

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ ҲУЗУРИДАГИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ  
ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАҲБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА  
ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ  
ТАШКИЛ ЭТИШ  
БОШ ИЛМИЙ-МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ АГРАР УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ  
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**АМАЛИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА МАСАЛАЛАРИНИ КОМПЛЕКС  
ЕЧИШДА ИННОВАЦИОН ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
МОДУЛИ БЎЙИЧА**

**ЎҚУВ–УСЛУБИЙ МАЖМУА**

**Тузувчи:**



**Тошкент – 2015**

МУНДАРИЖА

ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ .....	3
МАЪРУЗА .....	12
Ўзгармас ток моторларини ишга тушириш ва айланиш тезлигини ростлаш .....	12
Асинхрон моторларни ишга тушириш .....	22
АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ .....	28
Синхрон машиналарнинг тузилиши ва ишлаши. Синхрон генератор ва уларнинг характеристикалари .....	28
ТЕСТ САВОЛЛАР .....	35

**ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ**  
**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**  
**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ**  
**ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ**  
**ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ АГРАР УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ**  
**ПЕДАГОГ КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ**  
**МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**“Тасдиқлайман”**

**Тармоқ маркази директори**

\_\_\_\_\_ **С.С.Гулямов**

“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ **2015 йил**

**АМАЛИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА МАСАЛАЛАРИНИ КОМПЛЕКС**  
**ЕЧИШДА ИННОВАЦИОН ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

**ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ**

Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш ОТМ таълим йўналишлари ва мутахассисликлари бўйича умумкасбий ва ихтисослик фанларидан дарс берувчи педагоглар учун

**Тошкент – 2015**

*Амалий электротехника масалаларини комплекс ечишда инновацион технологиялар*

Модулнинг ўқув дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими ўқув-методик бирлашмалари фаолиятини Мувофиқлаштирувчи кенгашнинг 2015 йил 7 январдаги 1-сонли баённомаси билан маъқулланган.

- Тузувчилар:**
- п.ф.д., проф. Н.А.Муслимов- ТДПУ хузуридаги тармоқ маркази директори
  - п.ф.н. Ф.Т.Эсанбобоев- ЎзМУ хузуридаги минақавий марказ директори
  - т.ф.д. проф. А.Раджабов - ТошДАУ “Қишлоқ хўжалиги электр энергетикаси ва электротехнологиялари кафедраси” кафедраси профессори
  - т.ф.н. доц. А.Вахидов - ТошДАУ “Қишлоқ хўжалиги электр энергетикаси ва электротехнологиялари кафедраси” кафедраси мудири
- Тақризчилар:**
- т.ф.д. проф. М.Шаумарова - ТошДАУ “Қишлоқ хўжалик машиналари” кафедраси профессори
  - т.ф.н. доц. А.Камилов - ТошДАУ “Қишлоқ хўжалик машиналари” кафедраси доцент

Ўқув дастурлари Тошкент давлат аграр университети Илмий кенгашида тавсия қилинган ( 2014 йил 27-ноябрдаги 7-сонли баённома ).

## **Кириш**

Дастур олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий тайёргарлиги даражасини ривожлантириш, уларнинг илғор педагогик тажрибаларни ўрганишлари ҳамда замонавий таълим технологияларидан фойдаланиш бўйича малака ва кўникмаларини такомиллаштиришни мақсад қилади.

Олий таълим муассасалари “Қишлоқ хўжалигини электрлаштириш ва автоматлаштириш” таълим йўналишлари ва мутахассисликлари умумкасбий ва махсус фанлардан дарс берувчи педагоглар малакасини ошириш курсининг мақсади – педагогик фаолиятга назарий ва касбий тайёргарликни таъминлаш ва янгилаш, касбий компетентликни ривожлантириш асосида таълим-тарбия жараёнларини самарали ташкил этиш ва бошқариш бўйича билим, кўникма ва малакаларни такомиллаштиришга қаратилган.

Олий таълим муассасалари “Қишлоқ хўжалигини электрлаштириш ва автоматлаштириш” таълим йўналишлари ва мутахассисликлари умумкасбий ва махсус фанлардан дарс берувчи педагоглар малакасини ошириш курсининг вазифаси – педагогик кадрлар тайёргарлигига қўйиладиган талаблар, таълим ва тарбия ҳақидаги ҳужжатлар, педагогика ва психологиянинг долзарб муаммолари ва замонавий концепциялари, амалий хорижий тил, хорижий таълим тажрибаси, педагогнинг шахсий ва касбий ахборот майдонини лойиҳалаш, педагог кадрларнинг малакасини ошириш сифатини баҳолаш ишлари мазмунини ўрганишга йўналтиришдан иборат.

## **I. Модулнинг мақсади ва вазифалари**

**“Амалий электротехника масалаларини комплекс ечишда инновацион технологиялар” модулининг мақсади:** педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш курс тингловчиларини гидротехниканинг замонавий муаммолари ҳақидаги билимларини такомиллаштириш, фаннинг муаммоларни аниқлаш, таҳлил этиш ва баҳолаш кўникма ва малакаларини таркиб топтириш.

**“Амалий электротехника масалаларини комплекс ечишда инновацион технологиялар” модулининг вазифалари:**

- Амалий электротехника масалаларини комплекс ечишда инновацион технологиялар фанларини ўқитиш жараёнини технологиялаштириш билан боғлиқликда юзага келаётган муаммоларни аниқлаштириш;
- тингловчиларнинг ветеринария фанининг долзарб масалаларидаги таҳлил этиш кўникма ва малакаларини шакллантириш;
- фан бўйича педагогик муаммоларни ҳал этиш стратегияларини ишлаб чиқиш ва амалиётга тадбиқ этишга ўргатиш.

## **Модулни ўзлаштиришга қўйиладиган талаблар**

“Амалий электротехника масалаларини комплекс ечишда инновацион технологиялар” модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида тингловчилар:

- Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш йўналиши умуммутахассислик ва мутахассислик фанларининг дидактик асосларини;

- Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш йўналиши умуммутахассислик ва мутахассислик фанларини ўқитиш бўйича инновацияларни;

- Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш соҳасидаги сўнгги ютуқларни;

- Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш йўналиши доирасидаги мутахассислик фанларини ўқитиш бўйича илғор хорижий тажрибаларни;

- Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш йўналиши доирасидаги фанларни ўқитиш бўйича педагогик маҳорат асосларини билиши керак.

- Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш йўналиши фанларидан электрон ўқув материалларини ярата олиш технологияларини билиши ҳамда улардан таълим жараёнида фойдаланиш;

- Қишлоқ хўжалигини элетрлаштириш ва автоматлаштириш йўналиши педагогларида касбий билимларни такомиллаштириш жараёнида ўз-ўзини ривожлантиришга бўлган онгли эҳтиёжни шакллантириш;

- таълим жараёнини ташкил этиш ва бошқариш кўникмаларига эга бўлиши лозим.

### **Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

Модул мазмуни ўқув режадаги “Қишлоқ ва сув хўжалиги ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштиришнинг долзарб масалалари”, “Энергия ва ресурслар тежамкорлигига оид мавзуларни илғор педагогик технологиялар асосида ёритиш” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг касбий педагогик тайёргарлик даражасини орттиришга хизмат қилади.

### **Модулнинг олий таълимдаги ўрни**

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар Амалий электротехника масалаларини комплекс ечишда инновацион технологиялар муаммоларини аниқлаш, уларни таҳлил этиш ва баҳолаш, оптимал ва муқобил ечим топишга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

**Модул бўйича соатлар тақсимоти:**

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат					
		Хаммаси	Аудитория ўқув юкلامаси				Мустақил таълим
			жами	Назрий	Амалий машғулот	Кўчма машғулот	
1.	Ўзгармас ток моторларини ишга тушириш ва айланиш тезлигини ростлаш	2	2	2			
2.	Асинхрон моторларни ишга тушириш	2	2	2			
3.	Синхрон машиналарнинг тузилиши ва ишлаши. синхрон генератор ва уларнинг характеристикалари	2	2		2		
	<b>Жами:</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	

**НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ**

**1-мавзу: Ўзгармас ток моторларини ишга тушириш ва айланиш тезлигини ростлаш (2-соат).**

**Режа:**

1. Умумий тушунчалар.
2. Электр мотор валига таъсир этувчи моментлар ва уларнинг мувозанат тенгламаси.
3. Ўзгармас ток моторларининг механик характеристикаси
4. Ўзгармас ток моторларини ишга тушириш

Электр машиналар генератор ва мотор режимида ишлаши мумкин. Агар кутбларида етарли магнит оқим бўлган ўзгармас ток машинасининг якорь чулғамига ўзгармас ток берилса, у ҳолда якорь чулғамидаги токли ўтказгичларга таъсир этувчи электромагнит момент ҳосил бўлади. Бунда электр энергиясини механик энергияга айланиб, электр машина мотор режимида ишлайди. Якорь чулғами секцияси томонларининг бири шимолий, иккинчиси эса жанубий кутб астида жойлашган бўлади. Шу сабабли, якорда ҳамма вақт бир томонга айлантурувчи электромагнит кучлар ҳосил қилиш учун  $N$  ва  $S$  кутблар остидан ўтувчи якорь ўтказгичидаги токнинг йўналишини ўзгартириб туриш керак.

## **2- мавзу: Асинхрон моторларни ишга тушириш (2-соат).**

### **Режа:**

1. Умумий тушунчалар
2. Фаза роторли асинхрон моторни ишга тушириш
3. Қисқа туташтирилган асинхрон моторни ишга тушириш

Турли машина ва механизмларни ҳаракатга келтириш учун, иложи борича, қисқа туташтирилган роторли моторлар танлаш тавсия қилинади. Фаза роторли моторларнинг эса тузилиши мураккаброқ, нархи қимматроқ бўлгани учун уларни фақат частотаси ростланадиган баъзи кранларда, прокат станларида, пресс ва маховикли қурилмаларда қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Бундай моторларнинг максимал momenti  $M_{\text{макс}} = 1,5 \div 3,5 M_{\text{н}}$  бўлиб, уларнинг ишга тушириш токи махсус резистор билан чегараланади. Бу резистор бир неча поғона актив қаршиликлардан иборат бўлиб, моторни ишга туширишда бу қаршиликлар ротор занжирига киритилган бўлиши лозим. Мотор айланиш частотасининг ортиб бориши билан қаршилиқ поғоналари ротор занжиридан чиқариб борилади.

## **АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ**

### **1-мавзу: Синхрон машиналарнинг тузилиши ва ишлаши. синхрон генератор ва уларнинг характеристикалари (2-соат).**

#### **Режа:**

1. Умумий тушунчалар
2. Ўзгарувчан ток машинасининг чулғамлари
3. Синхрон генератори статор чулғамининг электр юритувчи кучи
4. Синхрон генераторнинг вектор диаграммалари

Ўзгарувчан ток машиналари асосан синхрон ва асинхрон деб аталувчи электр машиналардан иборат бўлиб, уларни ҳам ўзгармас ток машиналари сингари генератор, мотор ва электромагнит тормоз режимларида ишлатиш мумкин.

Электр станцияларида ишлаб чиқариладиган уч фазали ток синхрон генераторларда ҳосил қилинади. Синхрон машиналар қўзғалмас статор ва айланувчи ротордан иборат бўлади. Статор уз навбатида чўян корпус ва унга маҳкамланган пўлат ўзакдан иборат бўлиб, бу ўзак пазларига уч фазали ўзгарувчан ток чулғами жойлаштирилади. Статор ўзагида уюрма токлардан ҳосил бўлувчи қувват исрофини камайтириш мақсадида уни бир-биридан изоляцияланган пўлат тунукалардан йиғилади

## **КЎЧМА МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ**

Бу фан бўйича кўчма машғулотлар назарда тўтилмаган.



## МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ

1. Парранда хонада электр хавфсизлик бўйича чораларини ишлаб чиқиш.
2. 50 бош сигир ва 200 бош бузоқга мўлжалланган молхонада қувват коэффицентини ошириш.
3. Сабзавот сақлаш омборхонада технологик жараёнларни автоматлаштириш.
4. Парранда хонада қувват коэффицентларни ошириш.
5. Сабзавот сақлаш омборхонасида қувват коэффицентни ошириш.
6. Аррали жинлаш цехида қувват коэффицентини ошириш бўйича чора-тадбирларни ишлаб чиқиш.
7. Парранда хонада электр хавфсизлик бўйича чораларини ишлаб чиқиш.
8. Иссиқхонада электр хавфсизлик бўйича чора тадбирларни ишлаб чиқиш.
9. Ичимлик суви билан таъминловчи насос станциясида энергия тежовчи чораларни ишлаб чиқиш.
10. Суғориш насос станциясида энергия тежовчи чора-тадбирларни ишлаб чиқиш.
11. Дехкончиликда ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни ўқитишда таълим технологиялари методларидан фойдаланиш.
12. Иссиқхонада технологик жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни таълим технологиялари асосида ўқитиш.
13. Қишлоқ хўжалиги техникаларини таъмирлаш ва сервис тизими жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни ўқитишда таълим технологиялар методларидан фойдаланиш.
14. Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини сақлаш жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни ўқитишда таълим технологиялар методларидан фойдаланиш.
15. Насос станцияси технологик жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни таълим технологиялари методлари асосида ўқитиш.
16. Сув тозалаш жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни таълим технологиялари методлари асосида ўқитиш.
17. Дон маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни ўқитишда таълим технологиялар методларидан фойдаланиш.
18. Пахта тозалаш заводлари технологик жараёнларини автоматлаштириш ва мавзуни ўқитиш методикасини ишлаб чиқиш.
19. Чорвачилик ва паррандачиликда технологик жараёнларни автоматлаштириш ва мавзуни таълим технологияси методлари асосида ўқитиш.
20. Қишлоқ хўжалиги истеъмолчиларини энергия билан таъминлаш жараёнини автоматлаштириш ва мавзуни замонавий таълим технологиялари асосида ўқитиш.
21. АСМ тармоқларида энергиядан фойдаланиш самарадорлигини ошириш муаммолари (насос станциялар мисолида).

22. Насос стансияни ёритиш тизимини қуёш батареяларидан фойдаланиб энергия тежаш чора тадбирлари.
23. Насос стансияни ёритиш тизимини қуёш батареяларидан фойдаланиб энергия тежаш чора тадбирлари.
24. Товуқхона иситиш шамол латиш тизими учун электрокалорифер ҳисоби мисолида курс ишини бажариш бўйича намуна.
25. Электр таъминоти тизимларда энергия исрофини камайтириш чора-тадбирлари.

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

1. Иброхимов У. Электр машиналари, Ўқитувчи, 1988й.
2. Мажидов С. Электр машиналари ва электр юритма. Ўқитувчи, 2002й.
3. М.М.Кацман М. Электр машиналари ва трансформаторлар. Ўқитувчи. –Т. -1976. 408 б.
4. збекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли қарори.
5. Раджабов.А Ибрагимов М. Бердышев А. Энергия тежамкорлик асослари (ўқув қўлланма) ).- Тошкент.: ТИМИ босмахона,2008.-108б.
6. Клычев.Ш.И., М.Мухаммадиев и.другие. Нетрадиционные возобновляемые источникам энергии.-Т.:Изд-во „Fan va texnologiya,,2010, 192 стр.
7. А.Раджабов, А.Д.Рахматов, А.Х.Вохидов. "Мутахассисликка кириш" ўқув қўлланма - Т.: ТошДАУ типографиси, 2008 й.-86 б.
8. А.Х Вахидов, Д. Abdullaeva. Avtomatikaning texnik vositalari. – Т.: “Fan va texnologiy”, 2012, 192 bet.
9. А.Х Вахидов. Avtomatika asoslari va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish. – Toshkent.: “Cho’lhon”, 2014, 260 bet.
- 10.Р.Т.Газиева, А.Вахидов ва бошқалар. Технологик жараёнларни автоматлаштириш. – Тошкент, “Билим”, 2003 йил.
- 11.Бородин И. Ф. , Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. – Москва: Колос, 2006 г.
- 12.. Раджабов.А Қишлоқ хўжалигини электрлаштириш ва автоматлаштириш асослари (коллежлар учун ўқув қўлланма) ).- Тошкент.: Иқтисод-Молия нашриёти 2010. .180 б.

- 13.2. Раджабов.А Ташев.Э.Ж Қишлоқ хўжалиги электр таъминоти (коллежлар учун ўқув қўлланма) ).- Тошкент.: Иқтисод-Молия наширёти 2010 .141 б.
- 14.3. Шоумарова М., Абдиллаев Т., Раджабов А. Иссиқхона хўжаликларини механизациялаш ва автоматлаштириш (коллежлар учун ўқув қўлланма).- Тошкент.: Иқтисод-Молия наширёти, 2012 .118 б.
- 15.4. Попкович Г.С. , Гордеев М. А. Автоматизация систем водоснабжения – Москва: Высшая школа, 1986 год.
- 16.5. А.Х.Вахидов ва бosh. Avtomatikaning vositalari va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish. – Т.: «СНО'лпон», 2012 - 160 б.
- 17.6. D.Alijanov, A.Vaxidov va bosh. Parrandachilik хо'jaliklarini mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish. – Т.: «Davr nashriyoti», 2012 - 208 б.
- 18.7. Бохан Н.И., Нагорский Автоматизация механизированных процессов в растениеводстве. -М.: Колос, 1992 - 176 с.
19. 8. Махмудова И.М., Салохиддинов А.Т. Қишлоқ ва яйловлар сув таъминоти. – Тошкент: ТИҚХМИ, 2002.

## МАЪРУЗА

### ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

#### Ўзгармас ток моторларини ишга тушириш ва айланиш тезлигини ростлаш

##### Режа:

1. Умумий тушунчалар.
2. Электр мотор валига таъсир этувчи моментлар ва уларнинг мувозанат тенгламаси.
3. Ўзгармас ток моторларининг механик характеристикаси
4. Ўзгармас ток моторларини ишга тушириш

**Таянч иборалар:** ток, мотор, электр, машина, режим, вал, мувозанат, тезлик, ростлаш, якор.

#### 1. Умумий тушунчалар

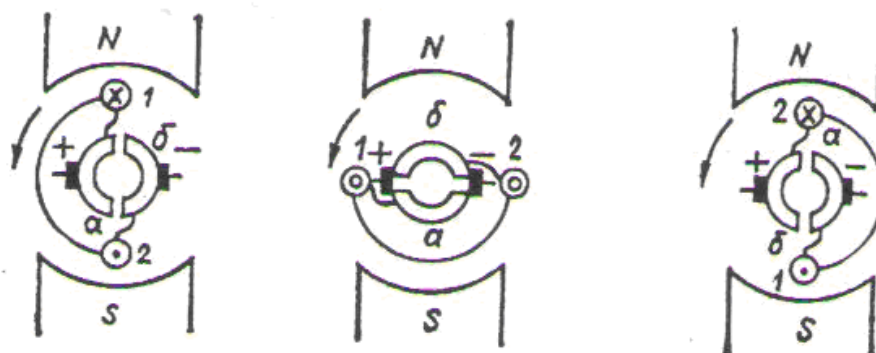
Электр машиналар генератор ва мотор режимида ишлаши мумкин. Агар кутбларида етарли магнит оқим бўлган ўзгармас ток машинасининг якорь чулғамига ўзгармас ток берилса, у ҳолда якорь чулғамидаги токли ўтказгичларга таъсир этувчи электромагнит момент ҳосил бўлади. Бунда электр энергиясини механик энергияга айланиб, электр машина мотор режимида ишлайди. Якорь чулғами секцияси томонларининг бири шимолий, иккинчиси эса жанубий кутб астида жойлашган бўлади. Шу сабабли, якорда ҳамма вақт бир томонга айлантнувчи электромагнит кучлар ҳосил қилиш учун  $N$  ва  $S$  кутблар остидан ўтувчи якорь ўтказгичидаги токнинг йўналишини ўзгартириб туриш керак.

Якорь ўтказгичларига бериладиган токнинг йўналиши коллектор билан ўзгартирилиб турилади (4.1-расм). Демак, ўзгармас ток машинасининг генератор режимида унинг коллектори билан якорь чулғамидаги ўзгарувчан ток ўзгармас токка айлантвирилади, мотор режимида эса коллектор билан электр тармоғидан берилувчи ўзгармас ток якорь чулғамига турли йўналишларда берилади. Электромагнит момент таъсирида ўзгармас частота  $n$  билан айланувчи мотор якоридан ўтказгичларида э.ю.к. ҳосил бўлади. Бу э.ю.к. нинг қиймати  $()$  ифодадан, йўналиши эса ўнг қўл қоидаси билан аниқланади.

Генераторда токнинг йўналиши э.ю.к. томон бўлса, мотор якоридида ҳосил бўлган э.ю.к. нинг йўналиши эса тескаридир (-расм). Шу сабабли бу э.ю.к. тескари э.ю.к. деб ҳам аталади.

Ўзгармас ток моторнинг якорь занжири учун э.ю.к. ларнинг мувозанат тенгламаси қуйидагича ифодаланади:

$$U = E_{\text{я}} + I_{\text{я}} \Sigma R \quad (4-1)$$



18.1-расм. Ўзгармас ток моторида якорга берилган токнинг коллектор билан ўзгарувчан токка айлантирилиши.

бунда  $U$  – моторнинг якорь чулғамига бериладиган кучланиш, В;

$E_{\text{я}}$  – якорь чулғамида ҳосил бўлган э.ю.к. В;

$I_{\text{я}} \Sigma R$  – якорь занжирида кучланишнинг тушуви, В;

$\Sigma R = R_{\text{я}} + R_{\text{т}}$  – якорь чулғами қаршилиги билан ташқи қаршилик йиғиндиси, Ом.

Якорь токи ( ) тенгламага биноан қуйидагича ифодалнади:

$$I_{\text{я}} = \frac{U - E_{\text{я}}}{\Sigma R}, \quad (4-2)$$

Э.ю.к. лар тенгламасининг икки томонини  $I_{\text{я}}$  га кўпайтириб қувватлар тенгламасининг қуйидаги ифодаси олинади:

$$U I_{\text{я}} = E_{\text{я}} I_{\text{я}} + I_{\text{я}}^2 \Sigma R, \quad (4-3)$$

бунда  $U I_{\text{я}}$  – электр тармоғидан моторга бериладиган қувват, Вт;

$I_{\text{я}}^2 \Sigma R$  – якорь занжиридаги қаршиликларнинг қишига сарфланган қувват исрофи, Вт;

$E_{\text{я}} I_{\text{я}}$  – мотор якорида ҳосил бўладиган қувват, Вт.

Агар  $E_{\text{я}}$  ўрнига унинг  $E_{\text{я}} = \frac{pN}{60a} \Phi n$  қиймати қўйилса, у ҳолда қуйидаги ҳосил қилинади:

$$E_{\text{я}} = \frac{pN}{60a} \Phi n I_{\text{я}} = \frac{pN}{60a} \Phi \frac{60\omega}{2\pi} \Phi I_{\text{я}} = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_{\text{я}} \omega$$

18.2-расм. Мотор якорида ҳосил бўлган э. ю. к. ва унинг токка тескари йўналиши.

$$\frac{pN}{2\pi a} \Phi I_{\text{я}} = M_{\text{эм}}$$

тенглама электромагнит моменти ифодалагани учун якорда ҳосил бўладиган қувват электромагнит қувват деб аталади ва  $P_{\text{эм}}$  билан белгиланади:

$$E_{\text{я}} I_{\text{я}} = M_{\text{эм}} \omega = P_{\text{эм}}, \quad (4-4)$$

бунда  $\omega \left[ \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right] = \frac{2\pi n}{60}$  – якорь айланишининг бурчак частотаси;

$n \left[ \frac{\text{айл}}{\text{мин}} \right]$  – якорнинг минутига айланиш сони. Демак, электр моторга берилган  $UI_{\text{я}}$  қувватнинг механик энергияга ўтган қисмини электромагнит қувват ташкил этади.

Электромагнит қувватнинг асосий қисми мотор валидаги фойдали механик қувват  $P_2$  га айланади, қолган кичик қисми  $P_0$  эса айланувчи якордаги механик ишқаланишларни енгишга ва моторнинг пўлат қисмларида содир бўлувчи қувват исрофларига бефойда сарфланади. Шунга биноан  $P_{\text{эм}} = P_2 + P_0$  бўлади.

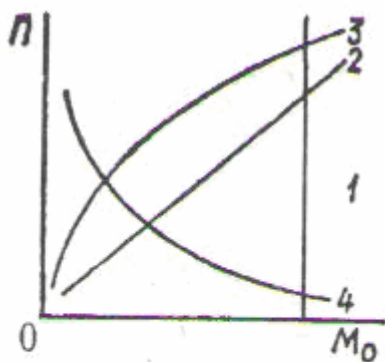
## **2. Электр мотор валига таъсир этувчи моментлар ва уларнинг мувозанат тенгламаси**

Электр мотор билан бирор иш машинаси ёки механизмни ҳаракатга келтирилганда унинг валига қуйидаги моментлар таъсир этиши мумкин:

1) мотор якорини айлантирувчи электромагнит момент  $M_{\text{эм}}$ ;

2) салт ишлаш моменти  $M_0$ . Бу момент механик ва магнит қувват исрофлари билан аниқланади. Якорнинг айланишида механик ишқаланишларга ва уярма тоқлар билан мотор пўлат ўзакларининг қизишига сарфланган қувват исрофи  $P_0$  юкламага боғлиқ бўлмагани учун  $M_0$  ҳам юкламага боғлиқ бўлмайди, унинг қиймати номинал момент (айлантирувчи фойдали моментнинг номинал қиймати)  $M_n$  нинг 2ч6% ни ташкил этади;

3) фойдали момент  $M_2$ . Бу момент мотор била ниш механизмни ҳаракатга келтиришда механизм томонидан вужудга келтириладиган қаршилиқ (фойдали юклама) моменти билан аниқланади. Қаршилиқ моменти ўз навбатида машина ёки механизмнинг иш режими (катта ёки кичик қийматли юкламалар билан ишлаши) ва механик характеристикалари билан аниқланади.



18.3-расм. Иш механизмларининг механик характеристикалари.

Одатда,  $M_0$  ва  $M_2$  моментлари биргаликда ҳисобланиб, уни  $M_c$  билан ифодаланади, яъни бўлади, бунда – мотор валининг айланишига қаршилик кўрсатувчи статик қаршилик моменти. Иш механизмларнинг қаршилик моментлари ўз қийматларини частота ўзгариши билан турлича ўзгартирадilar. Шунга биноан, иш механизми қаршилик моменти  $M_c$  нинг мотор айланиш частотаси  $n$  га нисбатан ўзгаришини ифодаловчи  $M_c = f(n)$  боғланиш унинг механик характеристикаси  $M_c = f(n)$  учун топилган

қуйидаги эмперик формулага биноан уларни турли классларга ажратиш мумкин:

$$M_c = M_{co} + (M_{cn} - M_{co}) \left( \frac{n}{n_{nn}} \right)^x \quad (4-5)$$

$M_c$  – иш  $n$  механизмнинг частотадаги қаршилик моменти;

$M_{co}$  – салт иш режимида механизмнинг ҳаракатланувчи қисмларидаги механик ишқаланишлардан ҳосил бўлган қаршилик моменти;

$M_{cn}$  – механизмнинг номинал,  $n_n$  частотадаги қаршилик моменти;

$x$  – частота ўзгариши билан  $M_c$  нинг ўзгаришини характерлайдиган даража кўрсаткчи.

(4-5) ифодага биноан даража кўрсаткичи  $x$  учун қуйидаги қийматлар берилиб, турли классларга тегишли иш механизмларининг механик характеристикалари олинади.

1.  $x = 0$  бўлса,  $M_c = M_{cn} = \text{const}$  бўлади. Бунда қаршилик моменти ўзгармас бўлиб, частотага боғлиқ бўлмаган механик характеристика олинади (18.3-расм, 1 эгри чизик). Бундай механик характеристикага юк кўтарувчи кранлар, станокларнинг винт ва червяклар билан ҳаракатланувчи қисмлари эга бўлади. Ҳақиқатан, кран механизмнинг қаршилик моменти унинг илгагига осилган юк оғирлиги  $G$  ва барабан радиуси  $\frac{D_6}{2}$  билангина аниқланади, холос, яъни

$$M_c = G \frac{D_6}{2}$$

2.  $x = 1$  бўлса,  $M_c = M_{co} + \frac{M_{cn} + M_{co}}{n_n}$  бўлади. Бунда қаршилик моменти частотага пропорционал бўлган механик характеристика олинади (4.3-расм, 2 чизик). Бундай характеристика мустақил кўзғатишли ўзгармас ток генератори ва дон тозаловчи қишлоқ хўжалик машинаси кабилар эга бўлади.

3.  $x = 2$  бўлса, қаршилик моменти частотанинг иккинчи даражасига пропорционал бўлади. Бундай механик характеристикага вентилятор, насос, сеператор каби механизмлар эга бўлади (4.3-рasm, 3 чизик).

4.  $x = -1$  бўлса, қаршилик моментининг қиймати частотага тескари пропорционал равишда ўзгаради. Бундай механик характеристикага кўпчилик транспорт механизмлари, металл қирқувчи станоклар эга бўлади.

Айрим механизмларнинг қаршилик моменти тезликдан ташқари, бошқа параметрлар таъсирида ҳам ўзгаради. Масалан, кривошип-шатунли механизмларнинг қаршилик моменти частота ва бурилиш бурчагига боғлиқ бўлса, электровозларда частота ва йўл профили (йўлнинг баланд-пастлиги, эгрилиги)га боғлиқ бўлади. Бунда  $M_c$  нинг ўзгариш графиги ҳар бир муайян ҳолда алоҳида келтирилади. Қаршилик моментлари реактив ва актив (потенциал) бўлиши мумкин. Реактив қаршилик моменти қирқиш, ишқаланиш ва шу каби жараёнларда ҳосил бўлади. Бу моментнинг йўналиши ҳамма вақт моторнинг айлантурувчи моментига тескари бўлади. Актив қаршилик моменти эса юк кўтариш, пружинанинг қисилиши каби жараёнларда ҳосил бўлиб, бундай момент ҳамма йўналишининг ўзгариши билан актив қаршилик моментининг таъсири ҳам тескарисига ўзгаради. Масалан, юк кўтаришда қаршилик моменти айлантурувчи моментга тескари бўлади, юк туширишда эса бу моментлар бир хил йўналишда бўлади.

Мотор валига таъсир этувчи моментлар яна бирини динамик момент  $M_{дин}$  дейилади. Динамик момент қуйидагича ифодаланади:

$$M_{дин} = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}, \quad (4-6)$$

бунда  $J = m\rho^2 = \frac{GD^2}{4}$  кГ · м · сек<sup>2</sup> – мотор вали билан биргаликда айланаётган қисмларининг инерция моменти;

$G, m$  – тегишлича оғирлик кучи ва унинг массаси;

$\rho, D, g$  – тегишлича ҳаракатланаётган қисмларнинг инерция радиуси, диаметр ива тезланиши;

$GD^2$  – силташ моменти. Якорь ёки роторга тегишли силташ ёки инерция моментларининг қиймати мотор каталогларида келтирилади. Мотор билан айланувчи ва турли шаклларга эга қисмлар учун эса  $J$  ва  $GD^2$  нинг қиймати техник маълумотномаларда келтирилади:

$\frac{d\omega}{dt}$  ёки  $\frac{dn}{dt}$  – мотор валининг тезланиши.

Демак, динамик момент ҳосил бўлиши учун бирор сабабга кўра частотанинг ўзгариши кифоя. Масалан, мотори ишга туширишда унинг частота ортиб боради. Бунда  $\frac{dn}{dt} > 0$  бўлиб, айлантурувчи моментга тескари йўналган динамик момент ҳосил бўлади. Моторни тормозлашда эса унинг



частотаси камайиб боргани учун  $\frac{dn}{dt} < 0$  бўлади. Бунда ҳосил бўлган динамик момент мотор частотасининг пасайишига ҳалақит беради, яъни тормозловчи моментга нисбатан тескари йўналади.

Моторнинг ўзгармас частота билан айланишда эса  $\frac{dn}{dt} = 0$  бўлиб, динамик момент ҳосил бўлмайди. Моторнинг ўзгармас частота билан айланаётган ҳолати унинг турғун ҳолати дейилади. Демак, мотор валига таъсир этувчи моментларнинг мувозанат тенгламаси умумий ҳолда қуйидагича ифодаланади:

$$\pm M \pm M_c = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}. \quad (4-7)$$

Айлантирилаётган иш механизми, кўпинча, реактив қаршилик моментига эга бўлади. Бунда моментларнинг мувозанат тенгламаси қуйидагича ифодаланади:

$$M - M_c = M_{\text{дин}} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}. \quad (4-8)$$

Моторнинг турғун режимда,  $n = \text{const}$  яъни бўлганда (4.8) тенглама яна ҳам соддалашади:

$$M = M_c. \quad (4-9)$$

Демак, турғун режимда моторнинг айлантирувчи моменти статик қаршилик моментига тенг ва у билан доимо мувозанатда бўлади. Агар  $M_c$  қиймати ўзгариб, масалан,  $M < M_{c1}$  бўлиб қолса, уҳолда моторнинг айлантирувчи моментининг қиймати ҳам моментлар мувозанати бошқа пастроқ турғун частотада тиклангунга қадар кўпайиб боради.

(18-4) ифодага биноан моторнинг айлантирувчи моменти қуйидагича аниқланади:

$$M = M_{\text{эм}} = \frac{P_{\text{эм}}}{\omega} = \frac{60P_{\text{эм}}}{2\pi n} = 9550 \frac{P_{\text{эм}}}{n} [\text{Нм}] = 975 \frac{P_{\text{эм}}}{n}, \text{кГм} \quad (4-10)$$

Мотор валидаги фойдали момент қуйидагича топилади:

$$M_2 = 9550 \frac{P_n}{n_n} \text{Нм} = 975 \frac{P_2}{n}, \text{кГм}, \quad (4-11)$$

Мотор шчитиди унинг номинал фойдали қуввати  $P_n$ , токи  $I_n$ , кучланиши  $U_n$  ва айланиш частотаси  $n_n$  кўрсатилган бўлади. Бу қийматларга биноан моторнинг номинал айлантирувчи моменти қуйидагича аниқланади:

$$M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n} \text{Нм} = 975 \frac{P_n}{n_n} \text{кГм}, \quad (4-12)$$

бунда  $P_n$ , кВт;  $n_n$ ,  $\frac{\text{айл}}{\text{мин}}$  ҳисобида; электромагнит момент мотор валидаги моментдан  $2 \div 5\%$  гагина катта бўлгани учун  $M_{\text{эм}} \simeq M_2$  деб қабул қилинди.

### 3. Ўзгармас ток моторларининг механик характеристикаси

Мотор валига таъсир этувчи қаршилик моментининг ортиши билан моторнинг айлантирувчи моменти ортади, каайиши билан эса камайди. Бунда моторнинг частотаси ҳам ўзгаради. Мотор айлантирувчи моментининг ўзгариши билан унинг частотаси қай тарзда ўзгаришини ифодаловчи  $n = f(M)$  боғланиш электр моторнинг механик характеристикаси деб аталади.

Ўзгармас ток моторлари учун механик характеристика тенгламаси унинг куйидаги асосий кўрсаткичлари, яъни:

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{U - E_{\text{я}}}{\Sigma R} \\ E_{\text{я}} &= k_E n \Phi \\ M &= k_M \Phi I_{\text{я}} \end{aligned} \right\} \text{ифодаларни биргаликда ечишда аниқланади.}$$

Бу тенгламалар системасидан  $n = f(M)$  боғланишини топиш учун даставвал моторнинг  $n$  частота билан айланишида ҳосил бўлган  $E_{\text{я}} = k_E n \Phi$  ифодасидан  $n = \frac{E_{\text{я}}}{k_E \Phi}$  олинади. Частотанинг бу ифодасидаги  $E_{\text{я}}$  ўрнига унинг ток формуласидан топилган  $E_{\text{я}} = U - I_{\text{я}} \Sigma R$  қийматини қўйиб, куйидаги тенглама олинади:

$$n = \frac{E_{\text{я}}}{k_E \Phi} = \frac{E_{\text{я}} = U - I_{\text{я}} \Sigma R}{k_E \Phi} = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\text{т}})}{k_E \Phi} \quad (4-13)$$

Бу ифодадан мотор частотасини ўзгартириш усуллари аниқлаш мумкин. Шунга биноан, () ифодани мотор частота характеристикасининг тенгламаси дейилади. Ўзгармас ток моторларининг механик характеристикаси тенгламасини топиш учун (4-13) ифодадаги  $I_{\text{я}}$  ўрнига унинг  $M = k_M \Phi I_{\text{я}}$  ифодасидан олинган  $I_{\text{я}} = \frac{M}{k_M \Phi}$  қийматини қўйиш кифоя, яъни:

$$n = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{I_{\text{я}} \Sigma R}{k_E \Phi} = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{\Sigma R}{k_E \cdot k_M \Phi^2} \cdot M \quad (4-14)$$

Демак, ўзгармас ток моторларининг (4-14) билан ифодаланган механик характеристика тенгламасига биноан идеал салт иш режимида, яъни  $M = M_c = 0$  бўлганда моторнинг турғун (ўзгармас) частотаси  $n = \frac{U}{k_E \Phi} = n_0$  бўлади. Мотор валига механизмнинг бирор  $M_c$  қийматли қаршилик моменти

таъсир этиши билан унинг частотаси  $n_0$  га нисбатан  $\frac{\Sigma R}{k_E k_M \Phi^2} M_c$  ҳисобига камаяди. Бунда моторнинг айлантурувчи моменти  $M_c$  гача кўпайиб, яъни  $M = M_c$  бўлиб, унинг пасайган турғун частотаси қуйидагича аниқланади:

$$n = n_0 - \frac{\Sigma R}{k_E k_M \Phi^2} M \quad (4-15)$$

Ҳақиқатан, мотор частотаси камайиши билан унинг якоридаги э.ю.к. ҳам камайиб боради. Бунда  $I = \frac{U - E_R}{\Sigma R}$  бўлгани учун моторнинг айлантурувчи  $M = k_M \Phi I_a$  моменти қиймати ҳам моментлар мувозанати тиклангунча, яъни  $M = M_c$  бўлгунча кўпайиб боради.  $M = M_c$  бўлиши билан мотор частотасининг юклама сабабли пасайиши тугайди ва мотор янги ўзгармас частота билан турғун режимда ишлай бошлайди. Қаршилк моментининг ўзгариши билан электр моторларнинг частотаси демак, э.ю.к. қиймати ҳам ўзгариб, натижада уларнинг айлантурувчи моменти ҳам моментлар мувозанати тиклангунча ўз-ўзидан ўзгаради. Электр моторларнинг бу хусусияти уларнинг асосий афзалликларидан бири ҳисобланади. Электр моторлар табиий ва сунъий механик характеристикаларга эга бўлиши мумкин.

Якорь ёки ротор чулғамига кўшимча ташқи қаршилиқ киритилмай номинал кучланиш ва номинал магнит оқимда олинадиган  $n = f(M)$  боғланиш электр моторнинг табиий механик характеристикаси дейилади. Якорь ёки ротор чулғамига бирор ташқи қаршилиқ киритилганда ҳамда кучланиш ёки магнит оқимнинг номиналдан фарқ қилганда олинадиган  $n = f(M)$  боғланиш моторнинг сунъий механик характеристикаси дейилади. Айлантурувчи момент ўзгариши билан мотор частотасининг ўзгариш даражасига қараб қуйидаги механик характеристикалар бўлиши мумкин:

1) **мутлақо қаттиқ характеристика.** Айлантурувчи моментнинг номинал қийматгача ўзгаришида частотаси ўзгармай қоладиган мотор мутлақо қаттиқ характеристикага эга мотор дейилади. Бундай механик характеристикага синхрон моторлар эга бўлади;

2) **қаттиқ характеристика.** айлантурувчи моментнинг номинал қийматгача ўзгаришида частотасининг қиймати бир озгина, яъни 5 – 10 фоизга ўзгарувчи мотор қаттиқ характеристикага эга мотор дейилади. Бундай характеристикага параллел кўзғатишли ўзгармас ток ва нормал тузилишдаги асинхрон моторлар эга бўлади;

3) **юмшоқ характеристика.** Айлантурувчи моментнинг номинал қийматгача ўзгаришида частотаси кескин ўзгарувчи мотор юмшоқ характеристикага эга мотор дейилади. Бундай характеристикага кетма-кет кўзғатишли ўзгармас ток ва махсус тузилишдаги асинхрон моторлар эга бўлади.

#### **4. Ўзгармас ток моторларини ишга тушириш**

Агар тинч турган моторни электр тармоғига улаб, унда қаршилик моментидан катта бўлган айлантурувчи момент ҳосил қилинса, у айлана бошлайди. Айланиш частотасининг ортиб бориши билан якорда ҳосил бўладиган э.ю.к. ҳам ортиб боради, натижада, якорь токи ва, демак, айлантурувчи момент камайиб боради.

Айлантурувчи момент қиймати қаршилик моментигача камайганда, яъни  $M = M_c$  бўлиб, моментлар мувозанати тикланганда, частотанинг ортиб бориш жараёни тугайди ва мотор берилган ўзгармас частотада ишлай бошлайди. Тинч турган моторни электр тармоғига улаб, унинг частотаси  $n = 0$  дан  $n = n_c \text{ const}$  гача ортиб боришдаги жараёни моторни ишга тушириш жараёни дейилади. Бу жараён ишга тушириш токи  $I_{\text{ишт}}$ , ишга тушириш momenti  $M_{\text{ишт}}$  ва ишга тушириш вақти  $t_{\text{ишт}}$  лар билан характерланади.

Электр тармоғига уланган моторнинг тинч турган якори чулғамида ҳосил бўлган ток унинг ишга тушириш токи деб аталади. Якорнинг тинч ҳолатида  $n = 0$  бўлгани сабабли  $E_{\text{я}} = 0$  бўлади. Демак, ишга тушириш токининг қиймати қуйидагича ифодаланади:

$$I_{\text{ишт}} = \frac{U}{\Sigma R}$$

бунда  $\Sigma R = R_{\text{я}} + R_{\text{т}}$  – якорь занжирининг қаршилиги.

Якорь чулғамининг қаршилиги нинг қиймати, одатда жуда кичик, яъни  $R_{\text{я}} \simeq (0.1 \div 2)$  Ом бўлади. Шунга биноан номинал тезлик ва номинал ток

$$I_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}} - E_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}$$

билан ишлаётган мотор якоридаги кучланишнинг тушуви  $I_{\text{я}} R_{\text{я}} \simeq (3 \div 8)\% U_{\text{я}}$  бўлади. Демак, номинал кучланишли электр тармоғига якорь чулғамини бевосита, яъни ташқи қаршиликсиз уланса, у ҳолда бу чулғамдан ўтадиган якорь токининг номиналга нисбатан 10ч20 марта ортиб кетади. Натижада коллектор атрофида айланувчи олов ва хаддан ташқари катта айлантурувчи момент ҳосил бўлиб, мотордаги изоляция ва айланувчи механик қисмлар ишдан чиқиши мумкин. Ишга тушириш токини коммутация ва айланувчи қисмларга хавфли бўлмаган қиймат  $I_{\text{ишт}} \simeq 2I_{\text{н}}$  гача ва, демак,  $M_{\text{ишт}} \simeq 2M_{\text{н}}$  гача камайтириш учун якорь чулғамига кетма-кет уланган резистор қаршилиги киритилади. Бу резистор ишга тушириш резистори дейилади. Ишга тушириш токини  $2I_{\text{н}}$  гача камайтурувчи резистор

қаршилиги  $R_{\text{ишт}}$  нинг қийматининг  $I_{\text{ишт}}$  ифодаси орқали дан топилади, яъни

$$R_{\text{ишт}} = R_{\text{т}} = \frac{U_{\text{н}}}{2I_{\text{н}}} - R_{\text{я}}$$

() ифодадан  $R_{\text{ишт}}$  нинг қийматини топиш учун ни аниқлаш керак. Ўзгармас ток моторлари учун якорь чулғами қаршилигини қуйидагича аниқлаш мумкин:

бунда  $\eta = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}} I_{\text{н}}}$  – мотор фойдали иш коэффициентининг номинал қиймати:

$$R_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}}}{I_{\text{н}}}$$

– моторнинг номинал қаршилиги. Якорга кучланиш берилганда ундан ўтадиган ишга тушириш токини номинал қийматгача камайтирувчи қаршилик ўзгармас ток моторининг номинал қаршилиги деб аталади. Ишга тушириш резистори одатда бир неча поғонадан иборат қилиб тайёрланади. Ишга туширилган мотор частотасинининг ортиб бориши билан унинг якорь токи ва, демак, айлантирувчи моменти камайиб боради. Мотор частотасининг  $n_c$ , қийматигача бир текисда ортиб боришини таъминлаш учун айлантирувчи моментнинг ўртача қийматини ўзгармас қилиб сақлаш керак. Бунинг учун ишга туширувчи моментнинг қиймати ўзининг  $M_{\text{макс}} \simeq 2M_{\text{н}} = M_{\text{ишт}}$  қийматидан  $M_{\text{мин}} \simeq (1,1 \div 1,2)M_{\text{н}}$  гача камайганида  $R_{\text{ишт}}$  қаршилигининг бир поғонаси шунтланади. Бунда ток ва, демак, айлантирувчи момент номиналга нисбатан яна икки марта кўпайиши даркор. Шу сингари частота ортиб бориши билан ишга туширувчи резисторнинг қаршилиги камайиб борилади ва  $R_{\text{ишт}}$  нинг охириги поғонаси шунтланганда (резистор қаршилиги нолга тенглаштирилганда) частотанинг қиймати  $n_c$  гача ортиб боради. Моментлар мувозанати тикланиб, яъни  $M = M_c$  ва  $n = n_c$ , бўлиши билан ишга тушириш жараёни ҳам тугайди.

Ишга тушириш жараёнининг даври бир неча секунда тугаши сабабли  $I_{\text{ишт}}$  ва  $M_{\text{ишт}}$  қийматларининг номиналга нисбатан 2ч2,5 марта катта бўлиши мотор учун хавфли бўлмайди.

### **Ўз-ўзини назорат қилиш саволлари.**

1. Ўзгармас ток деб нимага айтилади?
2. Синхрон моторда кутблар сони 4га тенг ва тармоқ токининг частотаси 50 гтс бўлганида роторнинг айланиш тезлиги аниқлансин?
3. Қаршиликлари тенг бўлган 3 та шахобча ўзаро параллел уланганда занжирнинг умумий қаршилиги хар бир шахобчанинг қаршилигига нисбатан қанчага ўзгаради?
4. Моторнинг энергетик режимларини келтиринг?
5. Доимий ток моторининг айланиш тезлигини ростлаш усуллари

## АСИНХРОН МОТОРЛАРНИ ИШГА ТУШИРИШ

### Режа:

1. Умумий тушунчалар
2. Фаза роторли асинхрон моторни ишга тушириш
3. Қисқа туташтирилган асинхрон моторни ишга тушириш

**Таянч иборалар:** ток, мотор, электр, машина, режим, вал, мувозанат, тезлик, ростлаш, якор.

### 1. Умумий тушунчалар

Асинхрон моторнинг ишга тушириш токи ифодаси  $S$  ўрнига унинг  $S=1$  қийматини қўйиб қуйидагича аниқланади:

$$I_{\text{ишт}} = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{(R_1 + R_2^k)^2 + (X_1 + X_2^k)^2}} \quad (8-1)$$

Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторларнинг ишга тушириш токи  $I_{\text{ишт}} = (5 \div 8)I_n$  бўлиб, унинг нисбий қиймати  $\frac{I_{\text{ишт}}}{I_n}$  мотор каталогларида берилади. Ишга тушириш токи катта бўлишига қарамай, асинхрон моторнинг ишга тушириш моменти нисбатан кичик, яъни  $M_{\text{ишт}} = (1 \div 2)M_n$  ни ташкил қилади. Ишга тушириш моментининг ток сингари катта қийматга эга бўлмаслигини айлантирувчи моментнинг қуйидаги (10-2) ифодасидан тушиниш мумкин. Асинхрон моторнинг вектор диаграммасига биноан  $I_2^k \frac{R_2^k}{s} = E_2^k \cos \psi_2$ , Бу ифодадан аниқланган  $\frac{R_2^k}{s}$  қийматини (7-9) дагига қўйиб қуйидаги олинади:

$$M = \frac{mI_2^k}{\omega_1} = E_2^k \cos \psi_2$$

Аммо  $E_2^k = E_1 = 4,44 k_{\phi 1} W_1 f_1 \Phi_m$  бўлгани учун айлантирувчи момент учун қуйидаги ифода олинади:

$$M = \frac{mI_2^k}{\omega_1} 4,44 k_{\phi 1} W_1 f_1 \Phi_m \cos \psi_2 = k_m \Phi_m I_2^1 \cos \psi_2 \quad \text{Нм}, \quad (8-2)$$

бунда  $k_m = \frac{m \cdot 4,44 k_{\phi 1} W_1 f_1}{\omega_1} = \text{const}$  – момент доимийси;  $I_2^1 \cos \psi_2$  – ротор токининг актив қисми.

Демак, асинхрон моторнинг айлантирувчи моменти ҳам ўзгармас ток моторники сингари ифодаланиб, магнит оқим ва токнинг актив қисми билан аниқланади. Ишга тушириш пайтида  $S=1$  бўлгани сабабли ротор индуктив қаршилигининг максимал қиймати  $X_{2\text{макс}} = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi f_1 L_1$  да момент ифодасига  $\cos \psi_2$  ўзининг минимал қийматига эга. Шу сабабли  $M_{\text{ишт}}$  нинг қиймати  $M_n$  га яқинроқдир. Бу эса асинхрон моторнинг камчилигидир. Ҳақиқатан,  $M_{\text{ишт}} = M_n$  бўлса, номинал юклама билан асинхрон моторни

ишга тушириш имкони умуман бўлмайди. Мотор каталогларида  $\frac{M_{ишт}}{M_n}$  қиймати ҳам берилади.

## **2. Фаза роторли асинхрон моторни ишга тушириш**

Турли машина ва механизмларни ҳаракатга келтириш учун, иложи борича, қисқа туташтирилган роторли моторлар танлаш тавсия қилинади. Фаза роторли моторларнинг эса тузилиши мураккаброқ, нархи қимматроқ бўлгани учун уларни фақат частотаси ростланадиган баъзи кранларда, прокат станларида, пресс ва маховикли қурилмаларда қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Бундай моторларнинг максимал моменти  $M_{макс} = 1,5 \div 3,5 M_n$  бўлиб, уларнинг ишга тушириш токи махсус резистор билан чегараланади. Бу резистор бир неча поғона актив қаршиликлардан иборат бўлиб, моторни ишга туширишда бу қаршиликлар ротор занжирига киритилган бўлиши лозим. Мотор айланиш частотасининг ортиб бориши билан қаршилик поғоналари ротор занжиридан чиқариб борилади. Ротор занжирига киритиладиган ташқи актив қаршиликни кўпайтириш билан  $S_{кр}$  нинг қиймати (7-12) ифодага биноан ортиб боради. Бундан  $M_{макс}$  нинг қиймати ўзгармай,  $S_{кр}$  нинг кўпайиши томон сурила бошлайди (8.1-расм). Ротор занжирисидаги актив қаршиликни  $R_2^k = X_1 + X_2^k$  гача кўпайтириб борилса, ишга тушириш токи  $I_{ишт} \simeq 2 \div 2,5 I_n$  гача камайиб, ишга тушириш моментининг қиймати эса айлантирувчи моментнинг максимал қийматигача ортиб боради.

Демак,  $R_2^k = X_1 + X_2^k$  бўлганда  $S_{кр} = 1$  бўлиб,  $M_{ишт} = M_{макс}$  бўлади. Агар  $R_2^k$  қийматини  $R_2^k > X_1 + X_2^k$  қилиб, уни яна кўпайтириб борилс, у ҳолда  $I_{ишт}$  қийматининг камайиши билан  $M_{ишт}$  ҳам камайиб боради (8.1-расм). 8.1-расмда кўрсатилган резистор характеристикаларнинг сони ротор занжирисидаги ишга тушириш резисторининг поғоналар сонига тенг қилиб олинган. Шундай қилиб, ротор занжирисидаги актив қаршиликни ўзгартириш билан ишга тушириш токи ва моментини осонгина ўзгартириш ҳамда турли резисторли механик характеристикаларга эга бўлиш имкони фаза роторли моторнинг асосий афзалликларидан ҳисобланади. Фаза роторли моторнинг иши резисторли характеристикадан табиий характеристикага ўтказилганда, у худди қисқа туташтирилган роторли мотор сингари ишлай бошлайди. - расмда келтирилган механик характеристикаларнинг иш қисми тўғри чизикқа яқин бўлгани учун ротор занжирига киритилган резистор поғоналари қаршилигини параллел қўзғатишли ўзгармас ток моторники сингари график усулда аниқлаш мумкин. координаталари, масалан,  $S = 0; M = 0$  ва  $M = M_n; S = S_n$  бўлган икки нуқтани туташтириш билан асинхрон моторнинг табиий характеристикаси олинади. Фаза роторли моторни ишга туширишда, яъни  $S = 0$  бўлганда  $I_{ишт} = I_{2н}$  ва  $M_{ишт} = M_n$

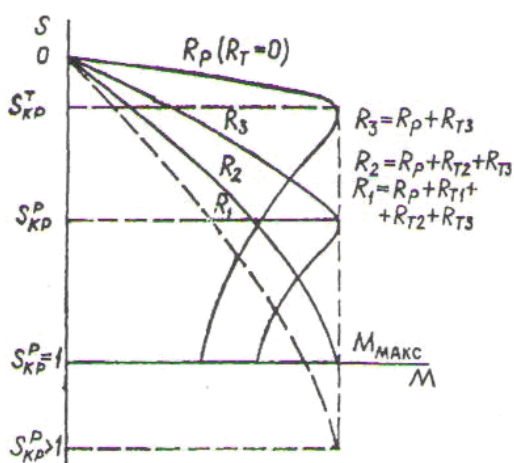
бўлса, ротор занжиридаги актив қаршилик ўзининг номинал қиймати  $R_{2н}$  га тенг бўлади. Бунда қуйидаги пропорцияни тузиш мумкин, яъни  $\frac{R_2}{R_{2н}} = \frac{M_н}{M} S$ .

Агар  $M = M_н = \text{const}$  бўлса  $\frac{R_2}{R_{2н}} = S$  бўлади. Демак, ротор занжиридаги актив қаршиликнинг нисбий бирликдаги миқдорини сирпаниш билан аниқлаш мумкин. Моторнинг номинал қаршилиги эса қуйидагича аниқланади:

$$R_{2н} = \frac{E_{2н}}{\sqrt{3}I_{2н}},$$

бунда  $E_{2н}$  – узук чулғамининг икки фазаси орасидаги э. ю. к.;

$I_{2н}$  – роторнинг номинал токи. Моторнинг  $E_{2н}$  ва  $I_{2н}$  қийматлари каталогда берилган бўлади.



10.1-расм. Асинхрон моторнинг резистор характеристикалари.

Ишга тушириш токини номинал ток қиймати  $I_{2н}$  гача чегараловчи ротор занжирининг тўла актив қаршилиги фаза роторли моторнинг номинал қаршилиги деб аталади ва  $R_{2н}$  билан белгиланади. Демак, ротор чулғамининг ҳар бир фазасидаги актив қаршиликнинг қиймати  $R_p = S_н R_{2н}$  бўлади. Резистор поғоналарининг қаршиликлари ҳам ишга тушириш графигидан фойдаланиб, юқоридаги ифода асосида аниқланади.

### 3. Қисқа туташтирилган асинхрон моторни ишга тушириш

Қисқа туташтирилган асинхрон моторни электр тармоғига бевосита улаб ишга тушириш мумкин. Бунда мотор, жуда оз вақт бўлса ҳам, қисқа туташтириш режимида  $I_{ишт} = (5 \div 10) I_н$  токи билан ишлайди. Бу токнинг қиймати жуда қисқа вақт ичида юклама токи қийматигача пасайганлиги сабабли унинг мотор учун хавфи бўлмайди. Лекин бундай моторларнинг электр тармоғига уланиш сони катта бўлса, мотор  $I_{ишт}$  токи таъсирида ҳаддан ташқари қизиб кетиши мумкин. Шунга кўра электр тармоғига уланиш сони катта бўлган ҳолларда қисқа туташтирилган роторли моторларни қўллаш тавсия этилмайди. Катта қувватли моторларни ишга туширишда  $I_{ишт}$  нинг таъсири билан электр тармоғидаги кучланиш  $U$  нинг қиймати сезиларли даражада кетиши мумкин. Бунда,  $M$  нинг  $U^2$  га пропорционалиги сабабли электр тармоққа уланиб маълум юклама билан ишлаб турган бошқа асинхрон моторларнинг баъзилари ўз-ўзидан тўхтаб қолиши, кучланиш тикланиши билан эса уларнинг яна айланиб кетиш хавфи бўлади. Демак, айрим ҳолларда моторни энг оддий усул, яъни уни бевосита электр тармоғига улаш билан ишга туширишнинг имкони бўлмайди. Қисқа туташтирилган роторли



моторни бевосита электр тармоққа улаб ишга туширишда  $P_m \leq 0,25 P_{tm}$  бўлиши лозим, бунда  $P_m$  – моторнинг қуввати;  $P_{tm}$  – электр тармоғидаги таъминловчи трансформаторнинг қуввати.

Ҳозирги пайтда электр тармоқларидаги қувват жудда катта қийматга эгаллиги учун бир неча минг кВт ли моторларни ҳам бевосита ишга тушириш мумкин. Қишлоқ хўжалиги ва қурилишларда эса нисбатан кичик қувватли ток манбалари ҳам бўлади. Агар қисқа туташтирилган роторли моторни электр тармоғига бевосита улаб ишга тушириш имконияти бўлмаса, моторнинг ишга тушириш токи қиймати қуйидаги усуллар билан камайтирилади.

1. *Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторни юлдуз схемадан учбурчакли схемага ўтказиб ишга тушириш.* Моторда учбурчакли ёки юлдуз схеманинг қўлланилиши статор чулғамининг фаза кучланишига ва электр тармоғидаги фазалараро кучланиш қийматига боғлиқ бўлади. Масалан, тармоқдаги кучланиш 380 В бўлиб, мотор паспортида берилган кучланиш 220/380 В, яъни унинг фазаси 220 В кучланишга ҳисобланган бўлса, бу моторни юлдуз схемада улаш керак. Бунда унинг фазасига

$$U_\phi = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 200$$

В, яъни нормал кучланиш берилди. Агар моторнинг фазаси 380 В бўлса, бундай моторни учбурчакли схемада улаш керак. Агар учбурчакли схемада уланиш лозим бўлган моторни юлдуз схемада улаб ишга туширилса, унинг фазасига нормал кучланишга нисбатан  $\sqrt{3}$  марта кам кучланиш берилган бўлади. Натижада, электр тармоғидан моторга берилаётган токнинг  $I_n$  қиймати, учбурчакли схемадагига нисбатан уч марта камаяди. Ишга тушириш токининг уч марта камайрилиши сабабли электр тармоғидаги кучланишнинг пасайиши ҳам сезиларли бўлмайди. Юлдуз

$$I_n^Y = I_\phi^Y = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z_\phi}$$

схемада қуйидагидан иборат бўлади. Ом қонунига биноан

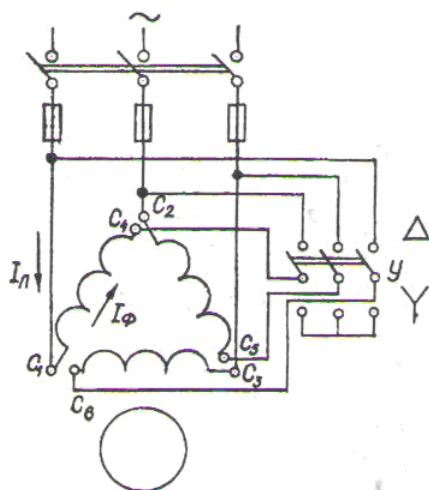
бўлади, бунда  $I_n^Y = I_\phi^Y$  – юлдуз схема билан уланган моторнинг линия ва фаза токлари;  $Z_\phi$  – статор чулғамининг фаза қаршилиги. Учбурчакли схема учун

эса  $I_n^\Delta = \sqrt{3}I_\phi = \sqrt{3} \frac{U_n}{Z_\phi}$  бўлиб,  $\frac{I_n^Y}{I_n^\Delta} = \frac{U_n \cdot Z}{U_n \cdot Z_\phi \cdot 3} = \frac{1}{3}$  бўлади. Бунда айлантирувчи

$$\frac{M^Y}{M^\Delta} = \frac{1}{3}; \frac{P^Y}{P^\Delta} = \frac{1}{3}$$

момент ва қувват нисбатлари ҳам бўлади.

Демак, бу усул билан моторни фақат салт иш режимида ёки  $M = (5 \div 10) M_n$  бўлган юкламаларда ишга тушириш мумкин. -расмда моторни алмашлаб улагич у билан юлдуз схемадан учбурчакли схемага ўтказиб ишга тушириш кўрматилган. Ишга тушириш фараёни



10.2-расм. Асинхрон моторни юлдуз схемасидан учбурчакли схемага ўтказиб ишга тушириш.

тугаши билан мотор учбурчаклик схемага ўтказилади.

Ҳозирги пайтда бу усулдан кенг фойдаланиш мақсадида фаза кучланиши 380 вольтга ҳисобланган ва, демак, нормал иш режимида, 380 вольтли электр тармоғига учбурчаклик схемада уланадиган, керак бўлганида эса юлдуз схемада ишга тушириладиган моторлар кўплаб ишлаб чиқарилмоқда.

2. Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторни унинг статор чулғамига актив ёки индуктив қаршиликларни кетма-кет киритиб ишга тушириш. 8.3-расм, а ва б ларда моторни актив  $R_T$  ва индуктив  $X_T$  қаршиликлар билан ишга тушириш схемаси кўрсатилган. Бунда электр тармоғидаги кучланишнинг маълум қисми  $R_T$  ёки  $X_T$  қаршиликларга ўтиб, қолган қисми статор чулғамига берилади. Ишга тушириш жараёни тугаши билан, рубильник  $P_2$  ни беркитиб, моторга нормал, яъни тўла кучланиш берилади. Бунда мотор ўзининг табиий характеристикасига ўтиб ишлаб бошлайди. Ишга тушириш токини бевосита улашдагига нисбатан  $m$ , моментини эса  $n$  марта камайтириш учун статор чулғамига киритиладиган  $R_T$  ёки  $X_T$  қаршиликлар қуйидагича аниқланади.  $M \equiv U^2$  бўлгани учун  $n = m^2$ , яъни момент токининг қийматига нисбатан кўпроқ камаяди. Ҳақиқатан,  $m = 0,7$  бўлса,  $n = 0,49$  бўлади.

8.4-расмда кўрсатилган графиклардан мотор токини  $m$  марта камайтирувчи  $R_T$  ва  $X_T$  қаршиликлар қуйидагича аниқланади:

$$R_T = \sqrt{\left(\frac{Z_M}{m}\right)^2 - X_M^2} - R_M,$$

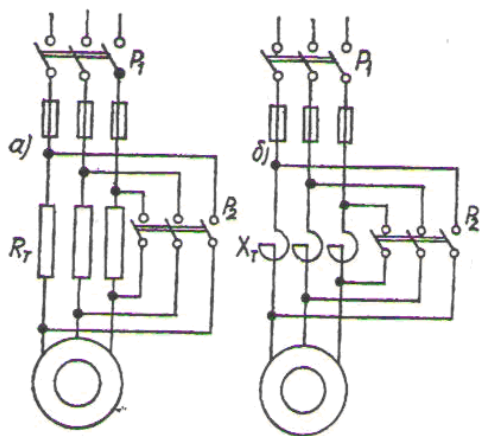
$$X_T = \sqrt{\left(\frac{Z_M}{m}\right)^2 - R_M^2} - X_M,$$

бунда  $\frac{Z_M}{m}$  – моторнинг ишга тушириш токини  $m$  марта камайтириш учун керак бўлган тўла қаршилик;

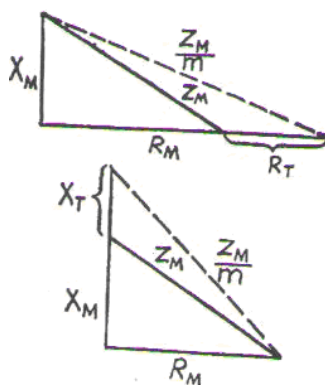
$R_M = R_1 + R_2^k, X_M = X_1 + X_2^k$  – моторнинг актив ва индуктив ички қаршиликлари.

Шунга ўхшаш, ишга тушириш моментини  $n$  марта камайтириш учун керак бўлган ташқи  $R_T$  ва  $X_T$  қаршиликлари қуйидагича аниқланади:

$$R_T = \sqrt{\frac{Z_M^2}{n} - X_M^2} - R_M, \quad X_T = \sqrt{\frac{Z_M^2}{n} - R_M^2} - X_M.$$



10.3-расм. Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторни: а) актив  $R$ ; б) индуктив  $X$  қаршиликлари воситасида ишга тушириш схемалари.



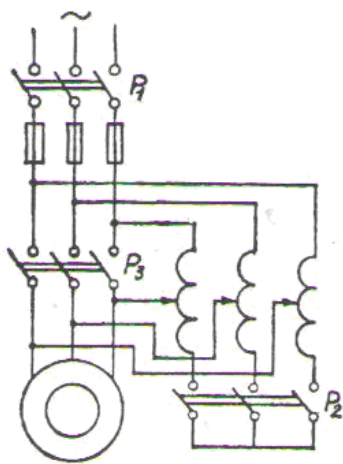
10.4-расм. Асинхрон моторни ишга туширишдаги ташқи актив  $R$  ва индуктив  $X$  қаршиликлари қийматини аниқлаш диаграммалари.

Салт иш режимда ёки кичик юклама билан ишга тушириладиган катта қувватли ва паст кучланишли моторларнинг  $I_{ишт}$  ни камайтириш мақсадида актив  $R_T$  қаршилигидан, юқори кучланишли

моторларда эса индуктив  $X_T$  қаршилиги (реактор) дан фойдаланилади. Моторнинг ишга тушириш токини чегараламай, фақат моментинини камайтириш лозим бўлса, статорнинг бир фазасига  $R_T$  ни киритиш кифоя. Бу оддий ва тежамли усулни кичик ва ўрта қувватли станок, кран ва транспорт механизмларидаги моторларда қўллаш тавсия қилинади.

3. Қисқа туташтирилган роторли асинхрон моторни автотрансформатор билан ишга тушириш. 10.5-расмда асинхрон моторни автотрансформатор билан ишга тушириш схемаси кўрсатилган. Бунда моторни рубильник,  $P_1$  билан электр тармоғига улашдан аввал,  $P_2$  берк,  $P_3$  эса узук ҳолда бўлиши керак. Натижада статор чулғамига автотрансформаторнинг трансформация коэффиценти  $k_a$  марта қадар камайтирилган кучланиш берилади. Бунда моторнинг ишга тушириш токи, автотрансформаторнинг мотор уланган иккиламчи чулғамида  $k_a$  камайса, электр тармоғига уланган бирламчи чулғамида  $k_a^2$  марта камаяди. Шунга кўра, ишга тушириш моментининг қиймати ҳам  $k_a^2$  марта камаяди. Моторни ишга тушириш фараёни бошлангандан сўнг,  $P_2$  рубильниги очилади. Бунда автотрансформатор статор чулғамига кетма-кет уланган реакторга айланади. Натижада статор чулғамига берилган кучланиш қиймати автотрансформатордагига нисбатан бир оз кўпаяди. Айланиш частотасининг ортиб бориши билан  $P_3$  рубильник беркитилади ва мотор номинал кучланиш билан табиий характеристикага ўтиб ишлай бошлайди.

Демак, моторни автотрансформатор билан ишга тушириш куйидаги уч босқичда амалга оширилади: биринчи босқичда, статор чулғамига  $U_{1-1} = (0,5 \div 0,7) U_n$ , иккинчида  $U_{1-2} = (0,7 \div 0,8) U_n$ , учинчи босқичда  $U_{1-3} = U_n$ , яъни тўла кучланиш берилади.



10.5-расм. Асинхрон моторни автотрансформатор воситасида ишга тушириш схемаси.

Шундай қилиб, моторни автотрансформатор билан ишга туширишда статор чулғамидан ўтадиган токнинг қиймати, реактор ва актив қаршилиқни улаш усулларидаги ток қийматига тенг бўлса ҳам, лекин электр тармоғидаги ток қиймати, уларга нисбатан  $k_a$  марта кам бўлади. Бу унинг асосий афзаллигидир. Аммо бу усул билан моторни ишга тушириш анча қимматга тушади. Шунинг учун моторни автотрансформатор билан ишга тушириш усулидан ишга тушириш моменти берилган қийматгача камайтирилганида, юқоридаги усуллар билан электр тармоғидаги токнинг қиймати етарлича камайтирилмаган тақдирдагина ва катта қувватли юқори кучланишли моторлардагина

фойдаланилади.

Қисқа туташтирилган роторли моторлардаги  $I_{ишт}$  токининг камайиши билан  $M_{ишт}$  нинг ҳам камайиши, баъзи механизм, масалан, ип йигирув ёки қоғоз тайёрлаш машиналари талабига жуда қўл келса, катта қийматли  $M_{ишт}$  билан ишга тушириладиган механизмлар талабини қондира олмайди. Бунда ишга тушириш токи кичик, моменти эса катта бўлган махсус қисқа туташтирилган роторли моторлардан фойдаланилади.

### Ўз-ўзини назорат қилиш саволлари.

1. Моторнинг қуввати қандай аниқланади?
2. Электр юритма таркибий қисмларига нималар киради?
3. Электр моторлар ишлаш принтсипига кўра қандай турларга бўлинади?
4. Ток кучини қандай асбоб ёрдамида ўлчанади?
5. Кучланиш қандай асбоб ёрдамида ўлчанади?
6. Қувват қандай асбоб ёрдамида аниқланади?

## АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

### СИНХРОН МАШИНАЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА ИШЛАШИ. СИНХРОН ГЕНЕРАТОР ВА УЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

#### Режа:

1. Умумий тушунчалар
2. Ўзгарувчан ток машинасининг чулғамлари
3. Синхрон генератори статор чулғамининг электр юритувчи кучи
4. Синхрон генераторнинг вектор диаграммалари

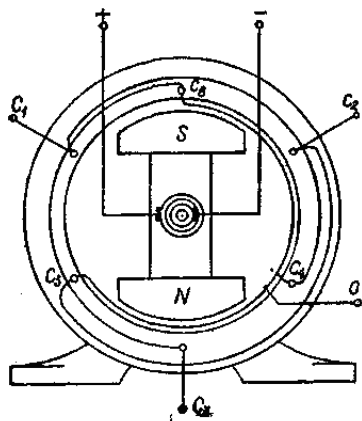
**Таянч иборалар:** ток, мотор, электр, машина, режим, вал, мувозанат, тезлик, ростлаш, якор.

## 1. Умумий тушунчалар

Ўзгарувчан ток машиналари асосан синхрон ва асинхрон деб аталувчи электр машиналардан иборат бўлиб, уларни ҳам ўзгармас ток машиналари сингари генератор, мотор ва электромагнит тормоз режимларида ишлатиш мумкин.

Электр станцияларида ишлаб чиқариладиган уч фазали ток синхрон генераторларда ҳосил қилинади. Синхрон машиналар кўзгалмас статор ва айланувчи ротордан иборат бўлади. Статор уз навбатида чўян корпус ва унга маҳкамланган пўлат ўзакдан иборат бўлиб, бу ўзак пазларига уч фазали ўзгарувчан ток чулғами жойлаштирилади. Статор ўзагида уюрма тоқлардан ҳосил бўлувчи қувват исрофини камайтириш мақсадида уни бир-биридан изоляцияланган пўлат тунукалардан йиғилади (11.1-расм).

Синхрон машинасининг ротори икки типда, яъни аён ва аён бўлмаган кутбли қилиб тайёрланади. Гидротурбиналар билан паст частотада айлантириладиган кичик ва ўрта қувватли гидрогенераторлар аён, буғ турбиналари билан юкори тезликда айлантириладиган катта қувватли турбогенераторлар эса, аён бўлмаган кутбли қилиб чиқарилади.

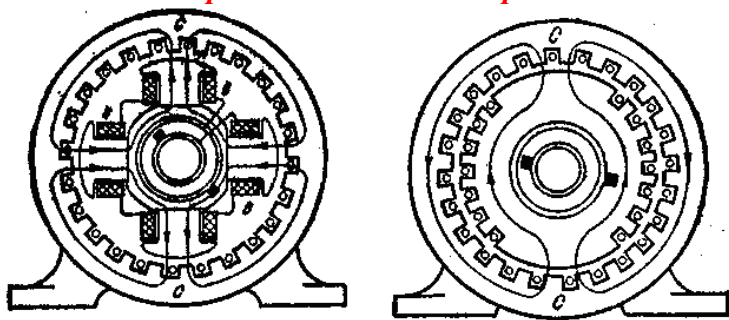


13.1- расм. Синхрон машинасининг статори.

11.2-расмда синхрон машинанинг  $a$  — аён ва  $b$  — аён бўлмаган кутбли роторлари кўрсатилган. Роторнинг ўзаги, одатда, куйма пўлатдан ясалиб, унга кўзгатувчи чулғам ўрнатилади. Айланувчи ротордаги бу кўзгатувчи чулғамга чўтка ва ҳалқалар воситасида ўзгармас ток берилиб, асосий магнит оқим ҳосил қилинади. Демак, ўзгармас ток билан таъминланган ротор чулғамини бирламчи мотор (турбина) билан айлантирилса, у ҳолда, электромагнит индукция қонунига биноан статор чулғамида ўзгарувчан э. ю. к. ҳосил бўлади.

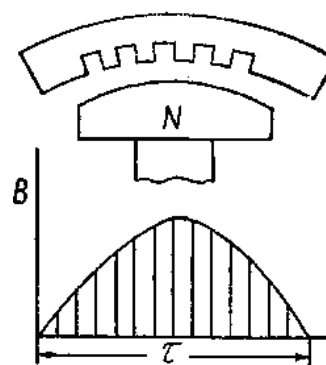
Бу э. ю. к. синусоида қонуни бўйича ўзгариши учун кутбларда ҳосил бўлган магнит индукция синусоида бўйича тақсимланиши керак. Магнит индукциянинг  $B - 5_{\text{макс}} 51$  па бўйича тақсимланиши учун кутб ўзаги билан статор ўзаги уртасидаги ҳаво бушлигининг 6.3-расмда кўрсатилгандек бўлишига эришиш кифоя.

Уч фазали синхрон генераторнинг статорига учта чулғам жой-лаштирилади. Бу чулғамлар фазода бир-биридан  $120^\circ$  бурчакка фарк қилади, улар юлдуз ёки учбурчаклик схемаси билан уланади. Хар бир чулғам генераторнинг фазаси дейилиб, бу фазаларда бир-биридан  $120^\circ$  га фарк қилувчи э. ю. к. лар ҳосил бўлади. Юлдуз ёки учбурчаклик схемаси билан уланган чулғамлардан олинган бу уч фазали э. ю. к. лар системасига уч фазали юклама уланса, у ҳолда генераторнинг статор чулғамларидан уч фазали юклама тоқи ўтади. Синхрон машинани кўзғатиш учун керак бўлган ўзгармас токни кўзгатгич ёки ярим ўтказгичли тўғрилагичлардан олинади. Генератор билан бирга айлантирилувчи



13.2-расм. Синхрон машинасининг роторлари.

ва уни кўзғатишга мулжалланган ўзгармас ток генератори кўзгатгич деб аталади. Синхрон генераторлар статори чулғамларининг боши ва охирлари куйидаги жадвалда кўрсатилгандек белгиланади.



13.3- расм. Ротор кутбларида ҳосил бўлувчи магнит индукциянинг синусоидал тақсимланиши.

Одатда, қуввати 400 кВА гача бўлган синхрон генераторлари 400/230 В, 400 кВА

дан катталари эса 6300 В ва ундан ҳам юқори кучланишли килиб тайёрланади.

Қуввати 1000 кВА гача бўлган дизель моторга мўлжалланган СГД типли генераторлар ҳам чиқарилмоқда.

Катта қувватли генераторлар, масалан, 100000 кВА ли турбогенераторлар жуда юқори фойдали иш коэффициентини, яъни  $\eta = 0,98$  га эга бўлади.

Асинхрон машиналарининг статори синхрон машинаникидан деярли фарқ қилмайди, аммо уларнинг роторидаги чулғамига ташқи манбадан ҳеч қандай ток берилмайди.

## 2. Ўзгарувчан ток машинасининг чулғамлари

Ўзгарувчан ток машинасининг чулғамлари ҳам ўзгармас ток машинасиники сингари бир ва икки қатламли, қискартирилган ва тўла кадамли бўлиб, куйидаги параметрлар билан тавсифланади:

$z$  — статор ўзагидаги пазлар сони;

$m$  — статор чулғамидаги фазалар сони;

$p$  — жуфт кутблар сони;

$q$  — фаза ва кутбга тўғри келувчи пазлар сони бўлиб, уни куйидагича аниқланади:

$$q = \frac{z}{2pm} \quad (11-1)$$

$\tau$  — кутб ўрталарининг орасидаги масофа (кутб бўлинмаси);

$y$  — чулғам кадами, секциянинг кенглиги;

$y$  — фаза чулғамларининг учлари орасидаги масофани кўрсатувчи фаза қадами. Фаза қадами қуйидагича аниқланади:

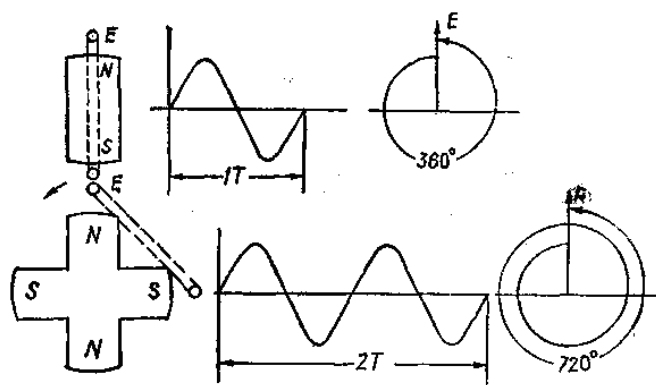
$$y_\phi = \frac{2}{3}\tau \quad (11.2)$$

$y$  ва  $y_\phi$  қадамларни, одатда  $\tau$  нинг бирор бўлаги ёки пазлар сони билан ифодаланади;

$\alpha = \frac{\pi}{Q}$  - электр градусларда ўлчанган пазлар орасидаги бурчак; унда  $Q$ -статор ўзагининг кутб кенглиги орасидаги пазлар сони.

Роторнинг бир градусга бурилиш бурчаги фазовий градус, статор чулғамида ҳосил бўладиган э.ю.к. векторининг бурилиш бурчаги электр градус дейилади.

Икки кутбли машинада роторнинг бир марта тўла айланишига бир давр, яъни э.ю.к. векторининг ҳам бир марта тўла айланиши тўғри келса, тўрт кутбли машинада роторнинг бир марта тўла айланишига икки давр, яъни э.ю.к.



13.4-расм. Фазовий ва электр градусларнинг ўзаро боғланишига тегишли расмлар.

векторининг икки марта тўла айланиши тўғри келади (11.4-расм). Демак, кутблар сони  $2p$  бўлган кўп кутбли синхрон машинада роторнинг бир марта тўла айланишига  $p$  сонли давр, яъни э.ю.к. векторининг  $p$  марта тўла айланиши тўғри келади. Шунга кўра, бир фазовий градус —  $p$  электр градус бўлади.

Кутб бўлинмаси ҳамма вақт 180 электр градусга тенг бўлгани

учун  $y_\phi = \frac{2}{3}\tau = \frac{2}{3}180 = 120$  электр

градусга тенг бўлади.

### 3. Синхрон генератори статор чулғамининг электр юритувчи кучи

Статор чулғамининг ҳар бир ўтказгичида ҳосил бўлган э.ю.к. нинг ўртача қиймати ҳам электромагнит индукция қонунига биноан  $E = B_{yp} l v$  бўлади, бунда  $l$  — статор чулғами ўтказгичи узунлиги;  $m$ ,  $v$  — магнит куч чизиқларининг ҳаракат тезлиги, м/с;  $B_{yp}$  — ҳаво бўшлиғидаги магнит индукциянинг ўртача қиймати, Тл.

Чизиқли тезлик  $v$  ни айланиш частотаси  $n$  билан ифодалаб ҳамда  $\pi D = 2\pi r$  бўлгани учун  $v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{2\pi r \cdot n}{60}$  олинади. Бундан  $\frac{pn}{60} = f$  бўлгани учун  $v = 2fr$  бўлади. Демак,  $E_{yp} = B_{yp} l v = B_{yp} l 2fr$ , аммо  $B\Phi = F$  бўлгани учун  $E_{yp} = 2f \Phi$  бўлади.

Ўтказгичдаги э.ю.к.нинг таъсир этувчи қиймати  $E = 1,11E_{yp}$  бўлади.

Бунда: 1,11 — синусоидал э. ю. к. нинг эгри шакллилиги коэффициенти. Ҳар бир ўрам икки ўтказгичдан иборат бўлгани учун амдаги э.ю.к. қиймати қуйидагича аниқланади:

$$E_{yp}=2 \cdot 1,11 \cdot 2f\Phi=4,44f\Phi$$

#### 4. Синхрон генераторнинг вектор диаграммалари

Синхрон генераторнинг юклама режимидаги кучланиши якорь реакциясининг магнитсизлантириш таъсири ҳамда якорь чулғамидаги кучланишнинг пасайуви хисобига унинг салт иш режимидаги э. ю. к.  $E_0$  дан фарқ қилади. Номинал юкламада кучланиш пасайиши

$$\Delta U_H = \frac{E_0 - U_H}{U_H} * 100 \leq 30 \dots 50\% \text{ бўлиши лозим. Электр юритувчи кучлар}$$

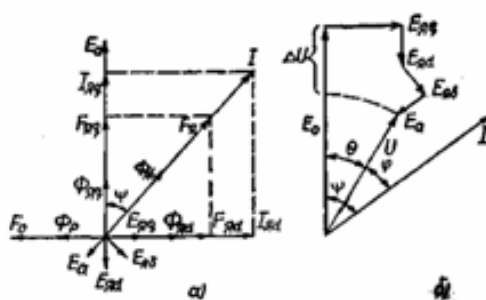
тенгламасини тузиш ва унинг асосида синхрон генераторнинг вектор диаграммасини куриш, ундан эса  $\Delta U$  нинг қийматини топиш учун ҳар бир м.ю.к. ўзига тегишли  $\Phi$  ни, ҳар бир  $\Phi$  эса ўзига тегишли э. ю. к. ни ҳосил қилади деб фараз қилинади (ҳақиқатда эса, турли  $F$  лар таъсирида умумий  $\Phi$  ҳосил бўлади). Демак, ротор чулғамидаги токдан асосий м. ю. к.  $F_0$ , ундан асосий магнит оқим  $\Phi_0$ , асосий магнит оқимдан эса  $E_0$ , яъни генераторнинг салт иш режимида тегишли э. ю. к. ҳосил бўлади, Генераторнинг юклама токи  $I$  дан эса якорнинг магнит юритувчи кучи  $F_{я}$ , ундан якорь ва ротор ўзаги орқали бекилувчи якорнинг асосий  $\Phi_{я0}$  магнит оқимлар ҳосил бўлади. Агар  $F_{я}$  ни бўйлама ва кўндаланг қисмлардан иборат дейилса, улардан тегишлича  $\Phi_{яq}$  — бўйлама ва  $\Phi_{яd}$  — кўндаланг магнит оқимлар, бу магнит оқимлардан эса тегишлича  $E_{яq}$  ва  $E_{яd}$  э. ю. к. лар ҳосил бўлади. Шу сингари, якорнинг  $\Phi_{яб}$  магнит оқимидан э. ю. к.  $E_{яб}$  ҳосил бўлади деб, бу сунъий э. ю. к. лар қийматини куйидаги ифодалардан аникланади: 1)  $E_{яq} = I_q \cdot x_{яq}$  — якорнинг кўндаланг магнит оқимидан ҳосил бўлган э. ю. к., бунда  $I_q = I \cos\psi$  — якорь токининг актив қисми;  $x_{яq}$  — якорь реакциясининг кўндаланг индуктив қаршилиги; 2)  $E_{яd} = I_d \cdot x_{яd}$  — якорнинг бўйлама магнит оқимидан ҳосил бўлган э. ю. к., бунда  $I_d = I \sin\psi$  — якорь токининг реактив қисми;  $x_{яd}$  — якорь реакциясининг бўйлама индуктив қаршилиги; 3)  $E_{яб} = I \cdot x_{яб}$  — якорнинг  $\Phi_{яб}$  магнит оқимидан ҳосил бўлган э. ю. к., бунда  $x_{яб}$  — якорь чулғамининг индуктив қаршилиги; 4)  $E_{я} = I R_{я}$  — якорь чулғамининг актив қаршилигида кучланишнинг пасайуви, бунда  $R_{я}$  — якорь чулғамининг актив қаршилиги.

Демак, магнит кутблари аён бўлган синхрон генератори учун э. ю. к. лар тенгламасини куйидагича тузиш мумкин:

$$U = E_0 + E_{яq} + E_{яd} + E_{яб} + E_{я} \quad (11.3)$$

13.13-расмда актив-индуктив юкламали магнит кутблари аён бўлган синхрон генераторнинг,  $a$  — магнит юритувчи ва  $b$  — электр юритувчи кучларининг вектор диаграммалари кўрсатилган.





13.13-расм. Аён кутблар синхрон генераторнинг вектор диаграммалари.

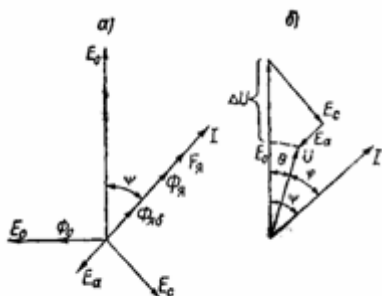
(11.11) тенгламаси асосида қурилган э. ю. к. лар вектор диаграммаси (11.13-расм, б) ни Блондель диаграммаси деб ҳам аталади. Блондель диаграммасидан фойдаланиб  $\Delta U$  қийматини аниқлаш 13.13-расм, б да кўрсатилган. Симметрик юкламада генератор вектор диаграммасини бир фаза учун қуриш кифоя. Бунда юклама токи билан  $E_0$  орасидаги  $\varphi$  бурчаги берилган. Чулғамдаги токдан ҳосил бўлган м.ю.к. ва магнит оқим векторлари ток вектори томон йўналган бўлади. Магнит оқимдан ҳосил бўлган э. ю. к. вектори эса магнит оқим векторидан  $90^\circ$  кейиндан келувчи бўлади. Магнит кутблари аён бўлмаган синхрон генераторнинг ротор ва статор ўртасидаги хаво бўшлиғи кўндаланг ва бўйлама ўқлар бўйича бир хил қийматга эга бўлгани учун  $x_{я} = x_{яd}$  бўлади. Демак, бундай генераторлар учун якорь реакцияси умумий таъсирини ҳисобга олиш, яъни  $F_{я}$  таъсирида  $\Phi_{я}$ , ундан эса  $E_{яx} = Ix_{яx}$  ҳосил бўлади деб эътироф этиш кифоя, бунда  $E_{яx}$  — якорь магнит оқимининг асосий қисмидан ҳосил бўлган э. ю. к.;  $x_{яx}$  — якорь реакциясининг индуктив қаршилиғи.  $\Phi_{я}$  ва  $\Phi_{яб}$  — магнит оқимлар якорь чулғамидаги умумий токдан ҳосил бўлгани учун  $x_{яx}$  ва  $x_{яб}$  қаршиликларини қўшиш мумкин, яъни  $x_c = x_{яx} + x_{яб}$  бунда  $x_c$  — магнит кутблари аён бўлмаган синхрон машинасининг синхрон қаршилиғи.

Демак, магнит кутблари аён бўлмаган синхрон генератори учун э. ю. к. лар тенгламасини қуйидагича тузиш мумкин:

$$U = E_0 + E_c + E_{я} \quad (11-4)$$

бунда  $E_c = Ix_c$  — якорнинг умумий магнит оқимидан ҳосил бўлган э. ю. к.

11.14-расмда актив-индуктив юкламали магнит кутблари аён бўлмаган синхрон генераторининг а — магнит юритувчи ва б — электр юритувчи кучларнинг вектор диаграммалари кўрсатилган.



13.14-расм Магнит кутблари аён бўлмаган синхрон генераторнинг вектор диаграммалари.

11.13 ва 11.14-расм, б ларда кўрсатилган э. ю. к. вектор диаграммаларини қуриш ва ундан  $\Delta U$  қийматини аниқлашда синхрон машина кутбларидаги пўлат ўзакнинг тўйиниши ҳисобга олинмаган. Тўйинишни ҳисобга олиб  $\Delta U$  қиймати, одатда э. ю. к. ларнинг амалий деб аталувчи диаграммасидан график усулда топилади.

Амалий диаграммами қуриш учун салт иш ва қисқа туташини характеристикаларидан фойдаланилади.

### **Ўз-ўзини назорат қилиш саволлари.**

1. Трансформатор кучайтирувчи бўлиши учун трансформатсия коэффитсиенти қандай бўлиши керак?
2. Моторнинг айланиш тезлиги қандай асбоб ёрдамида ўлчанади?
3. Қувват коэффитсиентини ошириш учун қайси элементлардан фойдаланилади?
4. Дистантсион бошқариш аппаратларини келтиринг?
5. Электр моторларнинг механик характеристикаси унинг қайси кўрсаткичларини ўзаро боғлиқлигини ифодалайди?
6. Синусоидал ток занжиридаги ток 10А, кучланиш эса 100В бўлса, занжирнинг тула қаршилиги нимага тенг?

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

20. Иброхимов У. Электр машиналари, Ўқитувчи, 1988й.
21. Мажидов С. Электр машиналари ва электр юритма. Ўқитувчи, 2002й.
22. М.М.Кацман М. Электр машиналари ва трансформаторлар. Ўқитувчи.  
–Т. -1976. 408 б.

## ТЕСТ САВОЛЛАР

1. Ҷзгармас ток деб нимага айтилади?
  - A) Катталиги ва ёъналиши ўзгармайдиган токка.
  - B) Катталиги ўзгармайдиган токка.
  - C) Ёъналиши ўзгармайдиган токка.
  - D) Зарядли заррачаларнинг бир томонга тартибли ҳаракатига
2. Синхрон моторда қутблар сони 4га тенг ва тармоқ токининг частотаси 50 гтс бўлганида роторнинг айланиш тезлиги аниқлансин?
  - a) 750
  - b) 1500
  - c) 3000
  - d) 1000
3. Қаршиликлари тенг бўлган 3 та шахобча ўзаро параллел уланганда занжирнинг умумий қаршилиги хар бир шахобчанинг қаршилигига нисбатан қанчага ўзгаради?
  - A) Уч марта кичик бўлади.
  - B) Ўзгармайди.
  - C) Икки марта бўлади.
  - D) Уч марта катта бўлади.
4. Моторнинг энергетик режимларини келтиринг?
  - A) Салт ишлаш, ишчи, қисқа туташув
  - B) Салт ишлаш, ишчи,
  - C) Салт ишлаш, қисқа туташув
  - D) Ишчи, қисқа туташув
5. Доимий ток моторининг айланиш тезлигини ростлаш усуллари
  - A) Кучланиш, қаршилиқ ва магнит оқимини ўзгартириш билан
  - B) Кучланиш, ва магнит оқимини ўзгартириш билан
  - C) қаршилиқ ва магнит оқимини ўзгартириш билан
  - D) Кучланиш, қаршилиқни ўзгартириш билан
6. Моторларни тормозлаш режимлари
  - a) Динамик, генераторли ва тескари улаш
  - b) Динамик ва тескари улаш
  - c) Генераторли ва тескари улаш
  - d) Динамик, генераторли
7. Моторнинг қуввати қандай аниқланади?
  - a) Мотор ва ишчи машинасининг юклама диаграммалари орқали
  - b) Мотор қувватини аниқлаш формуласи ёрдамида
  - c) Ток ёрдамида
  - d) Кучланиш ёрдамида
8. Електр юритма таркибий қисмларига нималар киради?
  - a) Електр мотор, ишчи машина ва иш органи, узатиш механизми ва бошқарув аппаратлар
  - b) Електр мотор, ишчи машина ва иш органи
  - c) Узатиш механизми ва бошқарув аппаратлар
  - d) Генератор, трансформатор
9. Електр моторлар ишлаш принтсипига кўра қандай турларга бўлинади?
  - a) Ўзгарувчан, ўзгармас, асинхрон ва синхрон
  - b) Фазо роторли
  - c) қисқа туташтирилган роторли
  - d) Генератор
10. Ток кучини қандай асбоб ёрдамида ўлчанади?

- a) Амперметр
  - b) Вольтметр
  - c) Ваттметр
  - d) Тахометр
- 11. Кучланиш қандай асбоб ёрдамида ўлчанади?**
- a) Вольтметр
  - b) Амперметр
  - c) Ваттметр
  - d) Тахометр
- 12. Қувват қандай асбоб ёрдамида аниқланади?**
- a) Ваттметр
  - b) Вольтметр
  - c) Амперметр
  - d) Тахометр
- 13. Трансформатор кучайтирувчи бўлиши учун трансформатсия коэффициентси қандай бўлиши керак?**
- a) Бирдан кичик
  - b) Бирдан катта
  - c) Нолга тенг
  - d) Бирга тенг
- 14. Моторнинг айланиш тезлиги қандай асбоб ёрдамида ўлчанади?**
- a) Тахометр
  - b) Ваттметр
  - c) Вольтметр
  - d) Амперметр
- 15. Қувват коэффициентини ошириш учун қайси элементлардан фойдаланилади?**
- a) Конденсаторлар
  - b) Индуктив элемент
  - c) Филтрлар
  - d) Зарядлаш ускунаси
- 16. Дистансион бошқариш аппаратларини келтиринг?**
- a) Контакттор, магнитли ишга туширгич, релелар
  - b) Автоматик ажратгич, ерувчан сақлагич
  - c) Ажратгич, контакттор
  - d) Ерувчан сақлагич
- 17. Электр моторларнинг механик характеристикаси унинг қайси кўрсаткичларини ўзаро боғлиқлигини ифодалайди?**
- a) Моторнинг айлантирувчи моменти ва унинг айланиш частотаси
  - b) Моторнинг қувват ва валининг айланиш частотаси
  - c) Моторнинг салт айланиш частотаси ва валидаги айлантирувчи моментни
  - d) Моторнинг тормоз режимидаги момент
- 18. Синусоидал ток занжиридаги ток 10А, кучланиш эса 100В бўлса, занжирнинг тула қаршилиги нимага тенг?**
- a) 10 Ом
  - b) 5 Ом
  - c) 15 Ом
  - d) 20 Ом
- 19. Қаршиликлари 10 Ом дан бўлган учта элемент кучланиши 30В ли тармоққа кетма-кет уланса, занжирдан ўтадиган ток нимага тенг?**
- a) 1А
  - b) 3А
  - c) 2А

- d) 1,5А
- 20. қишлоқ хўжалигида электр моторларни қайси тури кўпроқ фойдаланилади?**
- a) қиска туташтирилган роторли асинхрон мотор
  - b) Синхрон мотор
  - c) Ўзгармас ток моторлари
  - d) Фаза роторли асинхрон мотор
- 21. Кучланиш резонанси шартини аниқланг.**
- a) Сигим ва индуктивлик қаршилиқларининг тенглиги
  - b) Ток ва кучланишни фаза жihatдан мос тушмаслиги
  - c) Кучланиш нолга тенг
  - d) Електр занжирида ток нолга тенг
- 22. Юлдуз схемасида уланган симметрик юкламада фаза токи 5А фаза кучланиши 200В бўлса, тўла қувват нимага тенг?**
- a) 1730 ВА
  - b) 2000 ВА
  - c) 3000 ВА
  - d) 4000 ВА
- 23. Учбурчак усулида уланган симметрик юкламали схемада фаза ва линия тоқларни нисбати қандай?**
- a) Линия токи  $\sqrt{3}$  баробар юқори фазаникидан
  - b) Линия токи тенг 3 баробар фаза токига
  - c) Линия токи тенг фаза токига
  - d) Линия токи 3 баробар кичик фаза токидан
- 24. «Учбурчак» уланган истемолчилар учун линия ва фаза кучланишларини нисбатини аниқланг**
- a) Тенг
  - b) Линия кучланиши фаза кучланишидан  $\sqrt{3}$  марта катта
  - c) Линия кучланиши тенг 3 баробар фаза кучланишига
  - d) Фаза кучланиши 3 марта катта линия кучланишидан
- 25. қандай уч фазали истеъмолчи симметрик деб айтилади.**
- a) Фаза қаршилиқлари ва силжишлари тенг
  - b) Фаза қаршилиқлари тенг
  - c) Фаза силжишлари тенг
  - d) Фаза силжишлари тенг эмас
- 26. Чап қўл қويدаси билан ниманинг ёъналиши аниқланади?**
- a) Ток оқаетган ўтказгичларга таъсир куч
  - b) ЕЮК нинг
  - c) Магнит куч чизикларини
  - d) Кучланишни
- 27. Кирхгофни биринчи қонуни**
- a) Тугундан тоқлар егиндиси нўлга тенг
  - b) Тугундан тоқлар егиндиси нўлга тенг эмас
  - c) Кучланишлар егиндиси нўлга тенг эмас
  - d) Тугундаги кучланишлар алгебраик егиндиси нўлга.
- 28. Ўнг қўл қويدаси билан ниманинг ёъналиши аниқланади?**
- a) ЕЮК нинг
  - b) Ток оқаетган ўтказгичларга таъсир куч
  - c) Магнит куч чизикларини
  - d) Кучланишни
- 29. Бурагич қويدаси билан ниманинг ёъналиши аниқланади?**
- a) Магнитли куч чизикларининг
  - b) ЕЮК нинг

- c) Ток оқаётган ўтказгичларга таъсир куч
  - d) Кучланишни
- 30. Ҳткинчи жараёнлар вақтини ҳисоблаш қандай усулларда бажарилади?**
- a) Аналитик, график, графо-аналитик, статистик
  - b) Аналитик, график, графо-аналитик
  - c) Статистик
  - d) Моделлаш
- 31. Кучланиш трансформатори билан биргаликда қандай ўлчов асбоби уланади?**
- a) Вольтметр
  - b) Амперметр
  - c) Ваттметр
  - d) Тахометр
- 32. Учбурчак схемада уланган уч фазали симметрик истемолчилар кучланиши 220В бўлган манбага уланган. Агар фаза қаршиликлари 11 Ом га тенг бўлса линия тоқлари топилсин?**
- a) 34,6 А
  - b) 20 А
  - c) 60 А
  - d) 11,5 А
- 33. Истемолчининг актив қувватини электродинамик ваттметр Д439 билан ўлчанганда мили 80 булакни кўрсатди. Агар ваттметрни ўлчаш чегараси 150В, токи 2А урнатилган бўлса, у қандай актив қувватни кўрсатган?**
- a) 300Вт
  - b) 150Вт
  - c) 160Вт
  - d) 80Вт
- 34. қисқа туташтирилган моторларнинг афзалликлари?**
- a) Конструкциясининг соддалиги ва тармоққа бевосита уланиши
  - b) Тармоққа бевосита уланиши
  - c) Конструкциясининг соддалиги
  - d) Конструкциясининг мураккаблиги
- 35. Хар бирининг қаршилиги 10 Ом бўлган учта элемент кучланиши 30 В бўлган манбага параллел уланса занжирдан ўтадиган ток нимага тенг?**
- a) 9 А
  - b) 1А
  - c) 2А
  - d) 2,5
- 36. Хар бирининг қаршилиги 5 Ом бўлган учта элемент кучланиши 60 В бўлган манбага параллел уланса занжирдан ўтадиган ток нимага тенг?**
- a) 36,1 А
  - b) 3А
  - c) 12А
  - d) 16А
- 37. Электромагнит вақт релелари қандай электр занжирларда қўлланилади?**
- a) Ўзгарувчан ток занжири, куч ва бошқарув электр занжирларида
  - b) Ўзгармас ток занжири
  - c) Уч фазали тармоқда
  - d) Икки фазали тармоқда
- 38. Ток трансформатори билан биргаликда қандай ўлчов асбоби уланади?**
- a) Амперметр
  - b) Вольтметр
  - c) Ваттметр

d) Тахометр

**39.Ток генераторининг асосий вазифаси?**

- a) Турли хил энергияларни электр энергиясига айлантириш
- b) Механик энергиясини электр энергиясига айлантириш
- c) Иссиқлик энергиясини электр энергиясига айлантириш
- d) Шамол энергиясини электр энергиясига айлантириш

**40.Електрон кучайтиргичларда тескари боғланиш нима учун қўлланилади?**

- a) Тескари боғланиш кучайтириш коэффитсиентини катталаштириш учун қўлланилади.
- b) Тескари боғланиш кучайтиришда сигнал шаклини бузилишдан сақлаш ва кучайтириш коэффитсиентини ўзгармас қилиб туриш учун қўлланилади.
- c) Тескари боғланиш кучайтириш коэффитсиентини камайтириш учун кулланилади.
- d) Сигнал шаклини бир хилда ушлаб туриш учун кулланилади.