. Қозғалтқыштың теңдеуі мен сипаттамалары	65
3.2. Тежеу режиміндегі қозғалтқыштың жұмысы	70
3.3. Қосу кедергілерінің есебі	74
3.4. Жылдамдықты реостаттық реттеу және якорі-шунтталған сүбе	76
3.5. Магнит ағыны мен кернеуді өзгерту арқылы жылдамдықты реттеу	78

IV. АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЭЛЕКТРЖЕТЕГІНІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН РЕТТЕУ

4.1. Қозғалтқыштардың теңдеулері мен сипаттамалары	79
4.2. Қозғалтқыштың тежеу режимі	85
4.3. Қозғалтқыштың сипаттамаларының есебі	94
4.4. $\omega_0 = \text{const}$ болған кездегі өзгерту арқылы жылдамдықты реттеу	97
4.5. ω_0 -ді өзгерту арқылы жылдамдықты реттеу	104

V. ЭЛЕКТРҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДАҒЫ АУЫСПАЛЫ ПРОЦЕСТЕР

5.1. Жалпы мәліметтер	112
5.2. Әсер ету факторы секірмелі өзгерген кезде және $L=0$ болған кездегі ауыспалы процестер	114
5.3. $L=0$ болғанда және әсер ету факторлары “Баяу” өзгерген кездегі ауыспалы процестер	129
5.4. $L \neq 0$ болған кездегі ауыспалы процестер	155
5.5. Ауыспалы процестердегі энергия шығыны	163

VI. ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫ ТАҢДАУ

6.1. Қозғалтқыштарды таңдау туралы жалпы мәліметтер	175
6.2. Қозғалтқыш пен механизмдердің жүктемелік диаграммалары	176
6.3. Қозғалтқыштардың қызуы мен сууы. Қозғалтқыштардың қызуы жағынан қарағандағы жұмыс режимі	182
6.4. Ұзаққа созылған жұмыс режимі кезінде қозғалтқыштарды қызуы бойынша тексеру. Орта шығын және эквиваленттік шама әдістері	186
6.5. Қозғалтқыштарды қайталанбалы қысқа уақыт және қысқа уақыт жұмыс режимінде қызуы бойынша тексеру	191
6.6. Қысқа тұйықталған роторлы қозғалтқыштар үшін мүмкіндік іске қосу санын анықтау	196

VII. ЭЛЕКТРЖЕТЕКТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ ЖОЛДАРЫ

7.1. Электржетектердің координаталарын реттеу туралы түсініктер	199
7.2. Электржетектердің жылдамдығын реттеу	201
7.3. Қозғалтқыштың тоғы мен моментін реттеу	204

7.4. Электржетегінің орындарын реттеу	206
7.5. Электржетектердің жұмыс режимдері	207
7.6. Электржетектің басқару жүйесін құрудың жалпы принциптері	209
7.7. Желіден қоректенетін тәуелсіз қыздырғышты тұрақты ток қозғалтқышын іске қосқанда, реверс және тежеген кезде автоматты түрде басқару	216
7.8. Іске қосқанда, реверс және тежеген кезде АҚ-ты автоматты түрде басқару	223
7.9. Бағдарламамен басқарылатын электржетегі	240
7.10. Адаптивті /өздігінен келтірілетін/ басқарылатын электржетегі	243

VIII-АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

8.1. Реттегіштер	248
8.2. Үйлесімді элементтер	253
8.3. Бұрыш датчиктері	260
8.4. Жылдамдықтың датчиктері	268
Әдебиеттер	275

**Ыбрайым Тұғанбайұлы
Тұғанбаев**

Автоматтандырылған электржетегі /оқулық/

Басуға 13.01.04 ж. қол қойылды. Офсеттік басылым.
Қағазы офсеттік. Таралымы 1000 дана.

"Эверо" ЖШС. Полиграфиялық қызмет көрсету
Байтұрсынов к., 22 оф. 9
Тел.: 33-82-69. Факс: 33-83-43
E-mail: evero@nursat.kz