

Электр транспорт ҳаракат таркибини автоматлаштириш



УДК 629.243.053.3

“Электр транспорт ҳаракат таркибини автоматлаштириш” фани бўйича тузилган услубий қўлланма 5A521310 – «Электр транспорти» мутахассислиги бўйича магистрлар ва 5521300 – «Электр техникаси, электр механикаси ва электр технологияси» йўналиши бўйича бакалаврлар тайёрлашда амалий ва мустақил ишларни бажариш учун мўлжалланган.

Услубий қўлланма “Саноат ва шаҳар электр транспорти” кафедраси ва таҳририй-нашриёт кенгашларида тасдиқланган, институт ва электромеханика факултети илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилган ва маъқулланган.

Тузувчилар:

Г. А. Хромова – т.ф.д., профессор
Б. К. Уринбаев – магистрант
Ш. С. Расулов – магистрант

Такризчилар:

А. А. Ризаев – ЎзР ФА МИСМИ директори,
т.ф.д., профессор
Ш. С. Файзибаев – т.ф.д., доцент

Кириш

Электр ҳаракат таркибининг бошқариш системаси унинг муҳим ажралмас қисмларидан бири бўлиб, транспорт ҳаракатининг берилган графикли дастур жараёнида тортув ва тормозлаш режимларини ростлаб туради. Структура ва унинг ишлаш принципини, электр ҳаракат таркибини бошқариш системаси ҳамда таъмирлаш шартларини ўрганиш комплекс билимнинг муҳим зарурий қисми ҳисобланади. Шунинг учун электр транспортида электр ҳаракат таркиби мутахассислик йўналишидаги магистрантлар чуқур билимга эга бўлишлари зарур.

Асосий қисм

Амалий машғулотларда янги кўникмаларни эгаллаш ва тенгламаларни ечиш, электр транспорти электр жиҳозларининг асосий элементлари ишлашини ёзиб бориш; ишга тушириш ускуналари ва электр моторлар элементлари; гуруҳланган электр моторларни ишга тушириш; электр транспорти бошқарувида электр схемаларининг турлари; тортув моторларининг электродинамик тормозланиши; рекуператив тормозланиши; рекуператив-реостатли тормозланиши; электр токини тўғриловчи жиҳозларни; тортув электр моторлари частота ўзгариши; реле-контакторли бошқаруви; тортув электр моторларини созлаш ва тиристорли бошқаруви; ёрдамчи механизмлар бошқарувининг электр схемаларини ўрганишга йўналтиради. Барча ҳисоблар ЭХМ да виртуал технология ёрдамида бажарилади.

Виртуал амалий машғулотлар мавзуси

1. Ярим ўтказгичли стабилитронни тадқиқ қилиш.
2. Транзисторни тадқиқ қилиш.
3. Мустақил ва кетма-кет уйғотишли тортув моторларини, электр тормозлаш.
4. Иккита ток қабул қилгичли электровознинг тортув электр моторлари тавсифларини ўрганиш.

1-виртуал амалий машғулот

Яримўтказгичли стабилитронни тадқиқ қилиш

Ишдан мақсад: стабилитроннинг асосий хусусиятларини ўрганиш, кучланиш стабилизаторининг ишчи кўрсаткичларини баҳолаш.

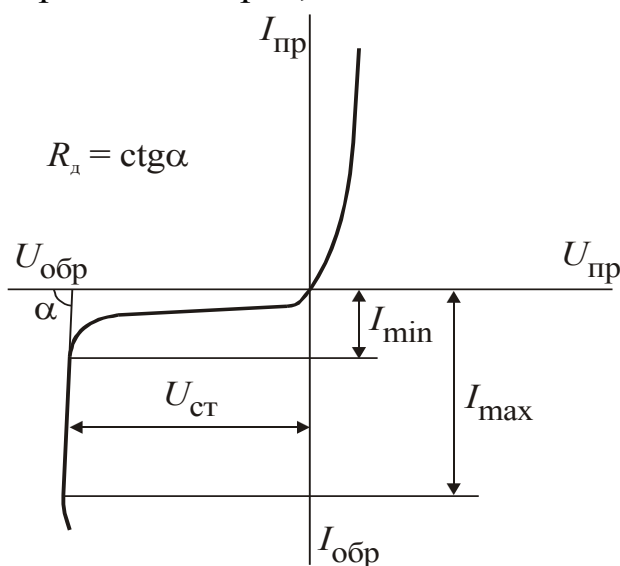
1.1. Умумий маълумотлар

Стабилитрон – бу ярим ўтказгичли диоднинг бир тури бўлиб, ишлаш доирасига кўра, оддий ток тўғрилагичли диоддан қайтувчи тармоқ вольтампер тавсифи билан фарқланади.

Бу тармоқ кўчкили тешилишларни назорат қилиш фаолиятига кўра, қайтиш хусусиятига эга (иссиқлик тешилишидан фарқи, $p-n$ ўтиши бузилади). $p-n$ ўтилишининг электр майдони ичидаги юқори кучланиш пайтидаги тескари йўналган кучланиш таъсирида тескари йўналган кучланиш силжиши, заряд тарқатувчи кристалланган тўрда нейтрал атомларнинг зарбли ионизациясига олиб келиб, кўчкили тешилиш жараёнининг ўсиши, заряд тарқатувчилар сонининг ортишига сабаб бўлади. Натижада тескари йўналган ток ортиб кетади. Кўчкили тешилиш тавсифининг $p-n$ ўтишида кучланишнинг сезиларсиз ўзгариши токнинг бирданига ўзгаришига олиб келади. Сабаби, $I_{\min}$ дан $I_{\max}$ гача диапазонда кучланиш амалда деярли ўзгармайди (1.1-расм). Токда эса, $I_{\max}$ дан ошганда иссиқлик тешилиши юз бериб, стабилитрон ишдан чиқиши мумкин.

Яримўтказгичнинг тайёрланиш технологияси ва унинг кимёвий таркибига қараб, тешилиш пайтида кучланиш турлича ўзгариши мумкин. Бу эса стабилитронни ҳар хил кучланиш пайтида ишга тушириш имконини беради.

Стабилитронлар турли ускуналарда қўлланиши мумкин. Масалан: стабилизаторлар, кучланиш ошишидан сақлагичлар, автоматик бошқарув тизимида таянч элементлари сифатида ва ҳ.к. Стабилитроннинг асосий кўрсаткичлари қуйидагилардир:



1.1-расм

- тарқоқ қувват $P_{ст.мах}$ – стабилитрон структурасида энергия қувватининг сарфи, унинг ортиши стабилитронда иссиқлик ажралишига олиб келади;

- стабилизация кучланиши $U_{ст}$ – номинал ток стабилизациясида стабилитронда кучланиш пасайиши;

- стабилизациянинг минимал токи $I_{ст.мин}$ – стабилитроннинг қайтувчи токи катталиги (бунда юқори тешилиш пайдо бўлади);

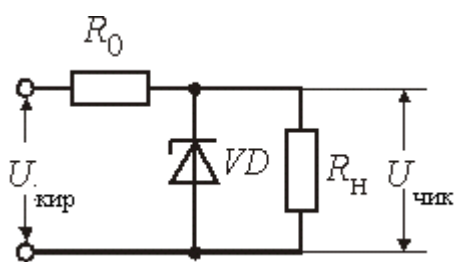
- стабилизациянинг максимал токи $I_{ст.мах}$ – стабилитроннинг қайтувчи токини, унинг ортиши стабилитронда иссиқлик ажралишига олиб келади;

- динамик қаршилиқ R_d – очик ҳолатдаги стабилитроннинг қаршилиги. Динамик қаршилигининг катталиги ВАТ ишчи қисми қиялик бурчагининг кучланиш ўқиға нисбати билан аниқланади (1.1-расм):

$$R_d = \frac{\Delta U_{обр}}{\Delta I_{обр}} = \text{ctg} \alpha, I_{ст.мин} \leq I_{ст} \leq I_{ст.мах} \text{ бўлганда } (1.1)$$

(КХК) Стабилизация кучланишининг ҳарорат коэффиценти – стабилизация кучланишининг ўзгариши стабилитрон тузилишининг ҳарорати ўзгаришига боғлиқ:

$$K_{ХК} = - \frac{\Delta U_{ст}}{U_{ст} \cdot \Delta T} (1.2)$$



1.2-расм.

Стабилизация кучланиши учун стабилитрон юкламага параллел ёқилади (1.2-расм). Бундай схемалар кўрсаткичли стабилизатор кучланиши дейилади. Стабилизаторнинг кириш занжирига балласт резистор R_0 , яъни, стабилитрон орқали ўтувчи токни чеклаш учун ёқилади.

Стабилитронни маркалаш стабилизация кучланиши ва қувватига боғлиқ ва улар 4 та элементдан иборат:

- 1 – материал, стабилитрон тайёрланган материал: Г ёки 1 (германий); К ҳарфи ёки 2 рақами (кремний);

- 2 – яримўтказгичли ускунанинг функционал кўриниши: стабилитрон учун - С ҳарфи;

3 – қайта ишланган рақам қувват тарқоқлиги ва стабилизация кучланишига боғлиқ (1.1-жадвал);

4 – ҳарф ускунанинг ранг-баранглигини билдиради.

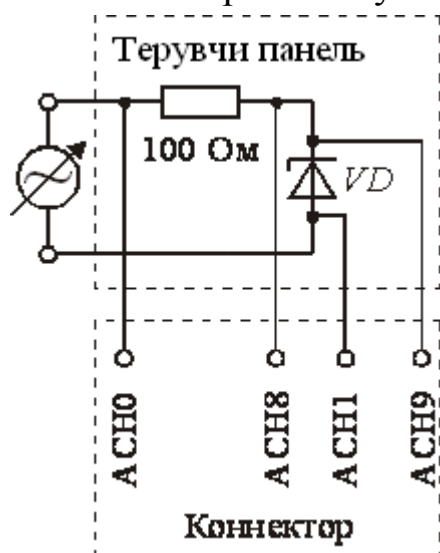
Стабилитроннинг шартли кўрсаткичларига мисол: КС235А (2С235А) – 35В стабилизация кучланиши ва 0,3 Вт гача бўлган кремнийли стабилитроннинг тарқоқ қуввати.

Ўзгарувчан ток занжирида стабилизация кучланиши учун қарама-қарши йўналишда уланган стабилитронлар қўлланади ёки икки томонлама стабилитронлар, ВАТ ўзига бириктирилган икки қарама-қарши шаҳобчаларни кўрсатади.

1.2. Иш дастури

1. Виртуал осциллограф ёрдамида стабилитроннинг ВАТ ини олиш. Бунинг учун:

1.1. 1.3-расмга мувофиқ схема йиғилади.



Ўзгарувчан кучланиш манбаи сифатида стандарт сигналлар генератори ишлатилади. Сигнал шаклининг узиб улагичини синусоидал ҳолатга, амплитуда созлагичини – “0” ҳолатга, частота созлагичини мумкин бўлган минимал ҳолатга ўрнатиш керак. Стабилитроннинг токи ҳақидаги сигнал 100 Ом қаршилик билан ечилса, стабилитроннинг кучланиши ҳақидаги сигнал – бевосита стабилитрондан олинади.

1.2-расм 1.2. Схема йиғилганидан сўнг, осциллограф виртуал дастурини Labview муҳитида ишга тушириш керак. Бунинг учун иш столидаги “PCI 6024E – дастурни танлаш” ёрлиғини ёки асосий менюдаги мувофиқ буйруқни ташлаш ва “Дастурни танлаш” папкасини очиш лозим. Ундан кейин “Осциллограф папкаси” ва ундаги – X-Y осциллографини танлаш керак. Дастурни ишга тушириш учун танланган белги устида сичқонча тугмаси икки маротаба босилади.

1.1-жадвал

Стабилизация кучланиши В	Ишлаб чиқариш рақами		
	Кам қувват (0,3 Вт гача)	Ўртача қувват (0,3...0,5 Вт)	Юқори қувват (5...10 Вт)
0,1...9,9	101...199	401...499	701...799
10...99	210...299	510...599	810...899
100...199	300...399	600...699	900...999

$100000 \cdot 10^3/c$ сканер тезлигини ўрнатиш, ундан сўнг, осциллографни ишга тушириш, виртуал осциллограф экранда "↺" "RUN CONTINIOSLY" рамз устида сичқонча тугмасини босиш керак. Бундан кейин ускунани ёқиб ва амплитуда кучланишини ошириб, виртуал осциллограф экранда тасвир барқарорлигига эришилади. ВАТ тасвирини графикли файл кўринишида сақлаш учун графикли Paint муҳаррири ва компьютер клавиатурасидаги "Print screen" тугмасидан фойдаланиб сақлаш мумкин.

Вольтамперметр тавсифи бўйича қуйидагилар аниқланиши керак:

- стабилизация кучланиши. Кўриб чиқиладиган стабилитрон тури учун ҳисобот расмийлаштириладиган пайтда маълумотнома бўйича стабилизация паспорт кучланишини ўрнатиш керак;

- стабилитроннинг динамик қаршилиги, ҳисобий кўрсаткичлари кейинчалик кўриб чиқилади. Стабилитроннинг динамик қаршилиги қияликнинг тўғри қисми бўйича қайтувчи тармоқ ВАТининг $U_{обр}$ ўқига нисбатига кўра аниқланади (1.1-расмга қаралсин).

2. Яримўтказгичли стабилитрон билан кўрсаткичли стабилизация кучланишини ўрганиш.

2.1. Стабилизатор схемаси кўрсаткичларини 1.2-иловада келтирилган усул бўйича ҳисоблаш.

2.2. Юкламанинг минимал қаршилиги катталигини аниқлаш, бунда стабилизаторнинг чиқиш қисмида максимал ток мавжуд. Бунинг учун 1.2-жадвалдан гуруҳ рақами бўйича юкламанинг максимал токи $I_{н.мах}$ ни аниқлаш лозим. Юкламанинг минимал қаршилиги қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$R_{н\min} = \frac{U_{стн} \cdot (1 + 0,5 \cdot \delta)}{I_{н.мах}} \quad (1.3)$$

1.2-жадвал

Журнал бўйича гуруҳлар рақами	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_{н.мах}$, mA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Бундан кейин ўзгарувчан резисторни териш панелига ўрнатиш ва шу резистор талаб қилган қаршилик моҳиятини сошлаш дастаги ёрдамида кўргазмага чиқарилади (қаршиликни мультиметр ёрдамида ўлчаш учун у “қаршиликни ўлчаш” режимига ўтказилади). Бундан сўнг резисторнинг сошлаш дастагига тегиш мумкин эмас.

Мавжуд бўлганлардан қўшимча балласт резистори R_0 ни танлаш, шу ҳисобий қаршиликка бирмунча яқин келади.

2.3. 1.4-расмга мувофиқ стабилизатор схемасини тузиш.

Вольтметр сифатида рақамли мультиметрлар, амперметр сифатида эса кўрсаткичли асбоблар:

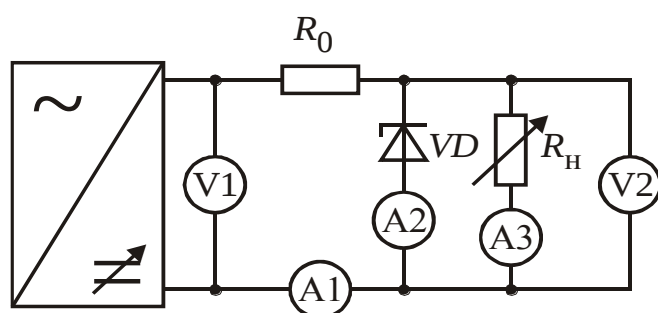
- A1 – 0... 50 mA
- A3 – 0...20 mA

ишлатилади.

$I_2 = I_3 - I_1$ бўлганда, миллиамперметр A2 ни ўрнатмаса ҳам бўлади.

2.4. Стабилизатор тавсифларини ечиш. Бунинг учун:

ўзгармас кучланиш манбасининг созлагичини “О” ҳолатига ўрнатиш;



1.3-расм

манбадан ўзгармас кучланишни ёқиш;

аста-секин кучланишни “О” дан $U_{чик.мах}$ гача ошириб, асбоблар кўрсаткичлари 1.3-жадвалга ёзиб борилади.

Бунда ток ва кучланишларнинг чегараланган қийматидан ошириш рухсат этилмайди.

1.3-жадвал

$U_{\text{вх}},$ В	V1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	$U_{\text{кпр.мах}}$
$U_{\text{чик}},$ В	V1												
$I_{\text{кпр}},$ мА	A1												
$I_{\text{чик}},$ мА	A2												
$I_{\text{н}},$ мА	A3												

1.3. Ҳисобот мундарижаси

Амалий иш мундарижаси қуйидагилардан иборат:

1. Принципиал схемалар тажрибалари ва ўлчов жадваллари.
2. Стабилитрон дифференциал қаршилигининг ҳисоб натижалари.
3. Кўрсаткичли стабилизаторнинг ҳисоби.
4. Стабилитрон ВАТ и.
5. $U_{\text{чик}}=f(U_{\text{кпр}})$ стабилизатор тавсифи олинган маълумотлар бўйича миллиметрли қоғозга қурилсин.
6. Хулоса.

2-виртуал амалий машғулот Транзисторларни тадқиқ қилиш

Ишдан мақсад: Умумий эмиттер схемаси бўйича ишлайдиган, биполяр транзисторнинг статик тавсифларини ўрганиш.

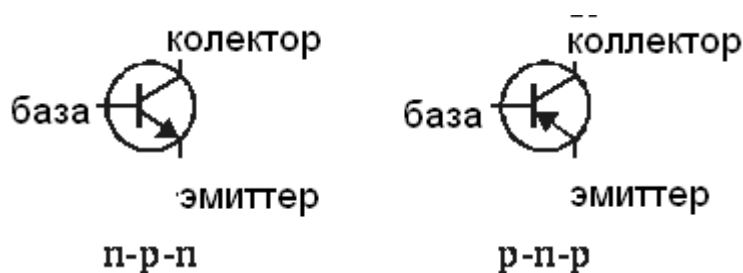
2.1. Биполяр транзисторнинг ишлаш принципи

Транзистор сўзи инглизча “transfer resistor” сўзидан келиб чиққан бўлиб, “бошқарилувчи қаршилик” маъносини билдиради. Транзисторлар икки катта гуруҳга бўлинади: биполяр ва майдон транзисторлари.

Биполяр транзисторни уч қатламли яримўтказгичли қурилма сифатида кўриш мумкин. Чекка қатламлари *эмиттер* ва *коллектор*, ўрта қатлами эса *база* деб аталади. Эмиттер ва коллекторнинг ўтказувчанлиги ўрта қатлам асосининг ўтказувчанлигидан фарқ

қилади. Агар эмиттер ва коллектор p -турдаги ўтказувчанликка эга бўлса, базаси n -турдаги ўтказувчанликка эга, ёки аксинча. P - n - p туридаги ўтказувчанликка эга транзистор тўғри ўтказувчан транзистор, n - p - n туридаги ўтказувчанликка эга транзистор эса – тескари ўтказувчан транзистор деб аталади.

Биполяр транзисторларнинг шартли белгиланиши 2.1-расмда кўрсатилган. Электродлар атрофидаги айлана транзисторнинг кристалли корпус ичига жойлашганлигини билдиради. Транзисторларнинг корпуссиз ишланган ҳолатида, масалан микросхема ичида, шартли белгидаги айлана кўрсатилмайди.



2.1-расм

p - n ўтишли биполяр транзисторнинг бир қанча ўзига хос жиҳатлари мавжуд:

Биринчидан, эмиттер ва коллектор қатламлари базага нисбатан чўкмалар билан бир мунча кўпроқ легирланади. Бунинг натижасида эмиттер ва коллекторнинг асосий заряд ташувчилар миқдори базадаги асосий ташувчилар миқдоридан юқори бўлади. Асосий заряд ташувчилар миқдорининг бир хил эмаслиги эмиттер ва коллектор p - n ўтишининг носимметриклиги ва база ҳудудида катта қалинлик ҳосил бўлишига олиб келади.

Иккинчидан, база ҳудудининг кенглиги заряд ташувчилар диффузион масофаси узунлигидан кичикроқ қилиб бажарилади. Шу сабабли, бир p - n ўтиш билан инжекторланган ташувчилар иккинчи ўтишга эришиши ва унга кириши мумкин. Ўз навбатида, бир ўтишдаги ток миқдорининг ўзгариши бошқа ўтишдаги ток миқдори ўзгаришига олиб келади. Шундай қилиб, иккита p - n ўтишли ўзаро боғланган ягона тизим вужудга келади.

Транзисторнинг ҳар бир p - n ўтиши тўғри ва қарама-қарши ёқилиши мумкин. Шу сабабли транзистор ёқилишининг тўртта усули мавжуд:

- нормал актив – эмиттер-база ўтиши тўғри, коллектор-база ўтиши эса тескари йўналишда ёқилган.

- инверс актив – эмиттер-база ўтиши тескари, коллектор-база ўтиши эса тўғри йўналишда ёқилган.

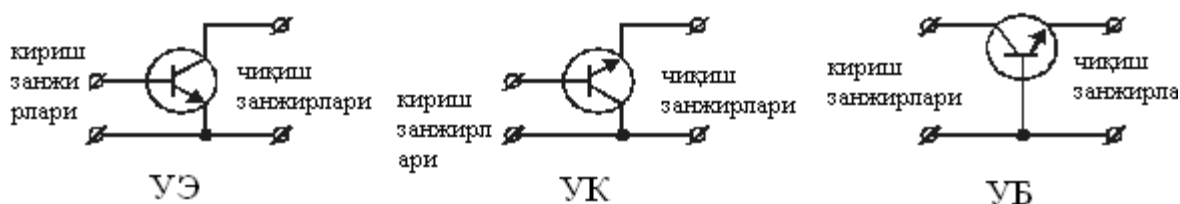
- узилган – иккала ўтиш тескари йўналишда ёқилган.

- тўйдирилган – иккала ўтиш тўғри йўналишда ёқилган.

Транзисторларнинг нормал ёқиши кучайтириш ускунаси схемаларида ишлатилади; инверс ёқилувчи транзисторлар нисбатан камроқ ишлатилади. Узилган ва тўйдирилган режимларни кўпроқ транзистор электрон калит сифатида ишлатиладиган ускуналарда кўриш мумкин.

Электрон ускуна схемаларида иккита асосий занжирни фарқлаш мумкин: кирувчи (бошқарувчи) ва чиқувчи (бошқарилувчи). Одатда транзистор шундай ёқиладики, унинг битта электроди кирувчи ва чиқувчи занжирлар учун умумий ҳисобланади. Транзистор ёқишининг учта схемаси мавжуд (2.2-расм):

- умумий базали (УБ);
- умумий коллекторли (УК);
- умумий эмиттерли (УЭ).



2.2-расм

Умумий эмиттер схемаси бўйича ёқилган n-p-n туридаги транзисторнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. p-n ўтишли транзистор нормал актив ёқилган пайтда эмиттер – база тўғри йўналишда, коллектор-база эса тескари йўналишда силжиган бўлади. Асосий заряд ташувчилар концентрацияси база тарафида эмиттер томонига нисбатан камлиги туфайли, база учун асосий бўлмаган ташувчилар, яъни электронларнинг эмиттердан база томон инжекцияси (ўтиши) ҳосил бўлади.

Базага инжекторланган (ўтган) электронларнинг озроқ қисми тешиклар билан қайта бирлашади, чунки база майдони эмиттер майдонига нисбатан чўкма билан камроқ легирланган. База майдонининг эни электронларнинг диффузион юришидан кичиклиги туфайли, электронларнинг бир қисми эмиттердан инжекторланган (ўтган) ҳолда коллектор–базали p-n ўтишга эришади. У тескари йўналишда силжиб, унинг майдони асосий бўлмаган база электрони

ва коллектор тешигининг заряд ташувчиларини тезлаштиради. Шу сабабли электронлар базадан коллекторга, тешиklar эса коллектордан базага ўтади.

Эмиттер ва база орасидаги кучланишнинг ортиши пайтида p-n ўтиш камади, базага инжекторланган (ўтган) электронлар сони эса ортади.

Коллектор база ўтиши тескари йўналишда силжигани сабабли, унинг қаршилиги тўғри йўналишда силжиган эмиттер-база ўтиш қаршилигига нисбатан бир неча баробар катта бўлади. Шу сабабли коллектор занжирига 10...100 В гача бўлган кучланиш манбаи уланиши мумкин. Коллектор занжиридаги манба қуввати ҳисобига юклама қаршилигига ажратилувчи сигнал қуввати база занжирига узатилаётган сигнал қувватидан анча катта. Бунда база занжиридаги кучланишнинг кичик ўзгариши ҳам юклама қаршилигидаги кучланишнинг жиддий ўзгаришига олиб келади. Натижада кучланиш ва қувватнинг кучайиши юзага келади.

Транзистор кўрсаткичларини “бирламчи” ва “иккиламчи” турларга ажратиш мумкин. Бирламчи турига эмиттер, коллектор, база ва α эмиттер ток узатиш коэффиценти киради. h-кўрсаткич деб номланган иккиламчи тури эса транзистор ёқилиш схемаси орқали аниқланади ва транзисторга кириш ҳамда чиқишдаги ток ва кучланишлар орасидаги боғлиқликни характерлайди.

h-кўрсаткичли тизимлар учун кўпроқ тавсифнинг чизиқли қисми орасида тарқалган қуйидаги тенгламалар тизими ўринли:

$$\begin{cases} \Delta U_{\text{эб}} = h_{11}\Delta I_{\text{б}} + h_{12}\Delta U_{\text{эк}} \\ \Delta I_{\text{к}} = h_{21}\Delta I_{\text{б}} + h_{22}\Delta U_{\text{эк}} \end{cases} \quad (2.1)$$

h-кўрсаткичларнинг физик маъносини тенгламанинг ўнг тарафидаги элементларни нолга тенглаштириб англаш мумкин:

$$-\Delta U_{\text{эк}} = 0 \quad (U_{\text{эк}} = \text{const})$$

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{\text{эб}}}{\Delta I_{\text{б}}} \text{ — кириш қаршилиги;}$$

$$h_{21} = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta I_{\text{б}}} \text{ — ток бўйича кучайтириш коэффиценти}$$

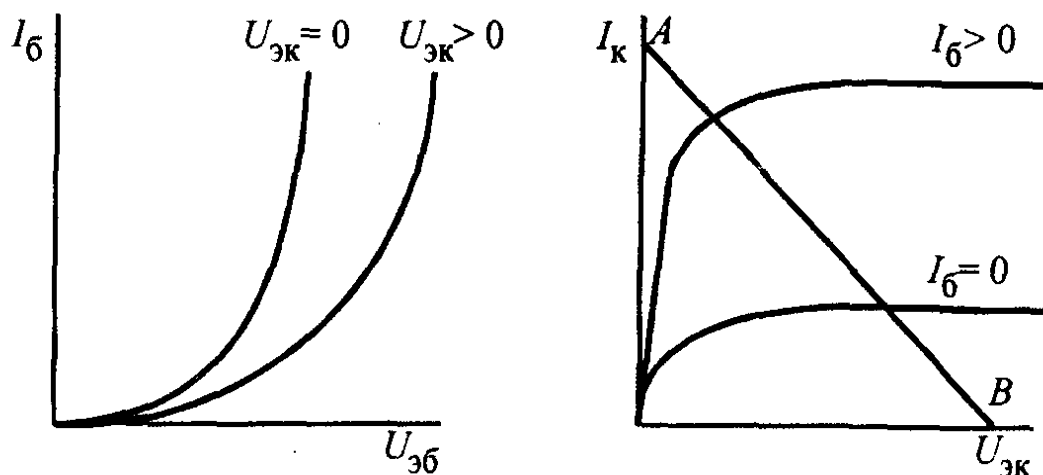
$$-\Delta I_{\text{б}} = 0 \text{ агар } (I_{\text{б}} = \text{const}) \text{ бўлса}$$

$h_{12} = \frac{\Delta U_{эб}}{\Delta U_{эк}}$ – кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти

$h_{22} = \frac{\Delta I_k}{\Delta U_{эк}}$ – чиқувчи ўтказувчанлик.

2.2. Биполяр транзисторлар тавсифи

Транзисторлар кўрсаткичлари статик ва динамик тавсифлари билан аниқланади. Статик тавсиф транзистор электродлари орасидаги кучланишга боғлиқли токи, яъни вольт-ампер тавсифи гуруҳини билдиради. Статик кириш тавсифлари база токининг база – эмиттер кучланишга боғлиқлигини англатиб, $I_b = f(U_{бэ})$, бу ҳолатда коллектор-эмиттер кучланиши ўзгармас бўлиши керак. Статистик чиқиш тавсифлари – коллектор ва эмиттер орасидаги кучланишга базанинг ўзгармас токида коллектор токи боғлиқлигини билдиради $I_k = fU_{эк}$. Транзисторнинг статик кириш ва чиқиш тавсифлари умумий эмиттерли схемалар учун 2.3-расмда келтирган.



2.3-расм

Транзисторнинг статик чиқиш тавсифи транзистор ўтказувчанлиги база токининг турли қийматларда қандай ўзгаришини кўрсатади. Шундай қилиб, нозичли ток I_k ва кучланиш $U_{кэ}$ боғлиқлиги транзисторнинг аниқ қаршилигига база токининг бирон қийматида эга бўлади дейиш нотўғри. Бунга сабаб, у чиқувчи кўрсаткичларга боғлиқ, яъни ўзи нозичлидир. Транзистор ўз маъносига кўра (хоҳ у нозичли бўлсин) қаршилиқ ҳисобланади, яъни унинг қийматини коллектор, база тоқларига нисбатан озроқ ўзгартириш мумкин.

Статик кириш ва чиқиш тавсифлари коллектор занжирида резисторсиз йўқотилади. Резисторнинг R_H юкламали коллектор занжиридаги иш режими динамик кўринишга эга. Динамик кириш тавсифига статик кириш тавсифи $U_{кэ}$ кичик қийматларида олинади. Динамик чиқиш тавсифи қуйидаги тенгламадан аниқланадиган тўғри чизиқни билдиради.

$$U_{кэ} = E_K - I_K \cdot R_H \quad (2.2),$$

Бу ерда: E_K - коллектор занжирига уланган манба кучланиши.

Динамик тавсифлар иккита режим асосида қурилади: салт юриш (СЮ) ва қисқа туташув (ҚТ):

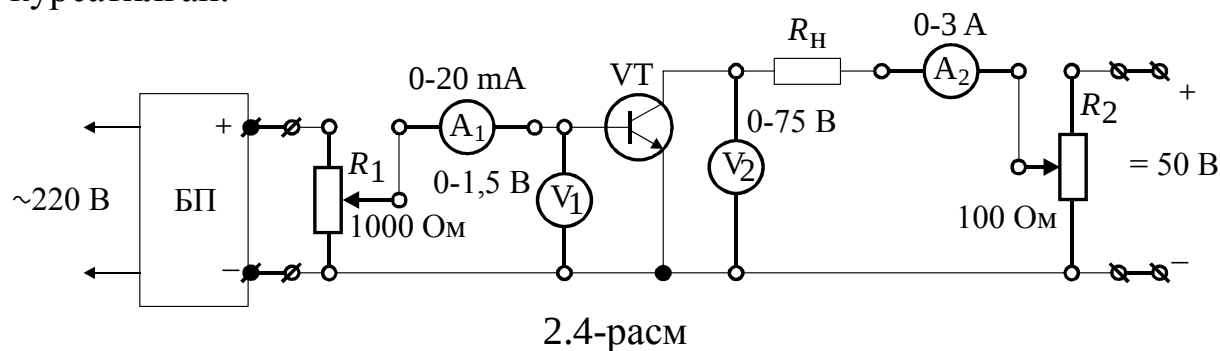
$$- СЮ - I_K = 0 \Rightarrow U_{кэ} = E_K \quad (2.3);$$

$$- ҚТ - U_{кэ} = 0 \Rightarrow I_K = \frac{E_K}{R_H} \quad (2.4).$$

2.3-расмда динамик чиқиш тавсифи АВ тўғри чизиққа мос келади.

2.3. Иш дастури

2.4-расмга мувофиқ тажриба қурилмаси схемасини виртуал қуриш. Улаш учун зарур сим ва жиҳозлар расмда қалин чизиқ билан кўрсатилган.



2. Транзисторнинг статик кириш тавсифини тадқиқ қилиш.

Бунинг учун:

2.1. V_2 вольтметрни R_2 реостат ёрдамида $U_{кэ} = 10$ В га тенг қилиб ўрнатинг.

2.2. A_1 амперметрни R_1 реостат ёрдамида $I_б = 2$ mA га тенг қилиб ўрнатинг.

2.3. R_2 реостат ёрдамида $U_{кэ}$ кучланишни берилган даражада ростланг (агар ўзгарган бўлса).

2.4. 2.1-жадвалга V_1 бўйича ўлчанган $U_{бэ}$ кучланиш катталигини киритинг.

2.5. 2.1-жадвалда келтирилган I_6 ток қиймати учун 2.2-2.4 бандлардаги тажрибани такрорланг.

2.1-жадвал

I_6, mA	A_1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	V_2	$U_{кз} = 10 \text{ В}$									
$U_{бз}, \text{В}$	V_1										
	V_2	$U_{кз} = 30 \text{ В}$									
$U_{бз}, \text{В}$	V_1										

2.6. V_2 вольтметрни R_2 реостат ёрдамида $U_{кз} = 30 \text{ В}$ га тенг қилиб ўрнатинг. 2.2-2.5 бандлардаги тажрибани такрорланг.

3. Статик чиқиш тавсифини ўрганиш.

Бунинг учун:

3.1. A_1 амперметрни R_1 реостат ёрдамида $I_6 = 10 \text{ мА}$ га тенг қилиб ўрнатинг.

3.2. V_2 вольтметрни R_2 реостат ёрдамида $U_{кз} = 1 \text{ В}$ га тенг қилиб ўрнатинг.

3.3. R_1 реостат ёрдамида I_6 токни берилган даражада ростланг (агар ўзгарган бўлса).

3.4. 2.2-жадвалга A_2 амперметр бўйича ўлчанган I_k ток катталгини киритинг.

3.5. 2.2-жадвалда келтирилган $U_{кз}$ кучланиш қиймати учун 3.2-3.4 бандлардаги тажрибани такрорланг.

3.6. A_1 амперметр бўйича R_1 реостат ёрдамида $I_6 = 20 \text{ мА}$ га тенг қилиб ўрнатинг. 3.2-3.5 бандлардаги тажрибани такрорланг.

4. Динамик чиқиш тавсифини тадқиқ қилиш.

Бунинг учун:

4.1. R_2 реостат ёрдамида V_2 вольтметрни рухсат этилган максимал кучланишига ўрнатинг.

4.2. R_1 реостат ёрдамида база токини 0 дан 20 мА гача 2 мА оралиқ билан ўзгартириб, 2.3-жадвалга A_2 ва V_2 жиҳоз кўрсаткичларини киритинг.

2.2-жадвал

$U_{кз}, \text{В}$	V_2	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	25	30	35
	A_1	$I_6 = 10 \text{ мА}$												
$I_k, \text{А}$	A_2													
	A_1	$I_6 = 20 \text{ мА}$												
$I_k, \text{А}$	A_2													

2.3-жадвал

$I_{\text{б}}, \text{mA}$	A_1	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$U_{\text{кэ}}, \text{В}$	V_2											
$I_{\text{к}}, \text{А}$	A_2											

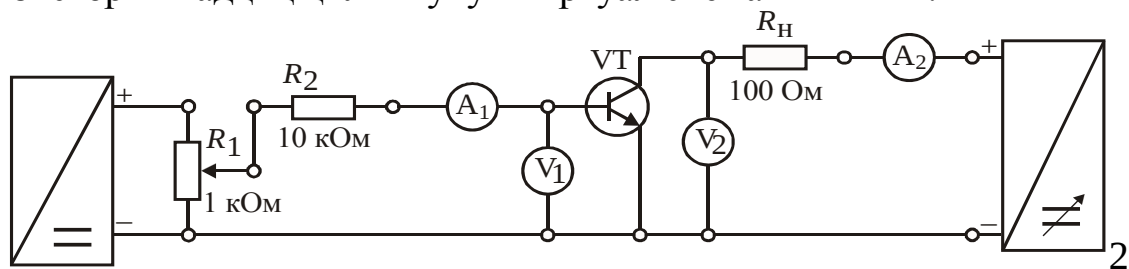
5. Ҳисобот тайёрлашга оид талаблар билан танишинг.

2.4. Ҳисобот мазмуни

1. Транзистор тури ва унинг чегаравий эксплуатация кўрсаткичлари.
2. Виртуал тажриба қурилма схемаси.
3. Тажриба кўрсаткичлари жадвали.
4. Транзисторнинг статик кириш ($I_{\text{б}} = f(U_{\text{бэ}})$) тавсифлари графиги ва уларни миллиметрли қоғозда қуриш.
5. Транзисторнинг статик чиқиш ($I_{\text{к}} = f(U_{\text{кэ}})$) тавсифлари графиги ва уларни миллиметрли қоғозда қуриш.
6. Транзисторнинг тажриба ва ҳисобий динамик чиқиш ($I_{\text{к}} = f(U_{\text{кэ}})$) тавсифлари графиклари ва уларни миллиметрли қоғозда қуриш.
7. Методик қўлланманинг назарий қисмида келтирилган формула бўйича 2 ва п.3-б. лардан олинган тажрибавий тавсиф асосида ҳисобланган транзисторнинг h -кўрсаткичлари.

2.5. Иш дастури

1. 2.5-расмга мувофиқ умумий эмиттер билан ёқилган транзисторни тадқиқ қилиш учун виртуал схемани йиғиш.



5-расм

Схемани йиғиш учун транзистор йиғиш панелига ўрнатилади. A_1 ва V_1 ускуналар сифатида мультиметр, A_2 ва V_2 ускуналар сифатида эса кўрсаткичли ускуналар ёқилади. Таъминлаш манбаининг минусли симлари ва транзистор эмиттерига уланадиган минусли шина

сифатида, ўзаро схемали уланган йиғиш панелининг пастки клеммаларини ишлатиш тавсия этилади.

2. Транзисторнинг статик чиқиш тавсифларини олиш. Статик чиқиш тавсифлари $U_{кэ}$ кучланишнинг икки қиймати: 0 ва раҳбар томонидан берилган қиймат учун олинади. Тажрибани ўтказиш учун талаб этилаётган кучланишни ўрнатиш лозим ва уни бутун тажриба давомида ушлаб туриш керак. Ўлчов натижалари 2.4-жадвалга киритилади. Улар камида 10 та нуқтада олиниши лозим.

2.4-жадвал

$U_{кэ} = 0$				
$U_{бэ}, В$				
$I_б, mA$	0,1	0,2	...	1,5
$U_{кэ} = 1$				
$U_{бэ}, В$				
$I_б, mA$	0,1	0,2	...	1,5

3. Транзисторнинг статик чиқиш тавсифларини олиш. Бунинг учун ҳар бир тажриба олдида талаб этилаётган база токи ўрнатилиб, амперметр кўрсаткичларини ёзиб борган ҳолда $U_{кэ}$ кучланиши (0 дан бошлаб орттирилади) ўзгартирилади. Натижалар 2.5-жадвалга киритилади. Транзисторнинг кириш қаршилиги $U_{кэ}$ кучланишга боғлиқлиги сабабли, база токини ўзгармас ҳолда ушлаш лозим. Транзисторнинг сўниш қуввати $P_{расс}$ 140 мВтга тенг бўлганида доимий токли базанинг статик тавсифини олиш тажрибасини тўхтатиш лозим. Шу сабабли $P_{расс}$ ҳисобини тажриба вақтида бирдан бажариш лозим (транзисторнинг максимал қуввати жадвалдаги кўрсаткичга тенг қилиб олинсин, акс ҳолда, улар оширилганида транзистор ишдан чиқади).

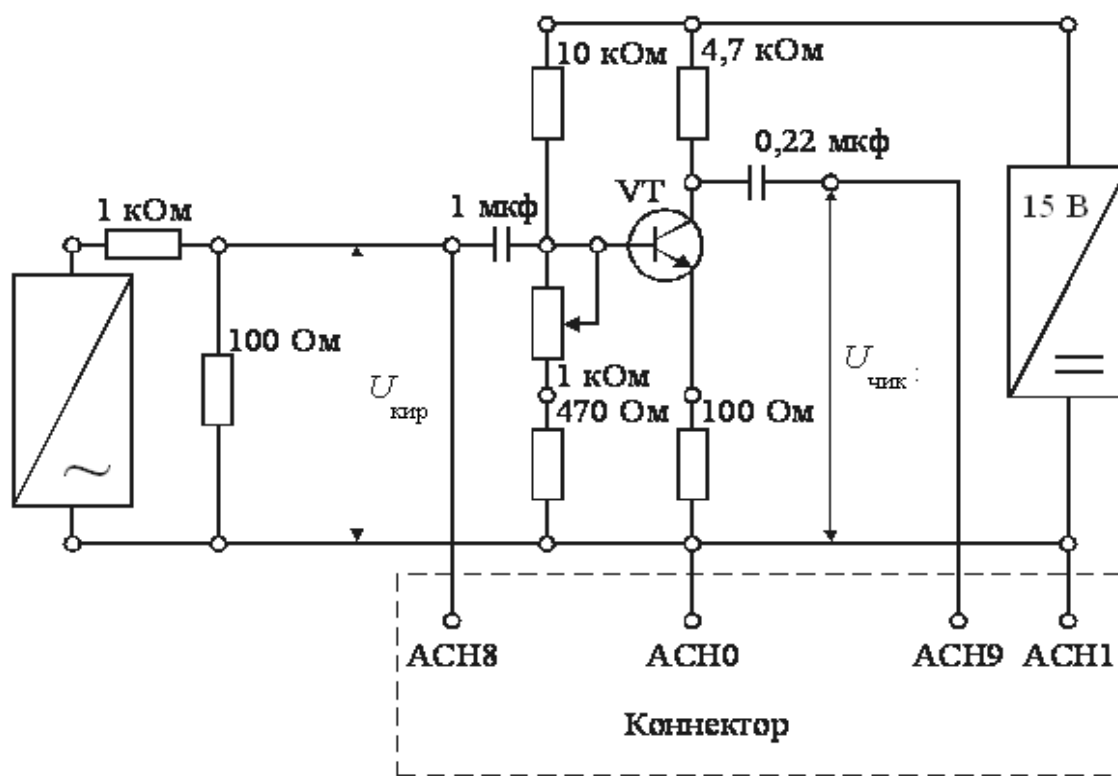
2.5-жадвал

$I_б = 15 \text{ мкА}$							
$U_{кэ}, В$							
$I_к, mA$							
$P_{расс}, mBт$							
$I_б = 30 \text{ мкА}$							
$U_{кэ}, В$							
$I_к, mA$							
$P_{расс}, mBт$							
$I_б = 50 \text{ мкА (0,05 mA)}$							
$U_{кэ}, В$							

I_K, mA							
$P_{\text{расс}}, \text{mBт}$							

4. Бир каскадли гармоник сигнал кучайтириш схемасини тадқиқ қилиш. Бу тажрибани бажариш учун 2.6-расмдаги схема йиғилсин. Схема уланганидан сўнг кириш частотасини 1кГц га ўрнатинг.

Виртуал осциллографни ишлатиш учун схема йиғилгандан сўнг бош менюнинг “Программное обеспечение” папкасида “Осциллографы” папкаси, сўнгра “Двухканальный осциллограф” дастури очилади. Виртуал икки каналли осциллограф дастури юкланганидан сўнг уни синхронлаштириш, ҳамда синхронизациянинг виртуал ушлагичи ёрдамида айлантириш лозим. Бунда синхронизациянинг рақамли режимини танлаш тавсия этилади. Осциллограф бўйича кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициентини баҳолаш лозим.



2.6-расм

5. Тажриба ўтказилганидан сўнг статик кириш ва чиқиш тавсифларини алоҳида варақларда қуриш лозим. Статик тавсифларга максимал қуввати бўйича чегара киритиш лозим. Бундан кейин раҳбар томонидан берилган E_K ва R_n қийматлар учун динамик тавсифларни қуриш ва ҳисоблаш лозим.

2.6. Ҳисобот мазмуни

1. Тажриба схемалари.
2. Ўлчашлар жадваллари.
3. Динамик тавсиф ва максимал қувват ҳисобининг намунаси.
4. Чегаралари кўрсатилган статик тавсиф графиклари.
5. Гармоник сигнал кучайтиргичини тадқиқ қилиш осциллограммаси.

3-виртуал амалий машғулот

Мустақил ва кетма-кет қўзғатишли тортув моторларининг электр тормозланиши

Ишдан мақсад: мустақил ва кетма-кет қўзғатишли электр моторлари билан электр тормозлашнинг таъсири принципи ва тавсифини ўрганиш.

3.1. Электр тормозлаш принципи

Электр ҳаракат таркибида қўлланувчи электр тормозлашнинг қуйидаги кўринишлари фарқланади: реостатли (резисторли), рекуператив ва рекуператив-реостатли.

Реостатли тормозлашда тортув моторларидан ишлаб чиқариладиган энергия тормоз резисторларида иссиқлик энергиясига айланади. Рекуператив тормозлашда энергия туташ тармоққа узатилиб, унда ё бошқа электр ҳаракат таркибидан, ё тортув нимстанцияси орқали ташқи энерготизимга узатилади, ёки балласт реостатларида сўндирилади.

Тортув электр моторларининг электр магнитли қуввати қуйидагича аниқланади:

$$P_9 = E \cdot I_a, \quad (3.1)$$

Бунда E – айланиш ЭЮК;

I_a – якорь токи.

Айланиш ЭЮК тортув электр мотори кўрсаткичларига боғлиқ:

$$E = \frac{p \cdot N \cdot \Phi \cdot n}{60a}, \quad (3.2)$$

Бунда, p – жуфт кутблар сони;

N – якорь чулғамининг актив ўтказгичлари сони;

Φ – асосий магнит оқими;
 n – айланиш частотаси;
 a – якоръ чулғами параллел тормозининг жуфт сони.

Тортув электр юритгичини электр магнитли тормоз моменти электр тормозланиши режимида қуйидагича:

$$M_{\text{я}} = \frac{60 \cdot P_{\text{я}}}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (3.3)$$

Электр магнитли момент, шунингдек, якор токи ва асосий магнит оқими орқали ифодаланиши мумкин:

$$M_{\text{я}} = \frac{N \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot a} \cdot \Phi \cdot I_{\text{я}} = C \Phi \cdot I_{\text{я}} \quad (3.4)$$

Ғилдиракнинг обод қисмидаги тормоз кучи:

$$B_{\text{к}} = \frac{2 \cdot M_{\text{я}} \cdot \mu}{D_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{м.д}} \cdot \eta_{\text{м.н}}}, \quad (3.5)$$

Бунда, μ – редукторнинг узатма сони;

$D_{\text{к}}$ – ғилдирак диаметри;

$\eta_{\text{тд}}$ – тортув моторининг Ф.И.К;

$\eta_{\text{тп}}$ – тортув узатмасининг Ф.И.К;

(3.4) ва (3.5) ифодалардан қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$B_{\text{к}} = \frac{N \cdot p \cdot \mu}{\pi \cdot D_{\text{к}} \cdot a \cdot \eta_{\text{м.д}} \cdot \eta_{\text{м.н}}} \cdot \Phi \cdot I_{\text{я}}. \quad (3.6)$$

Демак, берилган турдаги тортув электр мотори ва тортув келтиргичи учун тортув кучи якор чулғами токи ва магнит оқимиға боғлиқ. Тормоз кучини тўғрилаш қонуни тегишли равишда кўрсатилган катталикларни ўзгартириш тавсифи билан аниқланади.

3.2. Электр тормозлашнинг принципиал схемаси

Реостатли тормозлашда тортув моторларининг мустақил қўзғатишли ва ўз-ўзидан қўзғатишли бирлашмасининг турли схемалари қўлланиши мумкин.

Метрополитен вагонларида якор чулғамларини ишга тушириш ва қўзғатишнинг кесма-сиртмоқли (3.1-расм) схемаси қўлланиб, у ток текисланишини параллел тармоқларда амалга ошириш имконини беради.

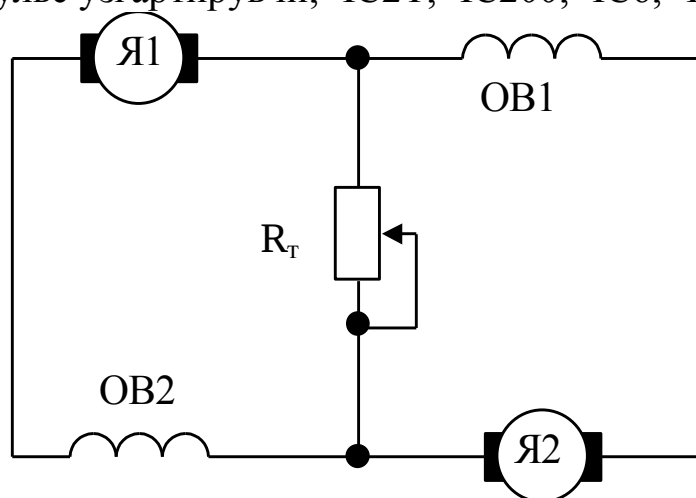
ЭР2Т, ЭТ2 ва унга ўхшаш турдаги шаҳар атрофи электр поездларида ҳаракат тезлиги паст зоналарда тортув моторларининг

кетма-кет бирлашмаси ва ўз-ўзидан қўзғатишли (3.2-расм) реостат тормозлаш схемаси қўлланади.

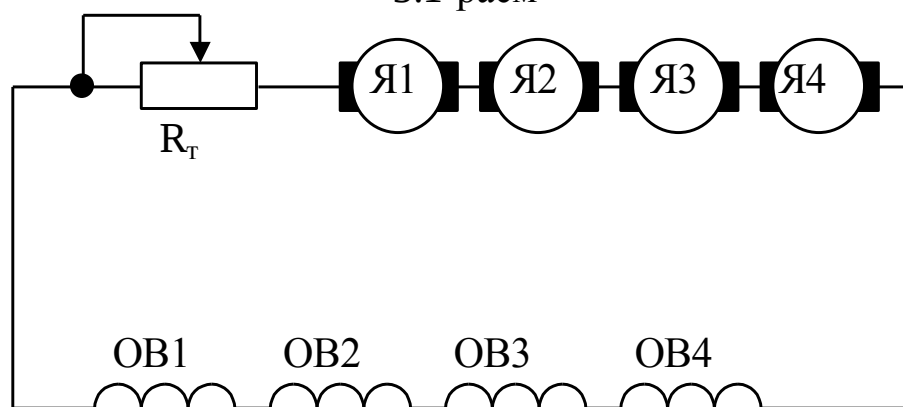
Параллел тормозлар бўйлаб токни текислашни амалга ошириш зарурати йўқлиги ушбу схеманинг ютуғи ҳисобланади. Бунда барча моторлар бўйлаб бир хил ток ўтади. Асосий камчилиги – сирпанишга қаршилиги пастлигидир.

Кетма-кет қўзғатишли тортув моторларини мустақил режимга ўтказиш учун уларнинг қўзғатиш чулғамини алоҳида истеъмол манбаига улаш зарур (3.3-расм).

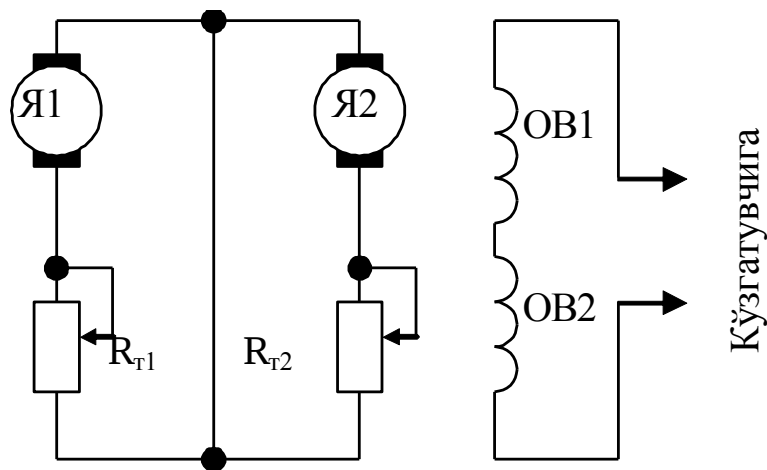
Берилган схеманинг мустақил қўзғатишли эканлиги одатдаги генераторлар схемалари билан солиштиргандаги ўзига хослиги шундан иборатки, кетма-кет қўзғатишли тортув моторлари қўзғатиш чулғами ўрамларининг камлиги ва якор токи катталиги бўйича солиштирилувчи анчагина ток катталигини талаб этади. Шунинг учун мустақил қўзғатиш режимида ТЭМ чулғами истеъмоли учун махсус истеъмол манбаи – қўзғатгич қўлланади. Қўзғатгич электр машинали ўзгартирувчи (мотор-генератор); ВЛ10, ВЛ11, ЭР22, ЭР2Т; ярим ўтказгичли импульс ўзгартирувчи; ЧС2Т, ЧС200, ЧС6, ЧС7;



3.1-расм



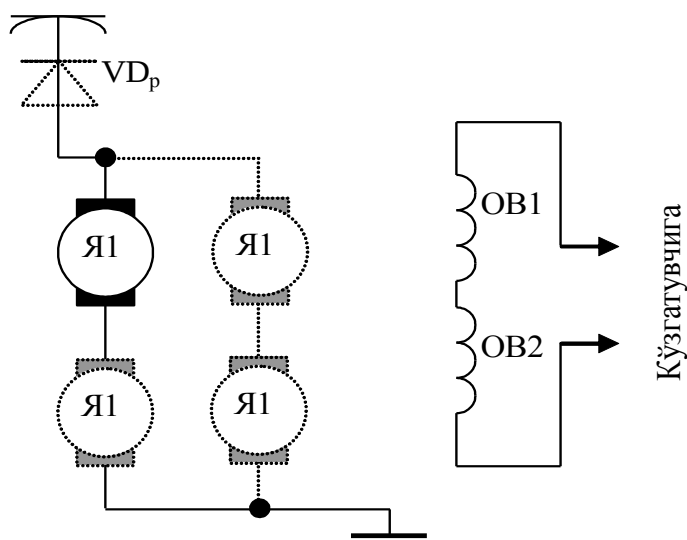
3.2-расм



3.3-расм

Ростлагич билан бошқарилувчи: ВЛ80с, ВЛ60р, ВЛ85, ВЛ65 бўлиши мумкин. Шаҳар ер усти электр транспорти (трамвай ва троллейбусларни) ТЭМ, туташ тармоққа бевосита уланувчи бош қутбларни юқори ҳажмли қўшимча чулғамларига эга.

Реостатли каби рекуператив тормозлаш (3.4-расм) режимида ишлаш имконияти мустақил қўзғатишли бўлган электр тормозлаш схемасининг ютуғи ҳисобланади. Электр тормозлаш режимидаги мустақил қўзғатишда схеманинг иши мустаҳкамлигини ва қўзғатиш токининг ўзгариши эвазига тормоз кучи тўғриланишини таъминлаш осонроқ. Мустақил қўзғатишли схемаларнинг камчилиги кетма-кет қўзғатишлисига солиштирганда янада мустаҳкамроқ тавсифга эга., Параллел тормозлар бўйлаб токларнинг катта ёйилишининг юзага келиши шундан келиб чиқади.

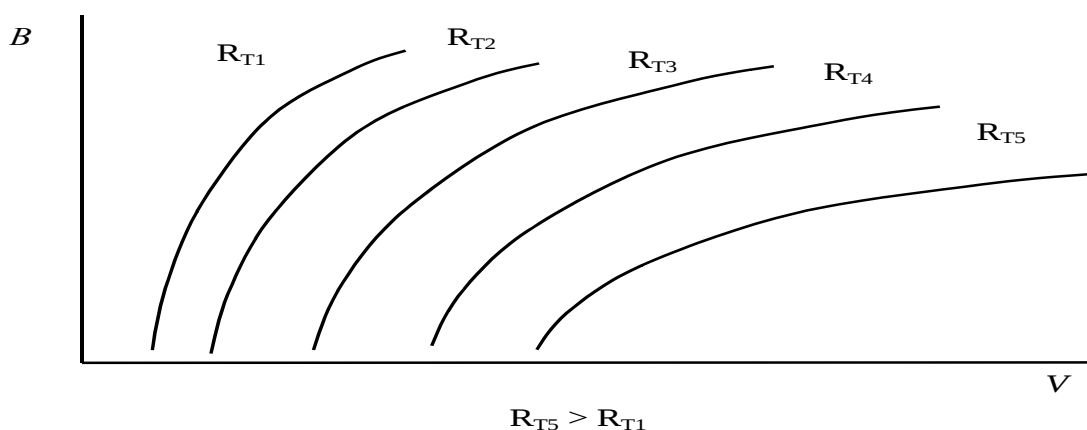


3.4-расм

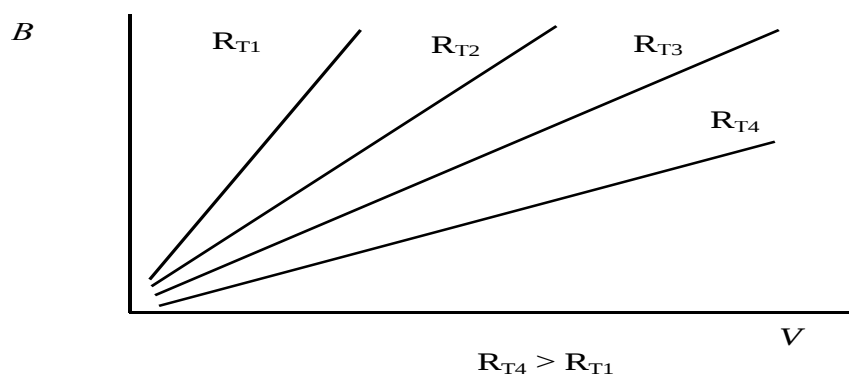
Таъкидлаш кераки, рекуперацияни фақат тортув электр моторларининг ЭЮК туташ тармоқдаги кучланишдан кўпроқ ҳолларда қўллаш мумкин. Агар ТЭМ ЭЮК тармоқ кучланишидан кичик бўлса, у ҳолда улар мустақил қўзғатишли мотор режимиға ўтади, шунинг учун ЭХТда рекуперация (VD_p 3.4-расмда), ёки токли (моторли) қайтарма рельси ўрнатилади.

Кема-кет қўзғатишли тортув моторлари реостатли тормозланишнинг тормозли тавсифларида (3.5-расм, а), мустақил қўзғатишлиларида (3.5-расм, б) келтирилган.

а)



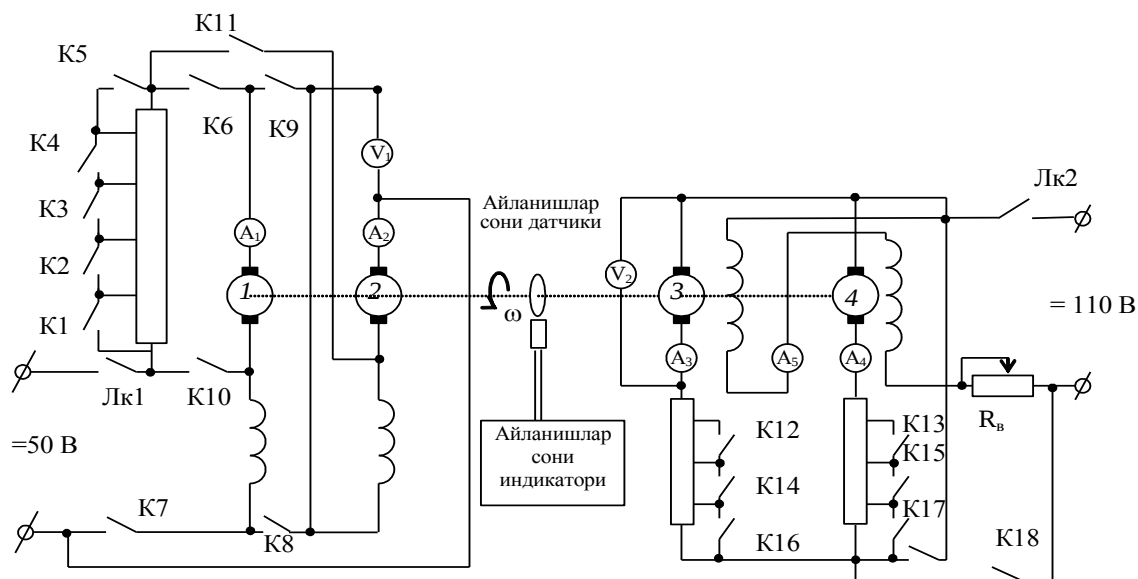
б)



3.5-расм

3.3. Виртуал лаборатория ускунаси таърифи

Кема-кет ва мустақил қўзғатишли электр моторлари тормоз тавсифларини текшириш учун ускуна ўзаро механик узатма ёрдамида бирлаштирилган тўртта электр моторларидан ташкил топган бўлиб (3.6-расм), улардан икkitаси (1 ва 2) кетма-кет қўзғатишга, қолган икkitаси (3 ва 4) эса – мустақил қўзғатишга эга. Лаборатория ишида электр моторларини бошқариш учун ВЛ10 электровозида қайта конструкцияланган бошқарув контроллери қўлланади.



3.6-расм

Контроллернинг юқори дастаги билан кетма-кет қўзғатишли, пастки дастаги билан эса мустақил қўзғатишли мотор бошқарилади. Дастак ўзига тортилганда моторларнинг тегишли жуфтлиги тортув режимига (позициялар араб ҳарфлари билан белгиланган), ўзидан итарилганда эса тормозлаш режимига (позициялар рим ҳарфлари билан белгиланган) ўтади. Шунинг учун бир жуфт моторлар якорларини бошқасидан валларини айлантиришга келтириб (бунда дастаклардан бири тортув, иккинчиси эса тормозлаш режимда турган бўлиши керак), тормоз тавсифларини текшириш имкониятлари мавжуд.

Контроллернинг ҳар бир позициясига якор занжиридаги қаршилигининг маълум қиймати мос келиб, бунда позициялар сони ортиши билан қаршилиқ катталиги камайиб боради. “Х” белгиси билан белгиланган позициялар ўтувчи ҳисобланиб, ҳамда тормоз тавсифларини текширишда инобатга олинмайди. Контроллернинг юқори дастаги тортув режимдаги кетма-кет қўзғатиш моторларининг айланиш частоталарини тўғрилаш учун саккизта позицияга (1...5 – кетма-кет уланган, 6,7,8-параллел), ҳамда реостатли тормозлаш режимда тормозли резисторни тўғрилаш катталиги учун олтита позицияга эга. Контроллернинг пастки дастаги тортув режимдаги мустақил қўзғатиш моторларининг айланиш частотасини тўғрилаш учун тўртта позицияга ҳамда – тормоз резистори катталигини тўғрилаш учун тўртта позицияга эга.

3-4 моторларини қўзғатиш токи виртуал лаборатория столида жойлашган R_B реостат ёрдамида тўғриланади.

3.4. Иш дастури

1. Кетма-кет қўзғатишли моторлари билан реостатли тормозлаш тавсифларини текшириш.

1.1. Контроллернинг иккала дастагини 0 ҳолатига ўрнатиш.

1.2. ВУ1, ВУ2 пакет ўчиргичлар ҳамда электрон тахометрни ишга тушириш. Назорат лампалари ёнгани кучланишнинг мавжудлигини билдиради.

1.3. Контроллернинг юқори дастагини тормоз режимининг иккинчи ҳолатига ўрнатиш.

1.4. Тортув режимининг биринчи ҳолатига контроллернинг пастки дастагини ўрнатиш, ундан кейин эса қўзғатишнинг мустақил чулғами токини $I_b=2A$ га ўрнатиш. 3.1-жадвалга айланиш частотаси ва 1 ҳамда 2- моторлар тоқлари катталигини ёзиб қўйиш.

1.5. Тортув режимининг барча ҳолатлари учун кетма-кет контроллернинг пастки дастагини ўрнатиб, 1 ҳамда 2 моторлар тормоз тавсифларини олиш. 4 позицияда пастки дастакда, 3 ҳамда 4 моторлари қўзғатишининг бўшаши билан айланиш частоталари ошиб боришига эришиб, қўшимча иккита нуқтани олиш.

1.6. Контроллер дастагининг юқори IV ва VI ҳолатлари учун (ёки ўқитувчи топшириғига кўра) тажрибаларни такрорлаш. Натижаларни 3.1-жадвалга киритиш.

2. Мустақил қўзғатишли моторларнинг реостатли тормозлаш тавсифларини текшириш.

2.1. Ҳайдовчи контроллерининг иккала дастагини 0 ҳолатига ўрнатиш.

2.2. Контроллернинг пастки дастагини тормоз режимининг иккинчи ҳолатига ўрнатиш. Мустақил чулғамлари қўзғатиш токини $I_b=2A$ га ўрнатиш.

2.3. Тортув режимининг барча юриш ҳолатларига кетма-кет контроллернинг юқори дастагини ўрната туриб, 3 ҳамда 4 моторлари тормоз тавсифларини олиш. Натижаларни 3.2 - жадвалга киритиш.

2.4. Ҳайдовчи контроллерининг пастки дастагини III ва IV позициялари учун тажрибаларни такрорлаш.

2.5. Тормоз тавсифларига, қўзғатиш токининг таъсирига баҳо бериш. Бунинг учун контроллернинг пастки дастагини IV ҳолатга ўрнатиш ва мустақил қўзғатиш чулғами токини 1,5A га тенг (ёки ўқитувчи томонидан берилган) қилиб ўрнатиш. Натижаларни 3.2-жадвалга киритиш.

3.1-жадвал

Тортув режими (пастки дастак)			Тормоз режими (юқори дастак)						
			Тажриба					Ҳисоби	
№ п/п	МКД позиция- си	I _в , А	МКД позиция- си	п, айл/ дақ	I ₁ А	I ₂ А	I _{ср} А	СФ, В·айл /дақ.	М _э Н
1	1	2	II						
	2	2							
	3	2							
	4	2							
	4	1,5							
	4	1							
2	1	2	IV						
	2	2							
	3	2							
	4	2							
	4	1,5							
	4	1							
3	1	2	VI						
	2	2	ёки ўқитувчи вазифасига кўра						
	3	2							
	4	2							
	4	1,5							
	4	1							

3.2-жадвал

Тортув режими (юқори дастак)			Тормоз режими (пастки дастак)						
			Тажриба					Ҳисоби	
№ п/п	МКД позицияси	МКД позиц ияси	п, айл/дақ	I ₃ , А	I ₄ , А	I _{ср} , А	I _в , А	СФ, В·мин/ айл	М _э Н
1	1	II					2		
	2								
	3								
	4								
	5								

	6								
	7								
	8								
2	1	III					2		
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
3	1	IV					2		
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
4	1	IV					1,5		
	2						Ўқитувчи томонидан бериладиган қиймат		
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								

3. Мустақил қўзғатишли моторларнинг рекуперацияга киришини текшириш. Бунинг учун:

3.1. Контроллернинг иккала дастагини 0 ҳолатга ўрнатиш.

3.2. Мустақил қўзғатиш чулғамларининг токини 2А га тенг қилиб ўрнатиш. Мустақил қўзғатишли моторлари ёрдамида ускунани ишга тушириш. Ишга туширилгандан кейин контроллернинг пастки дастагини 4 ҳолатга ўрнатиш. 3-4 моторлар токининг ва айланиш частотасини 3.3 - жадвалга киритиш.

3.3. Контроллернинг пастки дастагини 4 ҳолатда қолдириб, кетма-кет қўзғатиш моторларини тортув режимига, юқориги дастагини тортув режимининг биринчи позициясига қўйиб бураш.

3.4. 3-4 моторлари токини белгилаб, контроллер юқори дастагининг позициясини кетма-кет ошириш.

Айланиш частоталари ўсиб бориш даражаси бўйича мустақил қўзғатиш моторлари аввал идеал салт юриш режимига (ИСЮ – айланиш ЭЮК ва тармоқ кучланиши бир хил, якорлар токи эса 0 га тенг) тушиб қолади. Ушбу позицияни ва унга тегишли айланиш частоталари қийматларини 3.3 - жадвалга киритиш лозим.

Мустақил қўзғатишли моторларнинг айланиш частоталари бундан кейин ошиб боришида рекуперация режимига ўтадилар. Бунда якор токи йўналиши қарама-қарши томонга ўзгаради. Мустақил қўзғатишли моторлари ишлаб чиқувчи энергия, тортув режимида ишлайдиган, кетма-кет қўзғатиш моторлари томонидан истеъмол қилинади.

3.5. 3.3-жадвалига 3-4 моторлари токи ва контроллер юқори дастагини барча позициялари учун айланиш частоталарини киритиш. Ток йўналиши ўзгарганда қийматларни “минус – айирув” белгиси билан киритиш.

3.3-жадвал

Кетма-кет қўзғатиш		Мустақил қўзғатиш						
		Тажриба					Ҳисоби	
МКД позицияси		п, айл/да қ	I ₃ , А	I ₄ , А	I _{ср} , А	I _в , А	СФ, В·дақ/ айл	М _э , Н
Юқори дастак	Паст-ки дастак							
0	4					2		
1								
...								
ИСЮ позицияси			0	0				
...								
6								
7								
8								

3.5. Ҳисоблаш қисми

Электр моторларнинг электромагнит тормоз моментининг ҳисоби (рекуперация ҳамда айланиш тажрибасида) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$M_3 = 0,974 \cdot C\Phi \cdot I_{cp} \quad (3.7)$$

Бунда, $I_{yрт}$ – ҳисоблари бажарилаётган мотор якорларининг ўртача токи.

$C\Phi$ катталиги $C\Phi = f(I_B)$ эгрилиги бўйича (илова) аниқланади. Ҳисобларда кетма-кет қўзғатиш моторлари учун $I_A = I_B$ эканлигини эсда тутиш керак.

3.6. Ҳисобот мазмуни

1. Виртуал лаборатория ускунасининг принципиал схемаси.
2. Тажриба ва ҳисобот катталиклари жадвали.
3. Миллиметрли қоғозда қурилган кетма-кет ва мустақил қўзғатиш моторлари реостатли тормозланиши учун $I_A = f(n)$ ва $M_3 = f(n)$ боғлиқлиги.
4. Миллиметрли қоғозда қурилган мустақил қўзғатиш моторларини рекуперацияга кириш режими учун $I_A = f(n)$ ва $M_3 = f(n)$ боғлиқлиги.

3.7. Назорат саволлари

1. Реостатли ва рекуператив тормозланиш ҳаракат таркибининг қандай кўринишларида қўлланилади?
2. Кетма-кет ва мустақил қўзғатиш моторлари айланиш частотасига боғлиқ бўлган тормоз кучи ўзгариши қандай характерга эга?
3. Электромагнит тормоз моменти ва тормоз кучи ифодасини ёзиб беринг?
4. Рекуператив тормозлаш моторнинг қандай қўзғатиши типиди амалга оширилиши мумкин?
5. Электр тормозлашда ҳаракат таркибида моторлар бирлашмасининг қандай схемалари қўлланилади? Уларнинг ютуғи ва камчилиги нималардан иборат?

4-виртуал амалий машғулот

Иккиламчи истеъмолли электровоз тортув электр моторининг тавсифини тадқиқ қилиш

4.1. Иккиламчи истеъмолли электровозлар ишининг ўзига хослиги

Иккиламчи истеъмолли электровозлар икки турли ток тизимидаги электр энергияси истеъмоли учун мўлжалланган. ВЛ82 ва ВЛ82^м электровозлари туташ тармоғида доимий токли 3 кВ ва 50 Гц частотали бир фазали ўзгарувчан токда 25 кВ кучланишда ишлаш учун мўлжалланган, ўзгарувчан ток тортув электр моторига эга.

Ўзгармас ток майдонида ишлайдиган электровознинг кучланган занжири принципал схемаси 4.1, а расмда кўрсатилган. Туташ тармоқ истеъмолни тортув нимстанциясидаги тўғрилаш агрегатидан олади. Тортув нимстанциялари ўзгартирувчи агрегатларининг ўрнатилган куввати электровоз тортув моторлари кувватидан бир неча марта кўпдир, шунинг учун туташ тармоқ кучланишини электровоз моторлари юклама токига боғлиқ бўлмаган доимий деб қабул қилиш мумкин. Доимий ток майдонида электровоз ишлаганда кучланиш бевосита ток қабул қилгичдан (ТҚК) тортув моторлари занжирларига узатилади. Туташ тармоқ кучланишига боғлиқ ҳолда ток турининг икки позицияли қайта улагичи (ТТҚУ) икки ҳолатдан бирига ўрнатилади. Туташ тармоқдан ўзгарувчан ток майдонида ТТҚУ контактлари орқали трансформатор истеъмолланади. Тўғрилагич ускунаси билан трансформатор ўзгарувчан ток майдонида тортув моторлари истеъмолини таъминлайди.

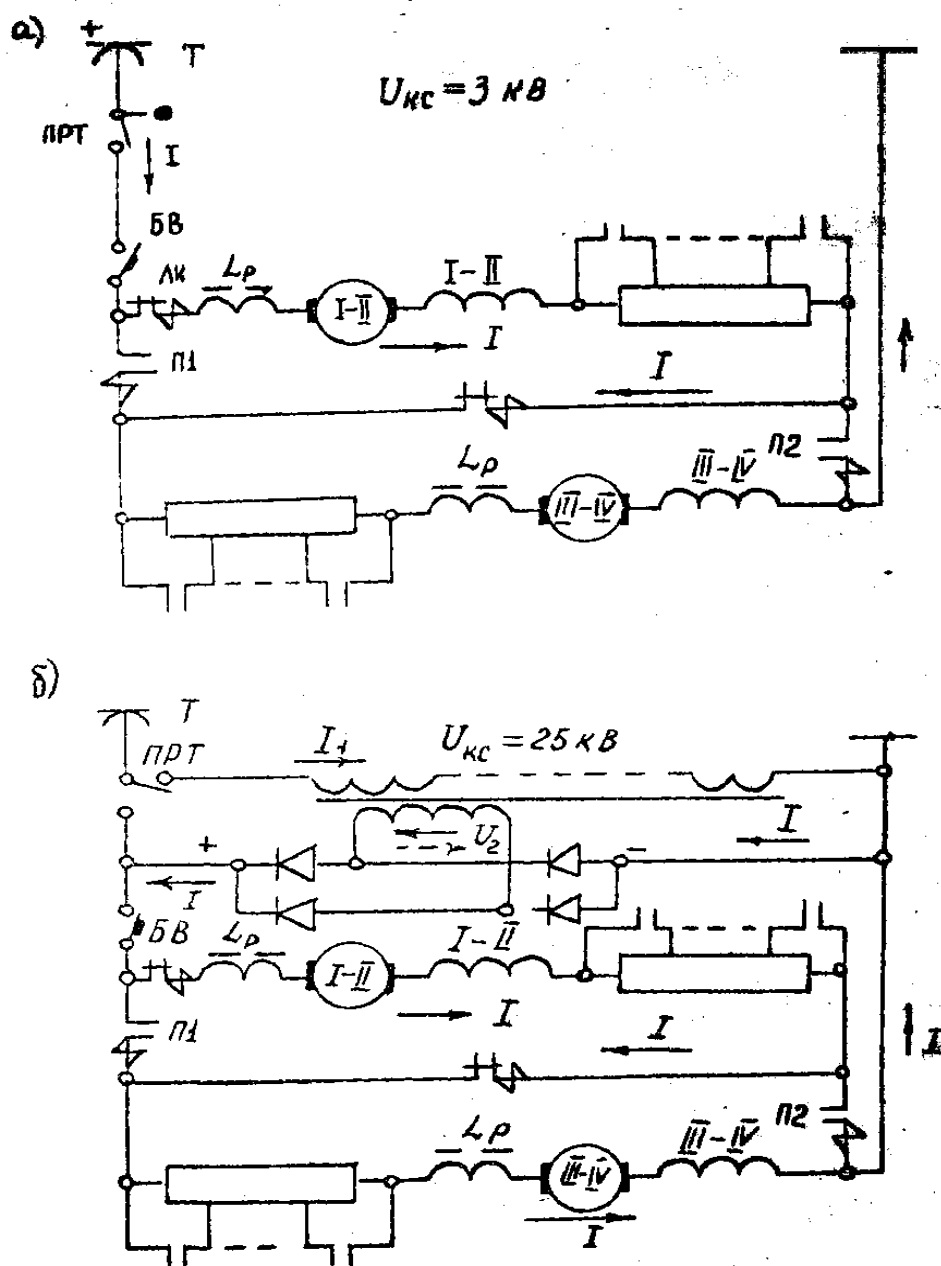
Ўзгарувчан ток майдонида бир тўрт кутбли электровоз секцияси ишининг кучланган занжирини принципал схемаси 4.1 б-расмда кўрсатилган.

Туташ тармоқ кучланиши тортув электр моторига бар фазали трансформатор ва тўғрилагич орқали узатилади. Тортув электр моторидаги кучланиш тўғриланган синусоида кўринишига эга. Ушбу эгриликни Фурье қаторига ёйилиши, ярим даврда ўрта кучланишига тенг U_d доимий ташкил этувчиси ва кучланишни олий гармоника йиғиндисини беради. Шунинг учун мотор токи шунингдек, доимий ташкил этувчиси ва токни олий гармоника йиғиндисини ифодалайди.

Тортув электр моторининг айланиш моменти ва айланиш тезлигини тўғрилаш кучланиши ва токининг ўртача қиймати билан ифодаланади. Олий гармониклар қўшимча йўқотишлар ҳосил қилади,

шунинг учун ҳам уларни мотор мотор занжирида чегаралаш учун текислаш реактори кўзда тутилган. Текислаш реактори индуктивлиги шундай танланадики, бунда токнинг пульсация амплитудаси унинг ўрта қийматидан 20...25% га ошмаслиги керак. Бунда якорни актив қаршилиги кучланишни пасайиши катталигига ток пульсацияси таъсири унча катта эмас (3...4%) ва лаборатория ишлари шароитида уни инобатга олмаса ҳам бўлади.

Доимий майдонлардаги каби ўзгарувчан ток майдонларида ҳам электровозни ишга тушириш ва тезлатиш жараёнидаги тезлик тўғрланиши реостатлар босқичларини қайта улаш ва тортув электр моторлари гуруҳларини ўзгартириш билан амалга оширилади.

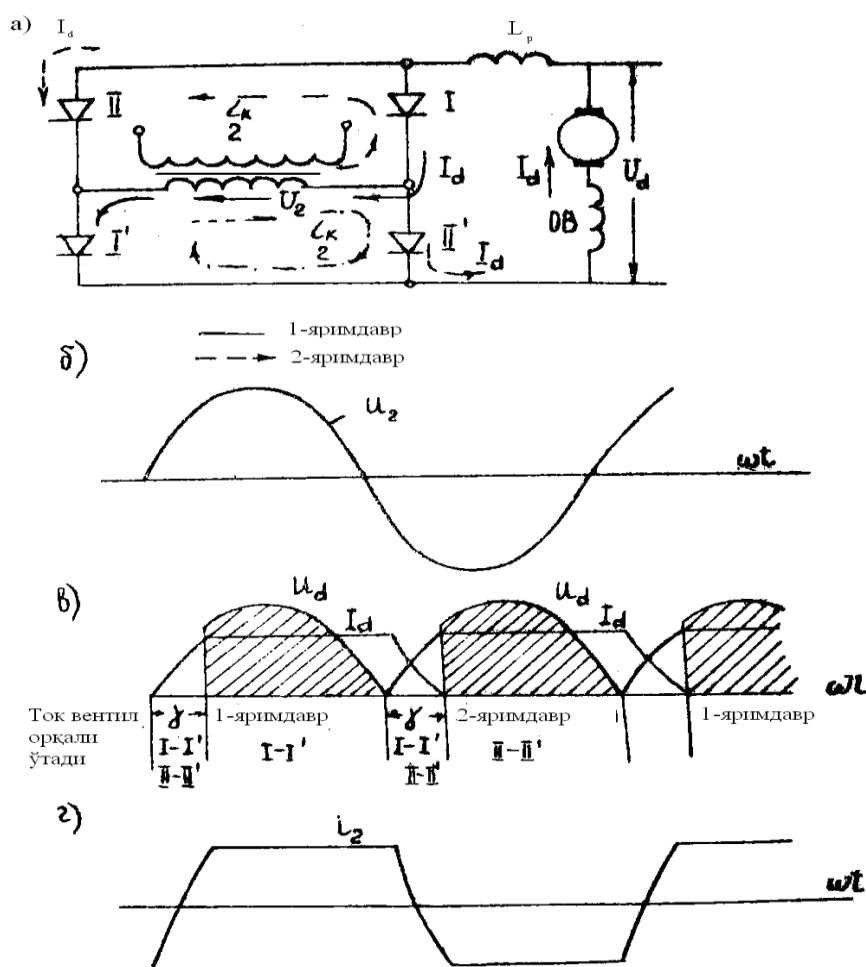


4.1-расм

4.2. Тўғрилаш ускуналаридан истеъмолланганда тортув моторлари ишининг ўзига хослиги

Иккиламчи истеъмолли электровода доимий ток майдонларида ишлаши учун мўлжалланган ишга тушириб тўрилагич ускуналаридан ташқари, яримўтказгичли диодлари бўлган тортув трансформатори ўрнатилади. Саккиз ўқли ВЛ82 электровозида иккита тортув трансформатори ўрнатишган. Трансформаторнинг иккиламчи чулғамига тўғрилагичнинг кўприксимон схемаси уланган. 4.2, а-расмда тажриба моделидаги бир электр моторли тўғрилагич ускунасидан истеъмоли принципиал схемаси кўрсатилган.

1-3 диодлари биринчи яримдаврда, 2-4 иккинчи яримдаврда ишлайдилар. Тўғриланган кучланиш доимий катталиқ бўлиб қолмай, мусбат белги ярим тўлқини оралиғида, синусоидал қонун бўйича ўзгаради. Электр моторга узатилувчи тўғриланган ўртача U_d кучланиши, доимий бўлиб қолмайди ва I мотор томонидан истеъмолланувч токга боғлиқ.



4.2-расм

Доимий ток мотори билан локомотивни ҳаракат тезлиги қуйидаги формула бўйича ҳисобланади, км/соат,

$$V = \frac{U_d - IR}{C\Phi} \quad (4.1)$$

Бунда, U_d – мотордаги кучланиш, В;

I – мотор токи, А;

R – мотор чулғами қаршилиги, Ом;

Φ – магнит оқими, Вб;

C – мотор ва узатмаси доимийси.

(4.1) тенгламадан келиб чиқадики, тезлик магнит Φ оқими I токига ва тўғриланган U_d кучланиши катталигига боғлиқ. Шунинг учун тўғрилагичдан ишлайдиган моторларни тезлик тавсифларини ҳисоблашда $U_d = f(I)$ ўзгаришини инобатга олиш зарур. Тўғриланган I_d ток ўртача катталигидан тўғриланган U_d кучланишини боғлиқлиги, тўғрилагичнинг ташқи тавсифи деб аталади. Уланган бир электр мотор билан тўғриланиш схемаси учун ток $I_d = I$.

Трансформатор ва реакторлар чулғамларида тўғриланган токга пропорционал кучланишини йўқолишини ҳосил бўлиши индуктив ва реактив қаршиликка эга.

Трансформатор чулғамида кучланиш ва ток катталиги ва истеъмол тармоғи частотаси йўналиши бўйича ($f=50$ Гц) ўзгаради. Трансформатор чулғамларидаги ток ўзгариши жараёни кўприк елкаларидаги ток коммутацияси билан кузатилади. Занжирлардаги индуктивлик билан ток бирданига ўзгара олмайди, шунинг учун коммутацион деб аталувчи ўтиш ўтиш жараёни ўринлидир, унинг давомийлиги эса - коммутацион γ оралиғи ёки коммутация бурчаги деб аталади. Коммутация даврида ток кўприк елкаларини барча диодлари орқали ўтади, бунинг натижасида трансформаторнинг иккиламчи чулғами (4.2-расм) қисқарган туташувли бўлиб қолади. Бу даврдаги тўғриланган кучланиш нолга тенг.

Шундай қилиб, диодлар коммутацияси ўрта тўғриланган кучланишни, кучланишнинг коммутацион йўқотилиши деб аталувчи $\Delta U_{\text{д}\gamma}$ катталикка камайишига олиб келади. Ўзгартирувчидаги кучланишнинг йиғинди $\Delta U_{\text{пр}}$ йўқотилиши, коммутация давридаги кучланиш ΔU_d йўқотишлари, ўзгарувчан ΔU_a ва доимий $\Delta U_{\text{ток}}$ чулғамлари занжиридаги актив қаршилик йўқотишлардан ташкил топади:

$$\Delta U_{\text{пр}} = \Delta U_{\text{д}\gamma} + \Delta U_a + \Delta U_d \quad (4.2)$$

Ўзгарувчидаги кучланишни кўрсатилган йўқотишлари тўғриланган ток катталигига боғлиқ. Реал шароитларда $\Delta U_a + \Delta U_d \ll \Delta U_{dy}$, шунинг учун бундан кейинги ҳисобларда трансформатор чулғамларининг актив қаршиликлари катталиклари, шунингдек, уларнинг кучланиш йўқотишларини (ΔU_a ва $\Delta U_d \approx 0$) инобатга олмаймиз.

Тўғриланган кучланиш:

$$\Delta U_d = \Delta U_{do} - \Delta U_{np} - \Delta U_b \quad (4.3)$$

Бунда, $\Delta U_{do} - I_d = 0$ бўлганда ўлчанувчи, салт юришдаги тўғриланган кучланиш;

ΔU_b – диодларлаги кучланишларнинг пасайиши ($\Delta U_b \approx 1.5$).

Қабул қилинган $\Delta U_{dy} \approx \Delta U_{dy}$ йўл қўйишларда мотордаги кучланиш ΔU_d нинг катталиги асосан диодлар коммутацияси билан боғлиқ бўлган салт юришнинг тўғриланган кучланиши ва кучланишлар йўқотилишларига боғлиқ.

4.3. Диодлар коммутацияси ва унинг тўғриланган кучланишга таъсири

Диодларнинг коммутацияси жараёни таҳлилида тўлиқ текисланган, тўғриланган (пульсациясиз) ток қабул қилинади. Диодлар эса идеалдир, яъни кузатиловчи йўналишида қаршилиқ нолга, қарама-қаршисида – чексизликка тенгдир.

Коммутация бошлангунча I_d ток 1, 3 диодлар орқали (4.2 а-расм) ўтган эди. Шартли равишда вақтни коммутация бошланган моментдан олиб борамиз. Иккинчи ярим даврни ЭЮК (электр юритувчи куч) таъсири остида 2 ва 4 диодлар очилади ҳамда қисқа туташув i_k (коммутация) токи ҳосил бўлади (унинг занжири 4.2 а-расмда кўрсатилган).

$I_k = 2I_d$ бўлганда коммутация тугайди. Коммутация сўнгида 1, 3 диодларининг токи нолга тенг бўлади ҳамда улар ёпилади. Бир вақтнинг ўзида 2, 4 диодлардаги ток $\omega t = \gamma$ моментига I_d қийматига етади.

Коммутация даврида трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги ток:

$$i_2 = -I_d + i_k \quad (4.4)$$

Осциллограмма $i_2 = f(\omega t)$ 4.2 г-расмда кўрсатилган.

Коммутация жараёни вақтида ($r_a = 0$) трансформатор ЭЮК, L_a индуктивлик билан трансформатор занжири ўз-ўзидан индукцияланиш ЭЮК индуктивлиги билан тенглашади.

$$U_{2m} \sin \omega t = L_a \frac{di_k}{dt} \quad (4.5)$$

Бу ердан,

$$di_k = \frac{1}{\omega L_a} U_{2m} \sin \omega t d(\omega t) \quad (4.6)$$

(4.5) тенгламани интеграллаб, қисқа туташув токи ўзгариши қонунини топамиз

$$i_k = \frac{U_{2m}}{X_a} (1 - \cos \omega t) \quad (4.7)$$

Бунда, $X_a = \omega L$ - ўзгармас ток занжирининг индуктивлик қаршилиги;

U_{2m} - трансформатор иккиламчи чулғами кучланишининг амплитуда қиймати.

(4.7) дан (4.4) тенгламага i_k ни қўйиб, диодлар коммутацияси вақтида трансформатор чулғамидаги токни оламиз

$$i_2 = -I_d + \frac{U_{2m}}{X_a} (1 - \cos \omega t) \quad (4.8)$$

$i_k = I_d$ бўлганда коммутация якунланади. Коммутация γ давомийлиги $i_k = 2I_d$ ва $\cos \omega t = \cos \gamma$ бўлганда, (4.7) тенгламадан аниқланади:

$$i_k = 2I_d = \frac{U_{2m}}{X_a} (1 - \cos \gamma), \quad (4.9)$$

Бундан

$$\cos \gamma = 1 - \frac{2X_a}{U_{2m}} I_d. \quad (4.10)$$

Коммутация даврида тўғриланган кучланиш катталиги $\Delta U_{d\gamma}$ катталигига камаяди:

$$\Delta U_{d\gamma} = \frac{1}{\pi} \int_0^\gamma U_{2m} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{U_{2m}}{\pi} (1 - \cos \gamma). \quad (4.11)$$

(4.11) тенгламага (4.10) дан $\cos\gamma$ қийматини қўйиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$\Delta U_{d\gamma} = X_a I_d \quad (4.12)$$

Диодлар коммутациясидан кучланиш йўқотишлари трансформатор индуктив қаршилиги ва тўғриланган ток катталигига пропорционалдир. Салт юришнинг U_{d0} тўғриланган кучланиши $I_d = 0$ токда аниқланади (моторнинг истеъмол занжири ажратилган).

$$\Delta U_{d0} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi U_{2m} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{U_{2m}}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0,9U_2 \quad (4.13)$$

бунда U_2 – трансформатор иккиламчи чулғами кучланишининг самарали қиймати.

Аввалги йўл қўйишларни (r , r_d ва ΔU_b) инобатга олиб, ўртача тўғриланган кучланиш

$$U_d = U_{d0} - \Delta U_{d\gamma} = 0,9U_2 - \frac{2}{\pi} X_a I_d \quad (4.14).$$

Реал шароитларда тўғриланган ток тўлиқ текислангандир, яъни пульсланади. Ток пульсацияси коммутацион жараёнларга таъсир қилади ва коммутация γ бурчаги ҳамда $\Delta U_{d\gamma}$ нинг бир қанча ошишига олиб келади. Диодлар коммутациясидан кучланишлар йўқотилиши ошиб боришининг ҳисоби, ток пульсацияси катталигига боғлиқ бўлган қандайдир λ коэффициентни (4.13) тенгламасига киритиш билан эришилади. $\lambda = 1,1$ қабул қиламиз. Унда

$$\Delta U_{d\gamma} = \lambda \frac{2}{\pi} X_a I_d = 0,7X_a I_d \quad (4.15).$$

Лаборатория ишида диодлардаги кучланиш йўқотилиши катталигини унинг кичиклигидан ($\sim 1,5$ В) инобатга олмаса ҳам бўлади.

Юқоридагиларни ҳисобга олиб тўғрилагичнинг ташқи тавсифи қуйидаги ифода бўйича ҳисобланади:

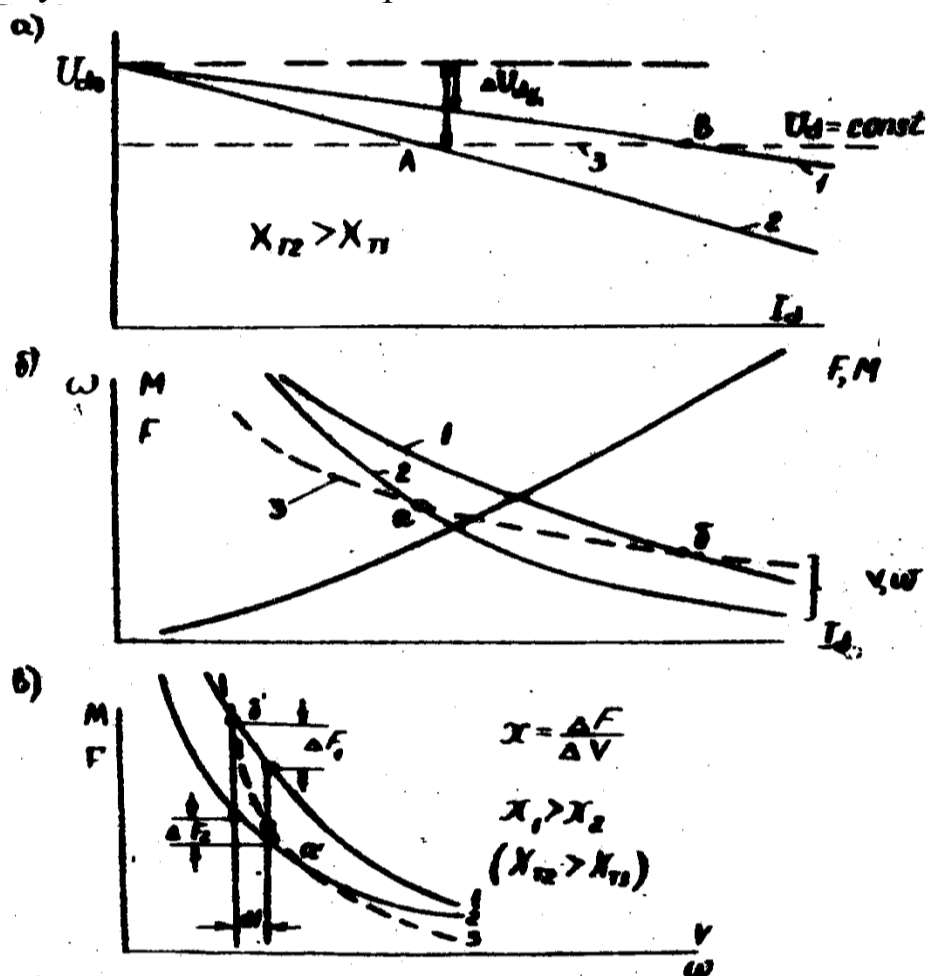
$$U_d = U_{d0} - 0,7X_a I_d \quad (4.16).$$

Ўлчашлар ва ҳисоб маълумотлари жадвалга киритилади.

X_a катталиги трансформатор иккиламчи чулғами ўрамларининг сонига боғлиқ. Бундан ташқари, X_a иккиламчи чулғами занжирига қўшимча уланган реактор индуктив қаршилиги киради.

4.3 а-расмда трансформаторни турли индуктив X_{a1} ва X_{a2} қаршилиги билан тўғрилагичнинг ташқи тавсифлари тасвирланган.

Индуктив қаршилик олиб бориши билан ($X_{a1} > X_{a2}$) коммутациядан кучланиш йўқотилиши ошиб боради.



4.3-расм

4.3 б, в-расмдаги тўғрилагич кўрсатилган ташқи тавсифларига тезлик $V = f(I_1)$ тавсифлари, моторнинг тортув кучи $F = f(I_d)$ ва тортув $F = f(V)$ тавсифлари мос тушади.

Солиштириш учун худди шу расмда моторда ўзгармас кучланиш билан доимий ток майдонида электровоз ишлаши шароитида мос келувчи тавсифлари (3 эгрилик) келтирилган.

4.4. Мотор тортув тавсифларининг мустаҳкамлигини ошириш

Гилдиракнинг рельс билан жипслашуви кучларидан фойдаланиш кўпгина даражада мотор мустаҳкамлиги тавсифларига боғлиқ. Тортув кучининг ўзгариш даражаси тезлик ўзгариши билан сонли жиҳатдан мустаҳкамлик коэффиценти билан баҳоланади.

$$\chi = -\frac{dF}{dV} \quad (4.17).$$

Тезликнинг бир хил ўзгаришида моторнинг тортув кучи мустаҳкам тавсиф билан юмшоқ тавсифли моторникига кўра анча кўпроқ ўзгаради. Шунинг учун жипслашув узилганда мустаҳкам тавсифи бўлган моторнинг тортув кучи юмшоқ тавсифли моторникига қараганда анча интенсивроқ пасаяди, демак, жипслашув кучи билан тенгликка тезроқ келади. Бунинг натижасида мустаҳкам тавсифли моторларда жипслашув тезроқ тикланади.

Ҳар бир тортув тавсифи учун мустаҳкамлик χ коэффициенти унинг барча диапазонида доимий бўлиб қолмай, умумий ҳолатда V тезликка ҳамда тортув кучига боғлиқ ҳолда ўз катталигини ўзгартиради.

Тортув тавсифлари мустаҳкамлигига тўғрилаш схемалари кўрсаткичларининг таъсири солиштирма баҳоси учун нисбий мустаҳкамлик коэффициентида фойдаланилади.

$$\chi = \frac{\chi}{F/V} = -\frac{V}{F} \frac{dF}{dV} \quad (4.18).$$

Нисбий мустаҳкамлик коэффициенти аниқлаш учун мотор айланиш тезлиги тавсифидан уни айланиш $M = f(\omega)$ бурчак частотасига боғлиқ ҳолда фойдаланиш мумкин.

Кўрсатиш мумкинки, нисбий мустаҳкамлик коэффициенти

$$\chi = -\frac{\omega}{M} \frac{dM}{d\omega} \quad (4.19).$$

Бунинг учун (4.18) тенгламага айланиш моменти ва ҳаракат тезлиги орқали ифодаланган тортув кучи қийматини қуйидагиларга боғлиқ ҳолда қўйилса, етарлидир

$$F = \frac{2M}{D_k} \mu \hat{e}_3, \quad (dF = \frac{2dM}{D_k} \mu \kappa_3) \quad (4.20);$$

$$V = \frac{\omega D_k}{2\mu}, \quad (dV = \frac{d\omega D_k}{2\mu}) \quad (4.21),$$

Бунда μ - редукторнинг узатишлар сони;

κ_3 - тишли узатма ФИКи;

D_k - ғилдирак диаметри.

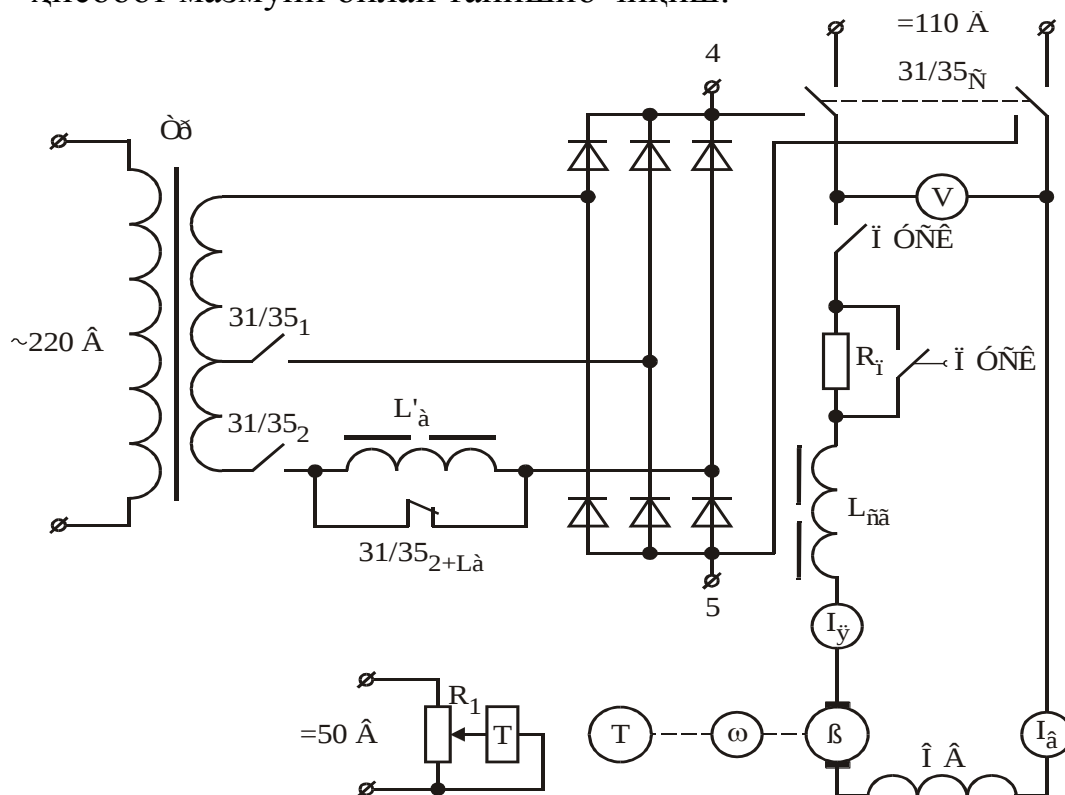
Лаборатория ишида χ коэффициенти (4.19) ифодаси бўйича аниқланади, чексиз кичик қийматларни қуйидаги чекли катталиклар билан алмаштирилади:

$$\chi = -\frac{\omega}{M} \frac{\Delta M}{\Delta \omega} \quad (4.22).$$

4.5. Ишнинг дастури ва бажарилиши кетма-кетлиги

4.5.1 Ишни бошлашдан аввал:

- “ПУСК” ни ўчириб, “ВЫКЛ” ҳолатига ўрнатиш;
- "31/35" қайта улагични "0" ҳолатига ўрнатиш;
- "R₁" реостат юргизгичини "ОТ СЕБЯ" четки ҳолатига ўрнатиш;
- "А", "В", "С", "110", "50" сигнал чироқлари ёнганига ишонч ҳосил қилиш;
- 4.4-расмда келтирилган, лаборатория ускунасининг принципиал схемаси билан танишиб чиқиш;
- ҳисобот мазмуни билан танишиб чиқиш.



4.4-расм

4.5.2. Нормал кучланишда ўзгарувчан ток тармоғидан истеъмолида ТЭМ тавсифларини текшириш

- "31/35" қайта улагични “1” ҳолатига ўрнатиш;
 - вольтметр "V" бўйича салт юриш U_{d0} кучланишини ўлчаш.
- Натижани жадвалга киритиш;

- "ПУСК" ўчиргичини ишга тушириш;
- 15-20 сония кутиш;
- R_1 реостат ёрдамида 5...14 А интервалда " I_a " амперметр бўйича I_d токни ўзгартириб, ТЭМ тавсифини олиш. Натижаларни жадвалга киритиш. Кучланиш U_d катталигини "V" вольтметр бўйича, ТЭМ айланишлари сонини - " ω " асбоби бўйича, ТЭМ айланиш моментини – маховикли ускуна корпусидаги шкала бўйича ўлчаш;
- минимал ва максимал I_d ток учун назорат 4-5 клеммаларидан U_d кучланишларини осциллограммалардан олиш. Осциллограф ёрдамида коммутация γ бурчаги ва кучланиш U_{2m} амплитудасини худди шу тоқлар учун ўлчаш. Натижаларни жадвалга киритиш;
- "ПУСК" ўчиргичини ўчириш;
- " R_1 " реостат юргизгичини "ОТ СЕБЯ" четки ҳолатига қайтариш.

4.1-жадвал

Майдон	Позиция	Ўлчашлар							Ҳисоб			
		U_{d0} , В	I_d ,	U_d ,	M , Нм	ω , 1/с	γ , град	U_{2m} , В	$\Delta U_{d\gamma}$, В	U_d , В	γ , град	X_a , Ом
Ўзгарувчан ток	1		5 ... 14									0,37
	2		4									0,4
	2+ L_a		4,5 ... 5,5									4,83
Ўзгармас ток	с		5 ... 15									

4.5.3. Оширилган кучланишда ўзгарувчан ток тармоғидан истеъмолда ТЭМ тавсифларини текшириш

- "31/35" қайта улагичини "2" ҳолатга ўрнатиш;
- "V" вольтметр бўйича кучланишнинг U_{d0} салт юришини ўлчаш. Натижани жадвалга киритиш;
- "ПУСК" ўчиргичини ишга тушириш;
- 15-20 сония кутиш;
- 2 б. каби ТЭМ тавсифини олиш;
- Минимал ва максимал I_d ток учун назорат 4-5 клеммаларидан U_d кучланиш осциллограммаларини олиш. Осциллограф ёрдамида коммутация ў бурчаги ва худди шу тоқлар учун U_{2m} кучланиш амплитудаларини ўлчаш. Натижаларни жадвалга киритиш;
- " R_1 " реостат юргизгичини "ОТ СЕБЯ" чекка ҳолатига қайтариш.

4.5.4. ТЭМ тавсифларини анодли тўғрилагич индуктив занжири таъсири ёрдамида текшириш

- "ПУСК" ўчиргичини ўчирмай туриб "31/35" қайта улагичини " $2+L_a$ " ҳолатига ўрнатиш;
- ТЭМ тавсифини R_1 реостат ёрдамида 4,5...5,5 А интервалда " I_a " амперметри бўйича I_d токни ўзгартириб олиш. Натижаларни 4.1-жадвалга киритиш;
- минимал ва максимал I_d ток учун назорат 4-5 клеммаларидан U_d кучланиш осциллографини олиш. Осциллограф ёрдамида коммутация ў бурчагини ва худди шу тоқлар учун U_{2m} кучланиш амплитудасини ўлчаш. Натижаларни жадвалга киритиш;
- "ПУСК" ўчиргичини ўлчаш;
- " R_1 " реостат юргизгичини "ОТ СЕБЯ" чекка ҳолатига қайтариш;
- "V" вольтметр бўйича салт юришнинг U_{d0} кучланишини ўлчаш. Натижани жадвалга киритиш;

4.5.5. Ўзгармас ток тармоғидан истеъмолида ТЭМ тавсифини текшириш

- "31/35" қайта улагичини "С" ҳолатига ўрнатиш;
- "ПУСК" ўчиргичини ишга тушириш;
- 15-20 сония кутиш;

- " R_1 " реостат ёрдамида 5...15 А интервалда " I_a " амперметри бўйича I_d токини ўзгартириб, тавсифини олиш. Натижаларни жадвалга киритиш;
- "ПУСК" ўчиргичини ўчириш;
- " R_1 " реостат юргизгичини "ОТ СЕБЯ" чекка ҳолатига қайтариш;
- "31/35" қайта улагичини "0" ҳолатига ўрнатиш.

4.5.6. Тажриба натижаларини ўқитувчига кўрсатиш

4.6. Ҳисобот мазмуни

1. Виртуал лаборатория ускунасининг принципиал схемаси.
2. Тажриба ва ҳисоб маълумотлари жадвали. $\Delta U_{d\gamma}$ ва U_d катталиклари услубий кўрсатмаларнинг (4.15) ва (4.16) формулалари бўйича; коммутация бурчаги қиймати – (4.9) формуласи бўйича ҳисобланади.
3. Тўғриланган кучланиш осциллограммалари;
4. Бир графикда қурилган, $U_d = f(I_d)$ боғлиқлиги тажриба ва ҳисоб эгриликлари.
5. Бир графикда қурилган, ўзгармас ва ўзгарувчан ток майдони учун $M = f(\omega)$ боғлиқлиги эгрилиги.
6. $M = f(\omega)$ боғлиқлиги нисбий мустаҳкамлик χ коэффицентлари ҳисобларининг натижалари. Ҳисобларни услубий кўрсатма (4.22) формулалари бўйича бажариш.

4.7. Назорат саволлари

1. Тўғрилагич қандай ташқи тавсиф кўринишига эга? Қандай катталиклар кучланишга таъсир кўрсатади?
2. Мотор юкламасининг токи ошиб бориши билан тўғриланган кучланиш қандай ўзгаради?
3. Трансформатор индуктивлиги тўғриланган U_d кучланишига қандай таъсир кўрсатади?
4. Қандай шароитларда салт юришнинг U_{d0} тўғриланган кучланиши аниқланади?
5. Диодлар коммутацияси. $\Delta U_{d\gamma}$ коммутациясининг кучланиш йўқотиши қандай катталикларга боғлиқ?
6. I_d токнинг ошиши билан коммутация γ бурчаги қандай ўзгаради?

7. Диодларнинг коммутацион жараёни давомийлигига трансформатор индуктив қаршилиги қандай таъсир қилади?

8. Диод коммутацияси бошида ва охирида трансформатор қисқа туташув i_k токи нимага тенг?

9. Моторнинг тезлик тавсифлари ва тўғрилагич ташқи тавсифига трансформатор индуктивлигининг катталиги қандай таъсир қилади?

10. Тортув тавсифлари мустаҳкамлигига трансформатор индуктивлигининг ўзгариши қандай таъсир кўрсатади?

11. Диодларнинг коммутация бурчаги минимал (максимал) бўлиши учун лаборатория ускунаси ўчиргичи қандай ҳолатда бўлиши керак?

12. Биринчи (иккинчи) позицияда тўғрилагични салт юришдаги тўғрилланган кучланишини ўлчаш учун лаборатория ускунасининг ўчиргичи қандай ҳолатда жойлашган бўлиши керак?

13. Тортув тавсифларининг нисбий мустаҳкамлиги коэффициентларини ҳисоблаш учун қандай маълумотларга эга бўлиш керак?

14. Қандай ҳолатда мустаҳкамликнинг нисбий коэффициенти юқорироқ: моторнинг тўғрилагич ускунасидаги ишидами ёки ток юкламасига боғлиқ бўлмаган ўзгармас кучланишдами?

15. Вольтметрнинг қандай типлари ёрдамида тўғрилланган кучланишнинг ўрта ва ҳақиқий қийматини ўлчаш мумкин?

1.1-илова

2С510А Стабилитрон кўрсаткичлари

№ п/п	Кўрсаткичлар	Белгиланиши	Ўлчов бирлиги	Катталиги
1	Стабилизациянинг номинал кучланиши	$U_{ст.н}$	В	10
2	Нобарқарор ҳарорат коэффициенти	$\alpha_{ст}$	%, °С	0,1
3	Нобарқарорлик коэффициенти	δ	%	1,5
4	Динамик (дифференциал) қаршилиги	R_d	Ом	<25
5	Стабилизациянинг максимал токи	$I_{ст.маx}$	mA	79
6	Стабилизациянинг минимал токи	$I_{ст.мин}$	mA	1
7	Максимал тўғри ток	$I_{пр}$	mA	2,5

1.2-илова

Кучланишнинг таснифий стабилизаторини ҳисоблаш тартиби

1. $U_{\text{чик}}$ бўйича стабилитрон турини танлаш. Амалий машғулотда стабилитрон тури **1.1-илова** да берилган.

2. Ўртача қийматга нисбатан α_{max} ва α_{min} кирувчи кучланишларининг нисбий ўзгарувчи катталиклари олинсин. Бу катталиклар фойдаланилаётган тармоқ турига боғлиқ. Амалий машғулотда кирувчи кучланиш тебраниш 10% деб шартли ҳисобланиши мумкин. Бунда $\alpha_{\text{max}}=1.1$; $\alpha_{\text{min}}=0.9$.

3. Қуйидаги тенгсизликлардан энг катта (X_{max}) қийматини топиш:

$$X_1 = \alpha_{\text{max}} - 1;$$

$$X_2 = 1 - \alpha_{\text{min}}.$$

4. Стабилизациянинг рухсат этилган коэффицентини ҳисоблаш:

$$K_{\text{ст}} = \frac{R_0}{R_d} \cdot \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кир}}}$$

Бошланғич ҳисобларда стабилизация коэффиценти кирувчи кучланиш оғиши ва ностабиллик таснифи бўйича ҳисобланади:

$$K_{\text{ст}} = X_{\text{max}} \cdot 100 / \delta$$

бу ерда, δ – ностабиллик коэффиценти (стабилитрон паспортидан олинади).

5. Стабилизациянинг максимал коэффицентини ҳисоблаш:

$$\hat{E}_{\hat{n}\delta.\text{max}} = \frac{U_{\text{чик}} \cdot \alpha_{\text{min}}}{(I_{\text{г. max}} + I_{\text{ст. min}}) \cdot R_{\text{а}}}$$

бу ерда, $I_{\text{ст. min}}$ - стабилизациянинг минимал қиймати. Стабилитрон паспортидан олинади.

$I_{\text{н. max}}$ – юкланишнинг максимал токи. 1.2-жадвалдан олинади;

R_d – стабилитроннинг динамик қаршилиги. 1-тажрибадан ёки стабилитрон паспортидан олинади;

$U_{\text{чик}}$ – стабилизатор чиқишидаги кучланиш. Амалий машғулотда

$$U_{\text{чик}} = U_{\text{ст. н.}}$$

6. $K_{\text{ст. д}}$ ва $K_{\text{ст. max}}$ боғлиқлигини текшириш. Қуйидаги шартлар бажарилиши керак:

$$K_{\text{ст. д}} \leq (0.5 \dots 0.7) \cdot K_{\text{ст. max}}$$

Агар бу шарт бажарилмаса, таснифий стабилизатор ишга лаёқатсиз бўлади. Бунда икки поғонали стабилизацияни қабул қилиш ёки биполяр транзисторни қўллаш орқали схемани ўзгартириш зарур.

7. Чиқувчи кучланиш стабилизациясида бажариладиган минимал кирувчи кучланишни ҳисоблаш:

$$U_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}.\min} \geq \frac{U_{\div\hat{e}\hat{e}.\max}}{\alpha_{\min} \cdot \left(1 - \frac{K_{\hat{n}\hat{o}.\hat{a}}}{K_{\hat{n}\hat{o}.\max}}\right)}$$

бу ерда, $U_{\text{чик.}\max}$ – стабилизатор чиқишидаги максимал кучланиш.

$$U_{\text{чик.}\max} = U_{\text{ст.н}} + I_{\text{ст.}\max} \cdot R_{\text{д}},$$

бу ерда, $I_{\text{ст.}\max}$ – стабилитрон максимал токи. Стабилитрон паспортдан олинади.

$U_{\text{ст.н}}$ – стабилизациянинг номинал кучланиши. Стабилитрон паспортдан олинади.

8. Балласт резисторининг қаршилигини аниқлаш:

$$R_0 = \frac{U_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}.\min} - U_{\div\hat{e}\hat{e}.\max}}{I_{\hat{I}.\max} + I_{\hat{n}\hat{o}.\min}},$$

9. Стабилитрон максимал токини аниқлаш:

$$I_{\hat{n}\hat{o}.\max} = \frac{U_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}.\max} - U_{\div\hat{e}\hat{e}.\min}}{R_0} - I_{\hat{I}.\min}$$

бу ерда, $I_{\text{ст.}\max}$ – юкламанинг максимал токи.

Амалий машғулотда $I_{\text{н.}\min} = 0$ деб қабул қилинади;

$U_{\text{кир.}\max}$ – кирувчи кучланишнинг максимал қиймати.

$$U_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}.\max} = U_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}.\min} \cdot \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}}$$

Агар стабилитрон максимал токи паспортдаги қийматидан катта бўлса, бошқа стабилитрон танлаш ёки $I_{\text{н.}\max}$ қийматини кичиклаштириш зарур.

10. Кирувчи максимал токни аниқлаш:

$$I_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}.\max} = I_{\hat{n}\hat{o}.\max} + I_{\hat{I}.\min}$$

11. Балласт резисторининг қувватини аниқлаш:

$$P = I_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}.\max}^2 \cdot R_0$$

12. Стабилизаторнинг ҳисобий ФИК ини аниқлаш:

$$\eta = \frac{U_{\div\hat{e}\hat{e}} \cdot I_{\hat{I}.\max}}{U_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}} \cdot \frac{U_{\hat{e}\hat{e}\hat{\delta}} - U_{\div\hat{e}\hat{e}}}{R_0}}$$

2.1-илова

КТ- 503 Г транзисторининг кўрсаткичлари

$$I_{\text{км.макс}} = 150 \text{ мА};$$

$$U_{\text{кэ.макс}} = 60 \text{ В};$$

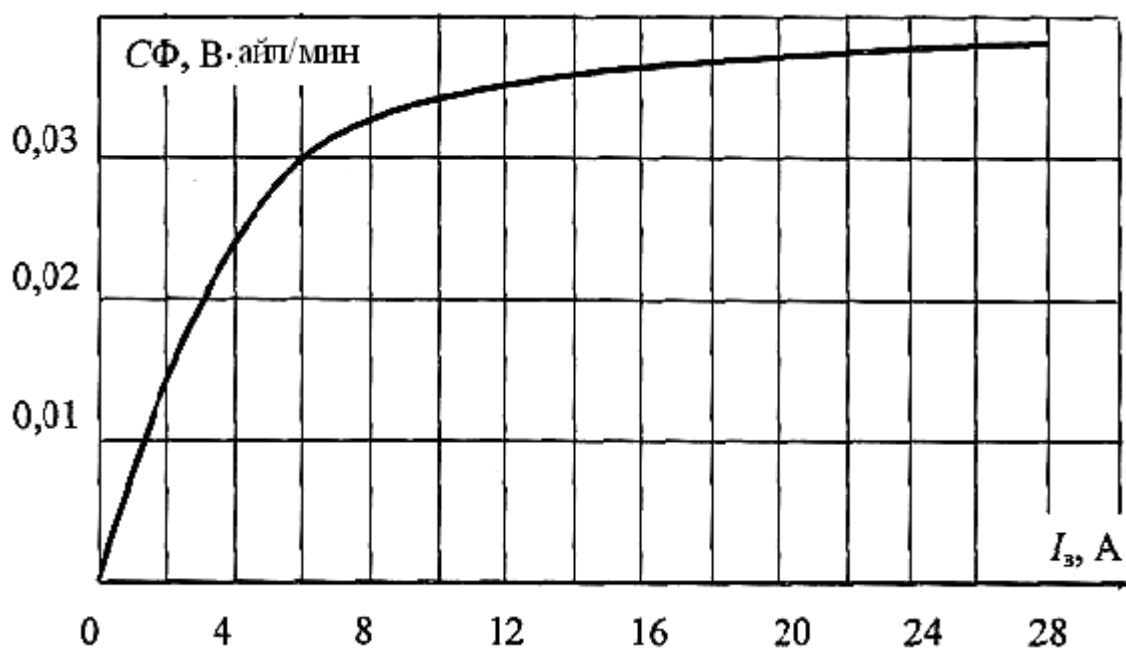
$$U_{\text{бэ.макс}} = 5 \text{ мА};$$

$$f = 5 \text{ МГц};$$

$$h_{21} = 80...240;$$

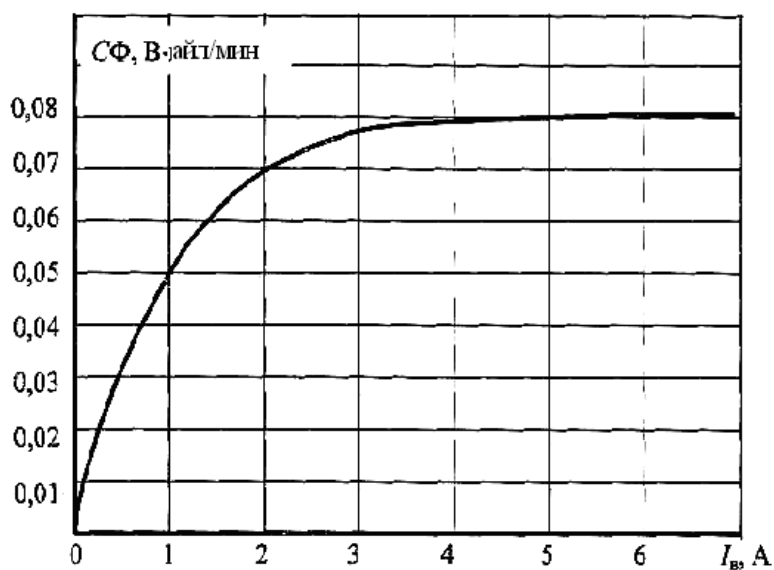
$$P_{\text{расс.макс}} = 150 \text{ мВт}.$$

3.1-илова



П-41 (кетма-кет қўзғатувчи) электр моторининг

$C\Phi = f(I_{\text{э}})$ боғлиқлиги.



П-11 (мустақил кўзғатишли) электр моторининг

$$C\Phi = f(I_e) \text{ боғлиқлиги.}$$

5. Мустақил иш

Мустақил иш сифатида магистр ўтилган маъруза материалларини ўрганиши ва такрорлаш керак; амалий машғулотларнинг асосий мавзуларини ўрганиши, мана шу фан бўйича кутубхонада, нашриётда ва интернетда илмий изланиш ишларини олиб боришлари зарур.

6. Қўлланган адабиётлар рўйхати

6.1. Асосий адабиётлар

1. Механическая часть тягового подвижного состава. Под ред. И.С. Бирюкова, А.Н. Савоськина и др. М.: Транспорт, 1992.-440 стр.

2. Тихменев Б.Н., Трахтман А. М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог, М.: Транспорт, 1980.- 471 стр.

3. Преобразовательные полупроводниковые устройства подвижного состава. Под ред. Ю.М. Инькова, М.: Транспорт, 1982.-260 стр.

4. Проектирование систем управления электрическим подвижным составом. Под ред. Н.А. Ротанова, М.:Транспорт, 1986.-280 стр.

ТошТЙМИ “Саноат ва шаҳар электр транспорти” кафедраси ўқитувчилари томонидан ишлаб чиқилган адабиётлар:

5. Усманходжаев Н.М., Свиязев В.П. Трамвай ва троллейбус электр жиҳозлари, Т.: ТошТЙМИ, 2004.-272 б.

6. N.M.Usmonxo'jayev, G.A.Xromova. V.P.Sviyazev. Elektrovoz elektr jihozlari va ta'miri. Toshkent: “O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti”, 2007.-120 b.

7. Хромова Г.А., Камалов И.С, Инсапов Д.М. Метрополитен асослари («Основы метрополитена») (русско-узбекский). Toshkent: “O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti”, 2007.-160 b.

8. Системы автоматизированного проектирования электрического оборудования на электроподвижном составе. Методические указания по выполнению курсового проекта для магистрантов-электромехаников. Составили: Хромова Г.А., Байгузин И.К. Препринт, ТашИИТ, 2007. - 27 стр.

9.САПР для ПС ЭТ. Конспект лекций для магистрантов-электромехаников. // Конспект составили: Хромова Г.А., Байгузин И.К. Препринт, ТашиИТ, 2004.-69 с.

6.2. Кўшимча адабиётлар:

10. Справочник по электроподвижному составу, тепловозам, электропоездам. Т. 1 и 2. М.: Транспорт, 1976.- 870с.

11. Справочник по преобразовательной технике Под ред. И.М.Чиженко, Киев: Техника, 1978.- 365 с.

12. Херхагер М., Партолль Х. Mathcad 2000. Полное руководство. Перевод с немецкого под ред. К.Ю. Королькова. ВНУ, Киев, 2000.- 400 с.

13. И.Волков Е.А. Численные методы. М.: Наука, 1982.- 352 с.

14. Дьяконов В.П. Энциклопедия Mathcad 2001i и Mathcad П.- III Солон-Пресс, 2004. - 832 стр.

15. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad. Учебный курс. - СПб.: Питер, 2003.- 448 стр.

6.3. Интернет-сайтлари:

16. ЖДМ-online • Информационная служба журнала <Железные дороги мира> - www.GDM-online.ru

17. WESSEX INSTITUTE OF TECHNOLOGY (Англия - Кембридж, UK) www.wessex.ac.uk

18. Московский институт инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ) – www.miiit-inf.ru

19. Российский государственный открытый технический университет путей сообщения (РГОТУПС) - www.rgotupc.ru

20. Санкт-Петербургский университет инженеров путей сообщения (СПУПС - ЛИИЖТ) – www.liigt-inf.ru