

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ

«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА ВА  
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯЛАР»

КАФЕДРАСИ

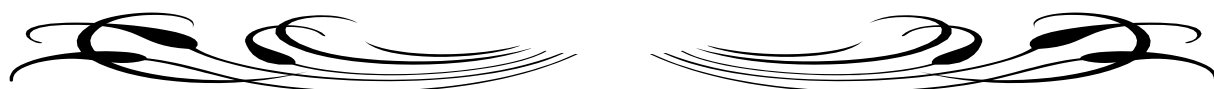


«СТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ҚИСМИ»

*фанидан*

***МАЪРУЗАЛАР МАТНИ***

Андижон – 2017



Андижон машиносозлик институти "ЭЭЭ" кафедраси  
Кенгашида  
Кенгаш



**«МАЪКУЛДАНГАН»**  
«Автоматика ва электротехника» факультети  
Кенгашида муҳокама қилинган ва маъқулланган  
Тургунов



**«ТАВСИЯ ЭТИЛГАН»**

«Электротехника, электромеханика ва электротехнологиялар» кафедраси  
мажлисида муҳокама қилинган ва тавсия этилган  
Кафедра мудири С. Абдурахмонов  
(Кафедра мажлисининг 4 - сонли баённомаси  
« 6 » 11 2017 й)

Тавриччилар: АКХИ. «Қишлоқ ва сув хўжалиги энергетикаси ва умумий техника фанлари» кафедраси доценти т.ф.и А.Исмаилов

Андижон машинасозлик институти «ЭЭЭ» кафедраси  
катта ўқитувчиси Р.Узаков

Тузувчи: катта ўқитувчи С.АБДУРАХМОНОВ

## МУНДАРИЖА

№	Мавзулар	бет
1	Кириш.....	4
2	Синхрон генератор.....	5
3	Фаннинг мақсади ва вазифалари. ....	5
4	Синхрон генераторлар.....	10
5	Синхрон компенсаторларнинг вазифаси ва тузилиши.....	18
6	Генераторларнинг майдонини автоматик сўндириш.....	22
7	Куч трансформаторлари ва автотрансформаторлари.....	26
8	Куч трансформаторлари ва автотрансформаторлар.....	26
9	Автотрансформаторларнинг тузилиши билан иш режимининг хусусияти.....	34
10	Коммутацион аппаратлар. юқори кучланишли учиргичлар. ....	39
11	Юқори кучланишли ажратгичлар, узгичлар ва қисқа туташтиргичлар.....	48
12	Симлар, шиналар ва кабеллар.....	55
13	Ўлчов трансформаторлари.....	59
14	Электр станция ва подстанцияларининг бош схемалари.....	63
15	Ерга туташтирувчи қурилмалари.....	70
16	Фойдаланилган адабиётлар.....	79

## «СТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯЛАРНИНГ ЭЛЕКТР ҚИСМИ» (маъруза матни)

### КИРИШ.

Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёевнинг 2016-йилда мамлакатимизни ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш яқунлари ҳамда 2017-йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг мухим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамасининг мажлисидаги маърузасида кўйилган масалалар мамлакатимизни ривожланишида дастури амал бўлиб,мазкур маърузалар матнининг кириш сузида айтилган фикрлар асосида “Бош мақсадимиз - кенг кўламли ислохотлар ва модернизация йўлини катъият билан давом эттириш” шиордан бошламоқчиман.

2017-йил ва ундан кейинги йилларда дастурий вазифаларимизни амалга оширишда йўл-транспорт ва коммуникация инфратузилмасини жадал ривожлантириш устувор аҳамият касб этади.

Бугун мамлакатимизни модернизация килиш ва янгилаш, иқтисодиётимизнинг сифат жиҳатидан янги, замонавий таркибий тузилмасини шакллантириш, ҳудудларимизни комплекс ривожлантириш бўйича барча режаларимизнинг муваффақиятли амалга оширилиши инфратузилма тармоқларини юксак суръатлар билан ривожлантиришга узвий боғлиқдир.

Инфратузилмани ривожлантириш бўйича қабул қилинган дастурларда яқин истикболда янги энергетика қувватларини, электр энергиясини узатиш тармоқларини барпо этиш ва мавжудларини реконструкция қилиш бўйича 26 тадан ортиқ инвестиция лойиҳасини амалга ошириш кўзда тутилган.Булар, аввалам бор, Таллимаржон иссиқлик электр стансиясида умумий қуввати 900 мегавольт бўлган иккита буғ-газ қурилмасини, Тошкент иссиқлик электр стансиясида қуввати 370 мегавольтни ташкил этадиган буғ-газ қурилмасини, Ангрен иссиқлик электр станциясида қуввати 130-150 мегавольтдан иборат энергоблокни, Фарғона водийсида янги энергетика қувватларини барпо этиш мақсадида Турақургон иссиқлик электр стансиясида умумий қуввати 900 мегавольт бўлган энергоблокларни қуриб ишга тушириш, Сирдарё ва Янги Ангрен иссиқлик электр станцияларини бир-бири билан боғлайдиган юқори вольтли электр узатиш тармоғини қуриш, Устюрт газ-кимё мажмуасининг ташки энергия таъминотини ташкил этиш каби мухим стратегик лойиҳалардир.

2017-йилни юртимизда "Халқ билан мулоқот ва инсон манфатлари йили" деб эълон қилинди.

Аҳолимизнинг тинч-омон ҳаётини таъминлаш, унинг фаровонлигини ошириш, иқтисодиётимизни изчил ривожлантириш, Ўзбекистонимизнинг халқаро майдондаги обрў-эътибори ва позициясини юксалтириш, минтакамизда тинчлик ва барқарорликни мустаҳкамлаш бўйича ўз олдимизга қўяётган мақсадлар, микёси ва кўламига кўра, халқимизнинг эзгу орзу-умидлари билан ҳамоҳангдир.

## I-БЎЛИМ. СИНХРОН ГЕНЕРАТОР



(2соат).

### • КИРИШ. ФАННИНГ МАҚСАДИ ВА ВАЗИФАЛАРИ.

РЕЖА:

- 1. *Замонавий станция ва подстанцияларининг электр қисмларини тузилиши, ишлаш асослари ва уларнинг танлаш.*
- 2. *Электр станция ва подстанцияларнинг электр қурилмаларининг тузилиши, ишлаш асослари ва уларни танлаш, юқори кучланишли жихозларнинг ерга туташтурувчи қурилмаларни вазифаси, тузилиши ва уларнинг ҳисоблаш усулларини ўзлаштириш.*

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- *электр станцияси, электр подстанцияси, электр тизилмаларнинг қурилиш қоидалари, номинал кучланиш, генератор, трансформатор, энергия ресурслари*

### *1. Замонавий станция ва подстанцияларининг электр қисмларини тузилиши, ишлаш асослари ва уларнинг танлаш.*

*Электр энергияси ҳосил қилишга мўлжалланган корхона ёки тизилма электр станцияси деб аталади.*

*Энергияни бир турдан бошқа турга ўзгартиришдаги асосий технологик жараённинг хусусиятлари ва фойдаланиладиган энергетик ресурсларнинг турига қараб электр станциялари иссиқлик (ТЭС), атом (АЭС), гидроэлектростанция (ГЭС), гидроаккумуляцияловчи (ГАЭС), газтурбинали ва бошқа станцияларга бўлинади.*

*Электр энергиясини ўзгартириш ҳамда тақсимлашга мўлжалланган электр подстанциялари – электр тизилмалар муҳим роль ўйнайди.*

*Бизнинг қитъада ва бошқа кўпгина мамлакатларда электр энергияси ҳосил қилиш ва уни тақсимлаш учун 50 Гц частотали уч фазали ўзгарувчан ток қабул қилинган (АҚШ ва бошқа бир қанча мамлакатларда 60 Гц частота қабул қилинган). Уч фазали ўзгарувчан токдан фойдаланиш сабаби шундаки, бир фазали ўзгарувчан ток тизилмаларига қараганда уч фазали ток тармоқлари ва қурилмалари жуда тежамли бўлади, шунингдек, энг ишончли, оддий ва арзон асинхрон электр двигателларидан электр юритма сифатида кенг фойдаланиш имконияти бўлади.*

*Электр тизилмаларнинг асосий параметрларидан бири номинал кучланиш ҳисобланади. Генератор, трансформатор, электр энергияси тармоқлари ва*

истеъмолчилари (электр двигателлари, чироқлар ва бошқалар) нинг нормал ишлаши учун мўлжалланган кучланиш номинал кучланиш деб аталади.

Электр тизимларнинг қурилиш қоидалари (ПУЭ – правила устройства электроустановок) ҳамма электр тизимларни икки тоифага бўлади: кучланиши 1000 В гача ва 1000 В дан юқори бўлган электр тизимлар. Бу бўлиниш жиҳозларнинг типи ва конструкцияларининг бир–бирига нисбатан фарқ қилишидан, шунингдек, турли кучланишга мўлжалланган электр тизимларни қуриш ва ишлатишда қўйиладиган талабларнинг турлича бўлишидан келиб чиқади.

Бизнинг қитъада ГОСТ 721–77 бўйича қабул қилинган фазалар орасидаги стандарт кучланишлар 1.1–жадвалда келтирилган.

### 1.1–жадвал.

#### Уч фазали токнинг стандарт кучланишлари

<i>1000 В гача бўлган тизимлар</i>										
Электр энергияси тармоқлари ва тизимлари, В	220	380	660							
<i>1000 В дан юқори тизимлар</i>										
Электр энергияси тармоқлари ва тизимлари, кВ	3	6	10	20	35	110	(150)	330	500	750
Энг катта иш кучланиши, кВ	3,6	7,2	12	24	40,5	126	(172)	303	525	787

Эслатма. Қавс ичида кўрсатилган кучланишлар янги лойиҳаланадиган тизимлар учун тавсия этилмайди.

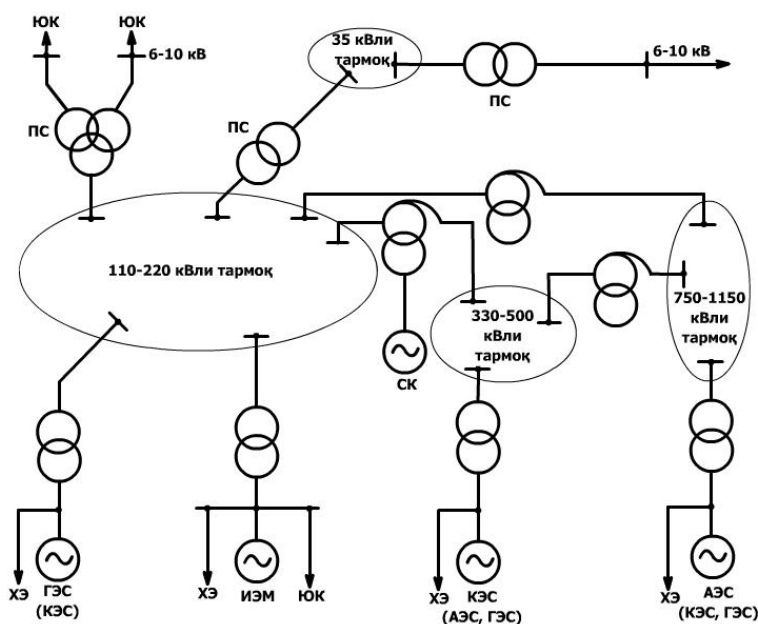
Генераторлар, синхрон компенсаторлар ва куч трансформаторларининг иккиламчи чўлғами учун номинал кучланишлар, линиялардан ток ўтиши вақтида кучланиш қисман исроф бўлишини ҳисобга олиб, тегишли тармоқларнинг номинал кучланишидан 5–10% ортиқ олинади.

Блок–генератор–трансформатор схемаси бўйича уланадиган катта қувватли генератор ҳамда синхрон компенсаторлар учун номинал кучланишлар қуйидаги қатордан аниқланади: 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 27,0 кВ.

Электр тизимларни лойиҳалаш, қуриш ва ишлатишда схемалар – чизмалардан фойдаланилади. Уларда тизим элементлари шартли белгилар билан амалда мавжуд бўлган ёки уларни қуришда амалга оширилиши керак бўлган тартибда ва ўзаро боғланишда кўрсатилади.

Келтирилган белгилар асосан куч асбоб–ускуналарига ёки, бошқача айтганда, бирламчи занжирларга тааллуқлидир.

1.1–расмда мисол тариқасида йирик электр тизими бир қисмининг принципиал электр схемаси келтирилган. Унинг асосини йирик электр станциялари (КЭС, ИЭМ, ГЭС) ташкил этади. Тизимлараро боғланиш 500 кВ кучланишда бажарилган, энергетик тизим электр энергияси 35–220 кВ кучланишда тақсимланади. Маҳаллий тақсимлаш тармоқлари 6–10 кВ ли кучланишга мўлжаллаб бажарилган. Шунингдек электр тармоғининг турли кучланишлари ва уларнинг подстанция (ПС) тегишли юклама тугунлари (ЮТ) билан алоқадорлиги кўрсатилган.



1.1–расм Оддий электр станциясининг структуравий схемаси

*2. Электр станция ва подстанцияларнинг электр қурилмаларининг тuzилиши, ишлаш асослари ва уларни танлаш. Энергия тизими мамлакатнинг электрификациясини асоси.*

Иссиқлик ва электр энергиясини тарқатиш ва истеъмол қилишни структуравий схемаси 1.2 расмда кўрсатилган. Бирламчи энергия манбаи ёки энергия ресурс (кўмир, газ нефт, ўрамли концентрант, гидроэнергия, қуёш энергияси ва бошқалар).



1.2–расм. Иссиқлик ва электр энергияси истеъмоли, тарқатиш ҳамда ишлаб –чиқариш жараёнининг структуравий схемаси.

Энергия ўзгартиргичга тушиб, чиқишда электр ёки иссиқлик энергиясига айланади. Истеъмолчиларнинг электр таъминоти ишончлилигини ошириш ва халқ хўжалигида аниқ иқтисодий эффект олиш мақсадида электр станцияларини туман энергия тизимида параллел бир маромда ишлашлари асосида бирлашган энергия тизимига бирлашадилар. Энергия тизими мамлакатнинг электрификациясини асосини билдиради. Бирламчи электр станциялар энергия тизимида бир қатор қулайликларга эга:

1. истеъмолчиларнинг электр таъминоти ишончлилиги ортади;
2. энергия тизимида талабдаги қувват заҳираси камаяди;
3. юкларнинг графигини текислашига мувофиқ агрегатларнинг юкланиш ва энергия тизими юкларининг максимуми камайиши ортади;
4. жухрофий ўрнашишига мувофиқ электр станцияда генерацияланган қувватдан тўла фойдаланиш имкониятини беради;



5. кучли ва иқтисодли агрегатларни ишга солиш имкониятлари асосида энергетиканинг техник–иқтисодий кўрсаткичлари яхшиланади;
6. энергия хўжаликларининг эксплуатацияси шароитлари яхшиланади;
7. энергетиканинг оптимал ишлаш режимини таъминлаш асосида энергетик тизимда дисперчерлик бошқарувини автоматлаштирилган тизими (АСДУ), шунингдек, халқ хўжалиги тармоғи бўлганидек бошқарувни автоматлаштирилган тизимини (АСУ энергия) яратиш имконини беради.

Энергия тизимини оператив бошқариш дисперчерлик хизматлари, электр станциялари ва кучланишнинг турлича тармоқларини оптимал ишлашлари ҳисоблари асосида амалга оширилади.

Энергетик тизимнинг режимларини мураккаб ҳисоблари ЭХМ ва комплект ҳисоблашларда амалга оширилади.

Электр станция ва подстанциялар электр қурилмаларининг қуйида аниқлаштирувчи изоҳларни бериб ўтаемиз.

*Электр қурилма*–электр энергиясини ишлаб чиқарувчи тарқатувчи ва истеъмол килувчи қурилмадир.

*Очиқ ёки ташиқи электр қурилма*–очиқ жойлашган электр қурилма.

*Электр станция*–электр ёки иссиқлик энергиясини (ИЭМ) энергия ишлаб чиқарувчи корхона электр подстанция–бир кучланишдаги электр энергиясини (частота) бошқа кучланишдаги (частота) электр энергиясига айлантиришга мўлжалланган электр қурилма.

*Электр линияси*–электр энергиясини манбадан истеъмолчига етказиб беришга мўлжалланган кабелли ёки симли тизим.

*Электр – тармоғи*- электр линиялар ва подстанцияларнинг мажмуи.

*Энергия тизими*–электр станциялари, электр ва иссиқлик тармоқлари ҳамда электр ва иссиқлик энергия истеъмолчилари, тинимсиз ишлаб чиқариш жараёни ва боғланган умумлашган режимлари, электр ва иссиқлик энергиясини тарқатиш ва истеъмол қилишнинг мажмуи.

*Электр тизим*–иссиқлик тармоғи ва иссиқлик истеъмолчиларидан холи бўлган энергия тизимининг қисми.

Схемада белгиланган алоҳида элементлар қуйидагича белгиланади:

*ўчиргичлар Q*–электр занжирини нормал ва авария шароитида улаш ва узиш учун, ажратгич (разъединител) *лар QS*–электр қурилмасининг маъсул қисмидаги кучланишни олиб зарурий таъмир пайтида танлаш ва очиқ узилиш ҳосил қилиш учун; ажраткич қоидага кўра, электр қурилмасининг оператив элементи (жиҳози) эмас, таъмир элементи ҳисобланади;

*ийгма ишина ЙШ*–манбадаги электр энергиясини қабул қилиш ва истеъмолчиларга ўзаро тарқатиш учун;

*РХ қурилмаси* (устройства)–электр қурилманинг жароҳатланган қисми ва вақтини ушлаш ҳамда жароҳатланган элементни узишга команда бериш учун;

*автоматика қурилмаси* –электр қурилма ва занжирнинг автоматик улаш ёки узиш, шунингдек, электр қурилма элементларини иш режимини автоматик бошқариш учун;

*ўлчов асбоблари*–электр станциядаги асосий электр қурилмаларининг сифатли энергия ишлашларида назорат қилиш, ҳамда ишлаб чиқарилган ва қўйиб юборилган электр энергиясини ҳисоблаш учун;

*ток ўтказгич*–электр энергиясини ташиш учун хизмат қилади.



**НАЗОРАТ  
САВОЛЛАРИ:**

- *Электр станцияси тушунчасини таърифланг.*
- *Электр станциясини жойлашувида хом ашё омили.*
- *Номинал кучланиш нима?*
- *Электр қурилмаларининг тоифасини изоҳланг?*
- *Электр энергиясини ишлаб чиқаришдаги асосий муаммоларни кўрсатинг?*
- *Нормал режим деганда нимани тushunasиз?*



Маъруза-1.

(2соат).

• **СИНХРОН ГЕНЕРАТОРЛАР**

РЕЖА  
:

- 1.1. Генераторларнинг асосий параметрлари.
- 1.2. Синхрон генераторларнинг бирламчи қувватини ошириш йўллари.
- 1.3. Синхрон генераторларни уйғотиш.
- 1.4. Синхрон генераторларни параллел ишлашга улаш.

Таянч  
сўз ва  
иборалар

- Генераторларнинг асосий параметрлари, номиналь кучланиши, токи, қуввати, Генераторларни уйғотиш. генераторларни параллел ишга улаш.

**1.1. Генераторларнинг асосий параметрлари.**

**1.2. Синхрон генераторларнинг бирламчи қувватини ошириш йўллари.**

Бирламчи моторнинг механик энергиясини электр энергиясига айлантириб берувчи электр қурилмасига электр генератори деб айтилади. Замонавий электр станцияларида электр энергиясини ишлаб чиқариш учун уч фазали синхрон генераторлардан фойдаланилади.

Синхрон генераторлар (СГ) бирламчи моторларининг турига қараб, турбо ва гидрогенераторларга бўлинади.

Турбогенераторлар (ТГ) бевосита буғ ёки газ турбиналарига улаш учун мўлжалланган, улар тез юривчан генераторлар деб ҳам айтилади. Турбогенераторларнинг айланиш давр тезлигини қуйидагича аниқланади:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (2-1)$$

бу ерда  $f$ –саноат давр тезлиги;

$p$ –жуфт кутблар сони.

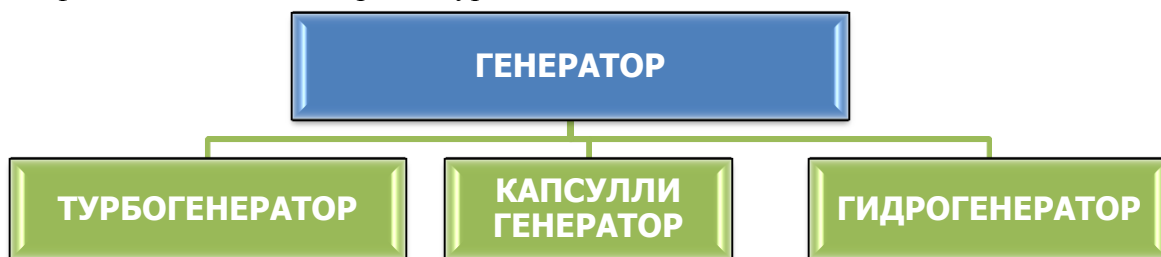
Шундай қилиб, тармокнинг давр тезлиги 50 Гц бўлган бизнинг ва Ғарбий Европа давлатларида турбогенераторларнинг энг юқори айланиш давр тезлиги 3000 айл/мин. га тенг.

Буғ ва газ турбиналари айланиш частотаси катта (3000 ва 1500 айл/мин) қилиб ишлаб чиқарилади, шунда турбогенераторлар энг юқори техник–иқтисодий кўрсаткичларга эга бўлади. Одатда, ёқилғида ишлайдиган иссиқлик электр станцияларида

(ИЭС ларда)—агрегатларнинг айланиш частотаси, одатда 3000 айл/мин ни ташкил этади, синхрон турбогенераторларда эса иккита кутб бўлади. АЭС да айланиш частотаси 1500 ва 3000 айл/мин бўлган агрегатлар ишлатилади.

Турбогенераторлар тезюрарлиги сабабли унинг конструкциясининг ўзига хос томонлари бўлади. Бу генераторлар вали горизонтал жойлашадиган қилиб тайёрланади. Турбогенераторнинг катта механик ва иссиқлик юктамаларида ишловчи ротори магнит ҳамда механик хоссалари юқори бўлган махсус (хром–никелли ёки хром–никель–молибденли) пўлатдан тайёрланган яхлит қопламадан ясалади.

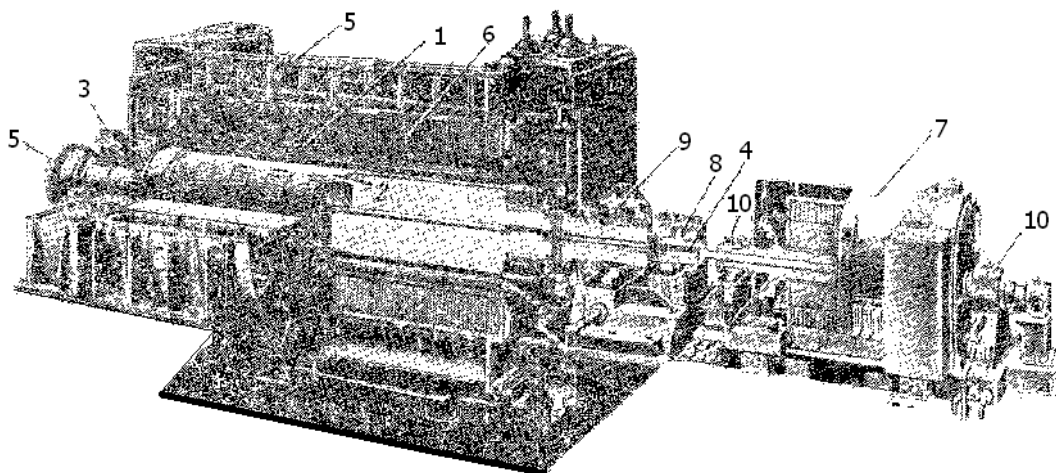
Роторнинг кутби аниқ бўлмайди. Айланиш частотаси катта бўлганлиги учун, механик мустаҳкамликни таъминлаш нуқтаи назаридан, роторнинг диаметри 3000 айл/мин учун 1,1–1,2 м дан ортмайди. Ротор бочкасининг узунлиги ҳам маълум чегарага эга бўлиб, 6–6,5 м га тенг бўлади. У вал статик эгилишининг рухсат этиладиган катталиги ва маъқул титраш тавсифини ҳосил қилиш шартига кўра аниқланади.



Турбогенератор статори корпус ва ўзакдан иборат. Корпус пайвандлаб тайёрланади, торец томонлари шчитлар билан беркитилиб, бошқа қисми билан туташган жойлари зичланади (2.1–расм). Статор ўзаги қалинлиги 0,5 мм ли пўлатдан тайёрланган, изоляцияланган листлардан йиғилади. Листлар пакет кўринишида йиғилиб улар орасида вентиляция каналлари қолдирилади. Ўзак ичидаги пазларга уч фазали, одатда, икки қатламли чўлғам жойланади.

Гидравлик турбиналарнинг айланиш частотаси, одатда, нисбатан кичик (60–600 айл/мин) бўлади. Сув босими қанчалик паст, турбина қуввати қанчалик катта бўлса, айланиш частотаси шунчалик кичик бўлади. Гидрогенераторлар шу сабабдан секин юрар ва ўлчамлари, массаси катта, шунингдек, кутблари сони кўп бўлади.

*Гидрогенераторлар* аён кутбли роторли қилиб ва вали асосан вертикал жойлашадиган қилиб тайёрланади. Қувватли гидрогенераторлар роторларининг диаметри 14–16 м га, статорларининг диаметри эса 20–22 м га этади.

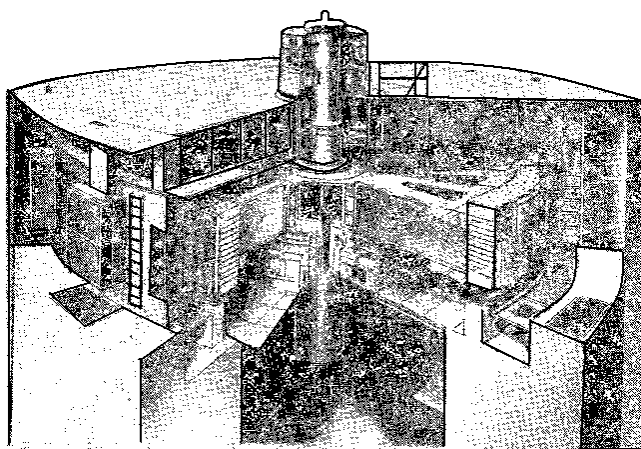


2.1–расм. Замоनावий турбогенераторнинг умумий кўриниши:

1–статор чўлғами; 2–ротор; 3,4–бирлаштирувчи муфтлар; 5–статор корпуси; 6–статор ўзаги; 7–уйғоткич; 8–ротор билан шётканинг контакт ҳалқалари; 9–генератор подшипниклари; 10–уйғоткич подшипниклари.

Роторнинг диаметри катта бўлган машиналарда ротор втулкасига маҳкамланган кегайларда йиғилган тўғин ўзак бўлиб хизмат қилади. Қутблар ҳам, тўғин сингари, листлардан йиғилади ва ротор тўғинига Т-шаклидаги чиққичлар ёрдамида монтаж қилинади (2.2–расм). Қутбларда уйғотиш чўлғамларидан ташқари демпферловчи чўлғам ҳам жойланади, у қутблар учидаги пазларга жойлаштириладиган ва ротор торецида туташтириладиган мис халқа ёрдамида стерженлардан ҳосил қилинади. Бу чўлғам агрегат роторнинг генератор юкмасининг кескин ўзгариши билан боғлиқ бўлган ҳар қандай уйғотилишида ҳосил бўладиган тебранишлари тинчлантириш учун хизмат қилади.

Кейинги йилларда вали горизонтал жойлашган, *капсулли генератор* деб аталувчи генераторлар ишлатила бошланди. Бундай генераторлар ташқи қисмини турбина орқали келадиган сув ювиб ўтадиган сув ўтмайдиган қобик (капсула) га жойланади. Капсулли генераторлар бир неча ўнлаб мегавольт–ампер қувватга мўлжаллаб тайёрланади. Булар аён қутбли нисбатан секин юрар ( $n=60\dots150$  айл/мин) ҳисобланади.



2.2–расм. Замонавий вертикал гидрогенераторнинг умумий кўриниши.

*Генераторларнинг номинал параметрлари.* Генераторни ишлаб чиқарувчи завод уни маълум рухсат этилган узок муддатли иш режимига мўлжаллайди ва бу режим **номинал режим** деб аталади. Бу иш режими генераторнинг номинал маълумотлари деган ном билан юритиладиган ва унинг ёрлиғида ҳамда машина паспортида кўрсатиладиган параметрлар билан тавсифланади.

*Генераторнинг номинал кучланиши* –номинал режимда статор чўлғамининг линия (фазалараро) кучланишидир.

Нормал совитиш параметрларида (совитувчи газ ва суюқликнинг ҳарорати, босими ҳамда сарфи) ва генератор паспортида кўрсатилган қувват ҳамда кучланишнинг номинал қийматларида генераторнинг узок муддатли нормал ишлашига рухсат этиладиган ток қиймати генератор статорининг *номинал токи* деб аталади.

*Генераторнинг тўла номинал қуввати* қуйидаги ифодадан аниқланади (кВ·А):

$$S_{ном} = \sqrt{3} U_{ном} I_{ном} \quad (2-2)$$

*Генераторнинг актив номинал қуввати* унинг турбина билан комплектда узок муддат ишлаши учун мўлжалланган энг катта актив номинал қувватдир.

Актив номинал қувват қуйидаги ифодадан аниқланади (кВт):

$$P_{ном} = S_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \quad (2-3)$$

*Роторнинг номинал токи* –генераторнинг энг катта уйғотиш токи бўлиб, статорнинг кучланиши номинал миқдоридан  $\pm 5\%$  атрофида ўзгариб турганида ва номинал қувват коэффицентида генератор шу токда номинал қувват бера олади.

Номинал қувват коэффициенти ГОСТга мувофиқ 125 МВ·А ва ундан кичик қувватли генераторлар учун 0,8; қуввати 588 МВ·А гача бўлган турбогенераторлар ва 360 МВ·А гача бўлган гидрогенераторлар учун 0,85; анча қувватли машиналар учун 0,9 қабул қилинади. Капсулалари гидрогенераторлар учун, одатда,  $\cos\varphi \approx 1$ .

Ҳар қандай генератор номинал юклама ва номинал қувват коэффициентидеги ФИК билан тавсифланади. Ҳозирги генераторларда номинал ФИК 96,3–98,8% атрофида ўзгариб туради.

Гидрогенераторларнинг айланиш давр тезлиги гидротурбиналарнинг фойдали айланиш давр тезлигига тенг қилиб олинади.

$$n_{турб} = n_6 \frac{H^{5/4}}{\sqrt{P}}$$

бу ерда,  $n_6$ –тез айланувчанлик коэффициенти, турбинанинг типига боғлиқ бўлади [айл/мин];

чўмичли турбиналар учун 20–40;

радиаль ўқли турбиналар учун 50–450;

бурилувчан лопасти турбиналар учун 400–1200.

$H$ –сув босими, [м].

$P$ –турбинанинг қуввати, [МВт].

### 1.3. Синхрон генераторларни уйғотиш.

Синхрон генераторларни ротор чўлғамлари, уйғоткичлар деб юритиладиган ўзгармас токнинг махсус манбаига таъминланади. Уйғоткичларнинг қуввати генератор қувватининг 0,3÷1 фоизини, номинал кучланиши эса 100В дан 600÷650 В гача бўлади.

Генератор қанча кучли бўлса,  $U_{ном}$  ҳам катта бўлади.

Ҳозирги уйғотиш схемалари уйғоткичдан ташқари кўпгина ёрдамчи асбоб–ускуналарига эга.

Уйғоткичнинг генератор роторининг чўлғами билан электрик улаш, кўпинча, контакт, халқа ва чўткалар ёрдамида амалга оширилади. Чўткасиз уйғотиш тизимлари ҳам яратилган ва улардан фойдаланилмоқда.

Уйғотиш тизимлари ишончли ва тежамли бўлиши; уйғотиш токини керакли чегарада ўзгартириш имкониятини бериши; етарли даражада тез таъсир этувчи бўлиши керак, шунингдек, тармоқда авария пайдо бўлганда энг юқори уйғотишни таъминлаш керак. Уйғотиш токини ростлаш йўли билан синхрон генераторнинг кучланиши ва унинг тармоққа берадиган реактив қуввати ўзгартирилади. Генератор уйғотишини ростлаш генераторларнинг параллел ишлаши турғунлигини оширишга имконият беради.

Масалан, қисқа туташув пайтида ҳосил бўладиган кучланишнинг кескин камайишида генераторнинг уйғотилишини жадаллаштириш (тез орттириш) қўлланилади, бу ўз навбатида генераторларнинг электр тебранишини тўхтатишга ёрдам беради ва параллел ишлаш турғунлигини сақлаш имкониятини беради. Уйғотиш тизимининг энг муҳим тавсифлари қуйидагилар бўлади: жадаллаштириш:  $V = 0,632 (U_{f,уст} - U_{f,ном}) / U_{t,ном} t_1$  (4.1–расмга қаранг) бўлганда ротор чўлғамидаги кучланишнинг ўсиш тезлигини аниқловчи тез ишлаши ҳамда максимал уйғотиш кучланиши катталигининг номинал уйғотиш кучланишига нисбати–  $U_{f,уст} / U_{f,ном} = k_{ж}$  жадаллилик карралиги.

Турбогенераторлар учун ГОСТ га мувофиқ  $k_{ж} \geq 2$ , уйғотишнинг ўсиш тезлиги эса секундига  $2^1/c$  дан кам бўлмаслиги керак. Жадаллик карралиги коллекторли уйғоткич генераторнинг вали билан туташтирилганда гидрогенераторлар учун 1,8 дан ва бошқа уйғотиш тизимлари учун 2 дан кам бўлмаслиги керак. Уйғотиш кучланишининг ўсиш тезлиги 4 МВ·А қувватли гидрогенераторлар учун секундига  $1,3^1/c$  дан, катта қувватдаги гидрогенераторлар учун секундига  $1,5^1/c$  дан кичик бўлмаслиги керак.

Узоқ масофага электр узатиш линиясига уланган кучли гидрогенераторларнинг уйғотиш тизимига анча юқори талаб қўйилади ( $k < 3 \dots 4$ , уйғотишнинг ўсиши тезлиги секундига  $10 U_{f,ном}$  гача).

Роторнинг чўлғами ва билвосита совитилувчи генераторларнинг уйғотиш тизими номинал токка нисбатан 2 марта катта токка 50 секунд давомида чидаши керак. Бу вақт роторнинг чўлғами бевосита совитилувчи генераторлар учун 20 секундгача камаяди.

Генераторларнинг уйғотиш тизимини иккита гуруҳга: *муस्ताқил уйғотишли* ва *ўз-ўзидан уйғотишли* (номустақил уйғотиш) гуруҳларга бўлиш мумкин.

*Генераторларнинг муस्ताқил уйғотишли* энг кўп тарқалган. Бу усулнинг асосий афзаллиги шундан иборатки, бунда синхрон генераторнинг уйғониши электр тармоғи режимига боғлиқ бўлмайди ва шунинг учун ҳам энг ишончли ҳисобланади.

Қуввати 100 МВт ва ундан кам бўлган генераторларда, одатда, уйғотгич сифатида синхрон генераторнинг вали билан бириктирилган ўзгармас ток генератори қўлланилади (4.2–расм).

Уйғотгичнинг ўзининг уйғотилиши ўз-ўзидан уйғотиш схемаси асосида бажарилган (уйғотгичнинг уйғотиш чўлғами ОВВ уйғотгичнинг ўз якоридан таъминланади). Уйғотгичнинг уйғонишини, бошқариш ОВВ занжирига ўрнатилган шунтли реостат ШР билан қўлда ёки уйғотиш регулятори АРВ билан автоматик амалга оширилади.

Ўзгармас ток генератори билан уйғотиш тизимининг камчилиги асосан уйғотгичнинг ўзининг камчилиги билан аниқланади. Бу камчиликлардан бири айланиш частотаси кичик бўлган гидрогенераторларда ( $\nu = 1 \dots 2^{1/с}$ ) уйғотгичларнинг, айниқса уйғониш тезлиги ўсишининг нисбатан юқори бўлмаслигидир.

Қуввати 165 МВт дан катта бўлган

турбогенераторлар учун уйғотиш қуввати шунчалик катта бўладики, бунда коммутация шароитлари бўйича 3000 айл/мин айланиш частотасида ўзгармас ток генераторининг ишончли ишлашини таъминлаш анча қийинчилик туғдиради.

### Электр машинали уйғотгичлар

Қўзғатиш тизимлари 2 гуруҳга бўлинади:

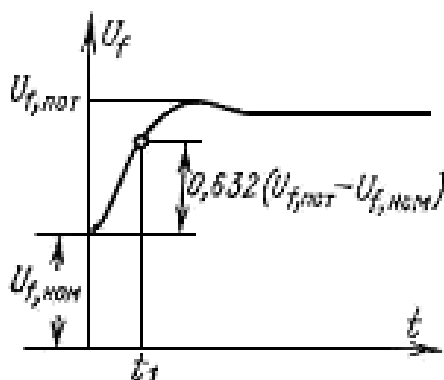
- 1). Муस्ताқил қўзғатишли,
- 2). Ўз-ўзидан қўзғатишли.

Биринчи гуруҳга ўзгарувчан ва ўзгармас токда ишловчи барча электр машинали қўзғатгичлар киради. Иккинчи гуруҳга бевосита генератор чиқишларига махсус пасайтирувчи трансформатор орқали уланган қўзғатиш тизимлари киради.

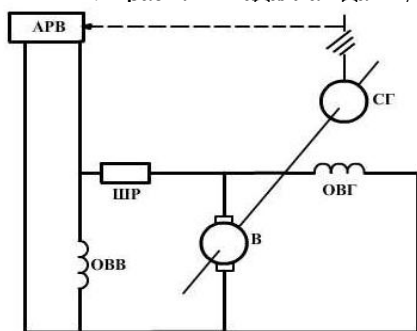
Ишлаши тармоқ ҳолатига боғлиқ бўлмаганлиги учун муस्ताқил қўзғатишли қўзғатиш тизимлари кенг тарқалган.

Ҳозирги пайтда генераторларда қуйидаги қўзғатиш тизимлари қўлланилади:

- 1). Ўзгармас ток электр машинали;
- 2). Ююқори давртезликли;
- 3). Тиристорли;
- 4). Чўткасиз қ.с.



4.1–расм. Жадаллашдаги уйғотиш



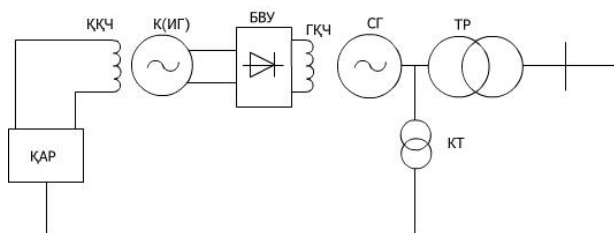
4.2–расм. Генераторни муस्ताқил электромашинани уйғотишнинг принципиал схемаси



Ўзгармас ток машинали қўзғатиш тизимлари 150 МВт қувватгача бўлган генераторларда ишлатилади. Бу қўзғатиш тизимларининг камчилиги уларнинг қўзғатиш токини ўсиб бориш тезлигини юқори эмаслиги.

Катта қувватли генераторларда ярим ўтказгичли тўғрилагичли қўзғатиш тизимларидан фойдаланилади. Бунда генератор билан битта валга қўшимча генератор уланган бўлиб, унинг кучланиши тўғрилагичлар орқали ротор чўлғамларига узатилади.

Бу ерда энергия манбаи бўлиб ИГ хизмат қилади. Қўзғатиш тизимларида қўзғатиш токини ўсиб бориш тезлигини ошириш учун жадаллаштиришдан (яъни қўзғатиш токини кескин ошириш, форсировкалаш) фойдаланилади.



4.3 –расм. Генераторни ярим ўтказгичли тўғрилагичли қўзғатиш схемаси.

ИГ–индукцион генератор;

БВЎ–бошқарилмайдиган вентилли ўзгартиргич.

Электр машинали қўзғатиш тизимларида қўзғатиш токини ўсиб бориш тезлиги  $t=0,4-0,5$  сек. бўлса, юқори давр тезликли қўзғатиш тизимларида  $t=0,3-0,4$  сек. га, жадаллаштириш карралиги  $K_{\phi}=2$ га тенг.

Юқори давртезликли қўзғатиш тизимлари 300 Мвт гача бўлган генераторларда қўлланилади.

#### **1.4. Синхрон генераторларнинг параллел ишлашга улаш.**

Генераторларни параллел ишлашга улаш аниқ синхронлаш ва ўз–ўзидан синхронлаш усули билан амалга оширилади.

Генератор аниқ синхронлаш усули билан уланганда куйидаги шартлар бажарилиши зарур:

1. Генератор кучланиши тармоқ кучланиши билан тенг бўлиши зарур.
2. Генератор ва тармоқ давр тезлиги бир хил бўлиши лозим.
3. Фазалар кетма–кетлиги бир хил бўлиши керак.

Бунда генератор кучланишининг тармоқ кучланишидан четлашиши фаза бўйича  $155^{\circ}$ га, модули бўйича 20%га(одатда 5%), давртезлик бўйича 0,1% (0,05Гц) гача рухсат этилади.

Фазалар кетма–кетлиги генераторнинг биринчи уланиш пайтида, ҳамда таъмирлашдан сўнг унинг бирламчи занжирларида текширилиши керак. Бу нарса кучланиш трансформаторлари ёрдамида махсус схема орқали амалга оширилади.

Аниқ синхронлаш шартини амалга оширишни кўз билан кўриб назорат қилиш иккита вольтметр (генератор ва тармоқ кучланишларининг тенглигини назорат қилиш учун), иккита частота ўлчагич (улардан бири тармоқ частотасини, иккинчиси уланаётган генератор частотасини кўрсатади), шунингдек, бир номдаги фазалар кучланишлари векторларининг бир–бирига мос тушишини назорат қилиш имкониятини берадиган махсус асбоб–*синхроноскоп* ёрдамида амалга оширилади. Бу асбоблар синхронизациялаш шитчалари ёки колонкалари таркибига киради ва улар барча электр станцияларда мавжуддир.

Аниқ синхронлашда улаш учун импульс бериш пайти сирпаниш бурчак тезлиги (частоталар фарқи) билан айланаётган синхроноскопнинг стрелкаси орқали аниқланади. Бирламчи двигателнинг тезлик регуляторига таъсир этиб, частоталарнинг тенглашишига шундай эришиладики, бунда синхроноскоп кўрсаткичи 20 с ичида бир мартадан ортиқ айланмасин. Синхроноскоп шкаласида кучланишларни фазалар бўйича бир



хил бўлишини кўрсатувчи чизик тортилган. Импульс бериш учун генераторнинг ўчиргичини синхроскоп кўрсаткичи чизик тортилган белгига озгина етмаган пайтда улаш лозим, чунки ўчиргичнинг уланиши учун сарфланадиган вақтни ҳам ҳисобга олиш керак.

Аниқ синхронлаш кўлда ёки автоматик тарзда бўлиши мумкин. Кўлда аниқ синхронлашнинг ҳамма операциялари оператор томонидан кўлда бажарилади. Операторнинг нотўғри ҳаракат қилиб қўйишини йўқотиш учун синхронлаш схемасига махсус блокировка киргизилади, у ноқулай пайтда ўчиргични улаш учун берилган импульснинг ўтишига автоматик тарзда тўсқинлик қилади.

Автоматик синхронлаш махсус қурилмалар–автоматик синхронизаторлар ёрдамида амалга оширилади. Автоматик синхронизаторлар синхронланаётган генераторнинг кучланиши ва частотасини ростлаш ва уни операторсиз тармоқда улаш имкониятини берувчи жуда мураккаб схемага эга.

Аниқ синхронлаш усулининг камчиликларига жараённи амалга оширишнинг мураккаблиги ва узоқ давом этишини (бу айниқса энергетик тизимнинг авария иш режими шароитида частота ва кучланишнинг ўзгариб туриши содир бўлганда яна ҳам кўпроқ билинади ҳамда бошқарувчи шахс юқори малакага эга бўлишини талаб этишини ҳамда синхронлаш шартлари бузилса, катта авариялар содир бўлишини киритиш мумкин.

Ўз–ўзини синхронлашда генератор уйғотилмай, тахминан синхронлаш частотага тенг частотада айланаётган вақтида (сирпаниш  $\pm 2-3\%$ ) тармоққа уланади. Ўчиргич уланиши заҳоти уйғотиш токи берилади ва генератор 1–2 секундда синхронизмга тортилади.

Уйғотилмаган генератор тармоққа уланган пайтда у тармоқдан анча катта реактив ток истеъмол қилади. Статор чўлғамидан оқиб ўтаётган ушбу ток ҳосил қилаётган айланувчи магнит майдони генератор роторининг чўлғамида ЭЮК ҳосил қилади.

Ўта кучланиш туфайли изоляциянинг бузилишининг олдини олиш учун генератор роторининг чўлғами ўчиргични улашдан олдин ўз–ўзини синхронлаш махсус қаршилигига ёки АГП қурилмасининг сўндирувчи қаршилигига туташтирилган бўлиши керак, бу қаршилиқ АГП улангандан кейин узилади.

Генератор ўз–ўзини синхронлаш усули билан тармоққа уланганда, унда ўткинчи жараёнлар содир бўлади ва булар генератордан чиққан симлардаги қисқа туташув жараёнларига ўхшаш бўлади.

Генератор–трансформатор блокларини энергетик тизим билан параллел ишлашга уланганда статорда ҳосил бўладиган ток анча кам бўлади, чунки бу вақтда трансформатор қаршилигининг чегараловчи таъсири бўлади. Шунинг ҳам айтиш керакки, ўз–ўзини синхронлашда статорнинг токи улаш пайтида индуктив тавсифга эга бўлади, демак, генераторнинг валида кўшимча механик юкламалар ҳосил қилмайди.

Электр қурилмаларининг қурилиш қоидаи токнинг сакраши номинал токдан 3,5 мартадан кўп ошмаслик шартида, генераторларни ўз–ўзини синхронлаш усули билан улашга рухсат этади, яъни:

$$I' = \frac{U}{\sqrt{3}(x'_d + x_c)} \leq 3,5 I_{ном}, \quad (5-4)$$

бунда  $I'$  –бошланғич ўтказиш токи, кА;  $U$ –қурилманинг фазалари орасидаги кучланиш кВ;  $x'_d$  –генераторнинг ўтиш қаршилиги,  $\Omega$ ;  $x_c$ –энергетик тизимнинг генератор қискичларигача бўлган қаршилиги,  $\Omega$ ;  $I_{ном}$ –генераторнинг номинал токи, кА.

Генератор ўз–ўзини синхронлаш усули бўйича улаш қуйидаги тартибда бажарилади: генератор синхрон тезликдан кўпи билан 2–3% фарқ қиладиган айланишлар частотасигача айлантирилади, частоталарнинг йўл қўйиладиган фарқи, одатда, ИРЧ реле асосидаги автоматик қурилма билан назорат қилинади;

шунтловчи реостат ва РАВ нинг ўрнатилишини ўзгартирувчи қурилма салт ишлаганда  $U_{г,ном}$  ни таъминловчи уйғотишга тўғри келувчи ҳолатга қўйилиши керак, бунда АГП ўчирилган ҳолатда бўлади;

генераторнинг ўчиргичи уланади ва у уланган захоти АГП ни улаш учун автоматик тарзда команда берилади.

Генератор тармоққа улангандан сўнг, қисқа вақт асинхрон двигателга ўхшаш ишлайди. Асинхрон сирпаниш моменти генераторнинг роторини синхрон частотада айланишга тортади. Уйғотиш берилгандан сўнг роторнинг чўлғамида токнинг кўпайиб бориши билан аста–секин ошиб борувчи синхрон моменти ҳосил бўлади. Натижада генератор вали кескин механик турткиларга дуч келмайди.

Ўз–ўзини синхронлаш усулининг асосий афзаллиги генераторни тармоққа улаш технологиясининг соддалигидадир, чунки бу вақтда уланадиган генератор билан тизим кучланишларининг қийматларини ва частоталарини аниқ тўғрилашга ҳожат қолмайди. Синхронлаш анча соддалашади ва тезлашади, улашлардаги йўл кўйилган хатолар туфайли машинанинг оғир бузилиш эҳтимоллари йўқолади, жараёни автоматлаштириш соддалашади, шунингдек, энергетик тизимдаги частота ва кучланиш ўзгарганда ҳам улаш мумкин бўлади.

Нормал ишлаш шароитларида ўз–ўзини синхронлаш усули генератор–трансформатор блоки схемасида ишлайдиган ва чўлғамлари билвосита совитилувчи турбогенераторларни, шунингдек, ҳамма гидрогенераторларни улаш учун қўлланилади.

Чўлғамлари билвосита совитиладиган ва генератор кучланиши шинасида ишлайдиган турбогенераторларни, шунингдек, чўлғамлари бевосита совитилувчи генераторларни улаш ҳам, одатда, аниқ синхронлаш усули билан бажарилади. Авария тугатилгач, ҳамма генераторларни параллел ишга тушириш ўз–ўзини синхронлаш усули билан амалга оширилиши мумкин.

#### **НАЗОРAT САВОЛЛАРИ:**

- *Электр станцияси тушунчасини таърифланг.*
- *Электр станциясини жойлашувида хом ашё омили.*
- *Номинал кучланиш нима?*
- *Электр қурилмаларининг тоифасини изоҳланг?*
- *Электр энергиясини ишлаб чиқаришдаги асосий муаммоларни кўрсатинг?*
- *Нормал режим деганда нимани тўшунасиз?*



Маъруза-2. (2соат).

• **СИНХРОН  
КОМПЕНСАТОРЛАРНИНГ  
ВАЗИФАСИ ВА ТУЗИЛИШИ.**

РЕЖА:

- 2.1. Синхрон компенсаторларнинг вазифаси ва тузилиши.
- 2.2. Синхрон генераторларни ишга тушириш.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Синхрон компенсаторларнинг вазифаси, тузилиши, ишлаш режимлари, ишга тушириш, совитиш усуллари, бевосита ва билвосита совитиш.

**2.1. Синхрон компенсаторларнинг вазифаси ва тузилиши.**

Уйғотиш токининг ўзгаришида двигатель режимида ишлайдиган валда юкламаси бўлмаган синхрон машина *синхрон компенсатор* деб аталади. Синхрон компенсатор уйғотиш токининг катталигига қараб тармоққа реактив қувват  $Q$  бериши ёки олиши мумкин.

***двигатель режимида ишлайдиган валда юкламаси бўлмаган синхрон машина синхрон компенсатор деб аталади.***

Конструкцияси жихатидан турбогенераторларга ўхшаш бўлиб ўртача частотада 750÷1000 (айл/мин) тайёрланади. Ротори аниқ кутбли статор тузилиши турбогенератор статорига ўхшаш.

Синхрон компенсатор статорнинг номинал токи, кучланиши ва қуввати билан роторнинг частотаси ва  $U_{ном}$  билан ҳамда номинал режимдаги йўқотишлар билан тавсифланади. Синхрон компенсаторнинг  $U_{ном}$  тармоқнинг  $U_{ном} +5$  ёки 10% ортик белгиланади. Синхрон компенсаторнинг  $S_{ном}$  (КВ А) (10000 КВА÷160 МВА) токи  $U_{ном}$  да, совутувчи муҳитнинг номинал параметрларида унинг узок муддат давомли иш режимида ишлашига рухсат этилади. Статорнинг  $I_{ном}$  токи  $S_{ном}$ ,  $U_{ном}$  қийматларига асосан аниқланади.

Синхрон компенсаторларнинг номинал қуввати килоВольт·Ампер ҳисобида аниқланади ва ГОСТ 609–75 га асосан қувватлар қаторига тўғри келиши керак. Шунинг

учун ГОСТ бўйича синхрон компенсаторнинг минимал қуввати 1000 кВ·А деб белгиланган. Ҳозирги пайтда ишлаб чиқарилаётган компенсаторнинг максимал қуввати 160 МВ·А га тенг.

Статорнинг номинал токи номинал қувват ва номинал кучланиш қийматлари асосида аниқланади.

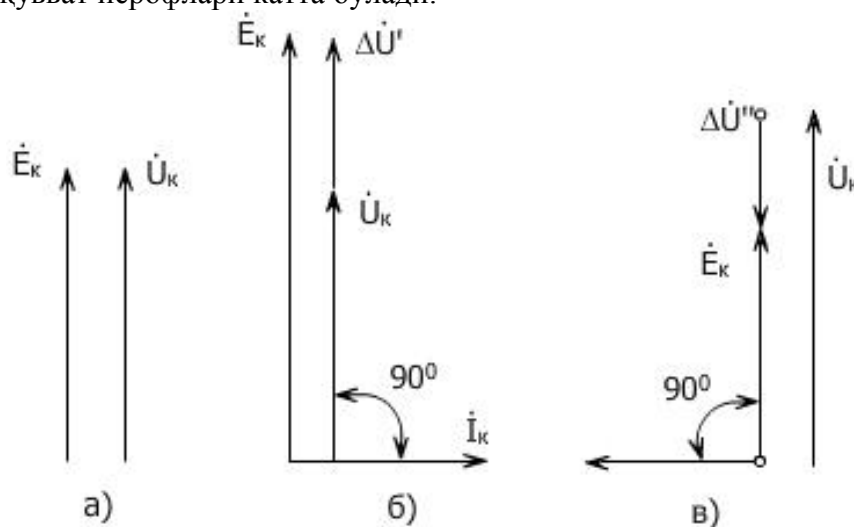
Роторнинг  $I_{ном}$  токи тармоқдаги кучланиш  $U_{ном}$  дан  $\pm 5\%$  га фарқ қилиб, ўта уйғотишдаги синхрон компенсаторнинг  $S_{ном}$  қувватини таъминовчи токнинг катта миқдори синхрон компенсаторнинг номинал соғутишда  $P$  актив қувватининг йўқотилиши 1,5–2,5% га тенг.

Синхрон компенсаторлар икки усулда совитилади.

КС–сериялари компенсаторлар учун вентиляцияни ёпиқ тизим билан *ҳаволи билвосита совитиши*. (турбогенераторларга ўхшаш)

КСВ–сериялар учун корпусга монтаж қилинган газ совитгич билан *водородли билвосита совитиши*. Компенсаторларнинг иккала турида ҳам В синфдаги изоляция қўлланилган.

Ҳозирги электр юкламалар жуда катта реактив қувват истеъмол қилишнинг ортишига биринчи навбатда электр қурилмаларини кенг миқёсда ишлатиш сабаб бўлмоқда, уларда энергияни ўзгартириш учун магнит майдонларидан фойдаланилади (электр двигателлар, трансформаторлар ва ҳоказо). Симобли вентиляторлар, люминесцентли ёритиш ва бошқа ўзгартиргич қурилмаларининг тоқлари анча катта реактив ташкил этувчига эга. Шу сабабли электр тармоқлари токнинг реактив ташкил этувчиси билан юкланади, бунинг таъсирида кучланиш пасаяди ва электр энергияни узатиш ҳамда тақсимлашда қувват исрофлари катта бўлади.



3.1–расм. Синхрон компенсаторнинг турли режимлардаги вектор диаграммалари:  
 а–салт юришдаги; б–ўта уйғотишдаги; в–чала уйғотишдаги

Агар юкламалар маркасига синхрон компенсатор уланса, у истеъмолчиларга керак бўлган реактив қувватни генерациялаб (пайдо қилиб), электр станцияларни юклама билан улайдиган линияларнинг реактив ток юкласини камайтириш имкониятини беради, бу эса бутун тармоқ ишини яхшилайдди. Бунда синхрон компенсатор ўта уйғотиш билан реактив қувват бериш режимимда ишлаши лозим. Синхрон компенсаторлар электр узатувчи подстанцияларда ҳам ўрнатилади, улар ёрдамида линия бўйлаб кучланишини тўғри тақсимлаш ва параллел ишлаш турғунлигини таъминланади. Шу билан бирга, электр узаткичнинг иш режимига қараб компенсатордан генерациялаш режимиде ёки реактив қувватни истеъмол қилиш режимиде ишлаш талаб этилади.

Синхрон компенсатор генерациялаётган ёки истеъмол қилаётган реактив қувват уйғотиш токи катталигига боғлиқ.

Синхрон компенсаторнинг ишини тахлил қилганда, уни кучли тармоққа уланган деб ҳисоблаймиз шу сабабли статорнинг токи ўзгарганда қисқичлардаги кучланиш, амалий жиҳатдан ўзгармайди (3.1–расм).

Уйғотиш токининг ўзгариши билан статор чўлғамининг ЭЮК  $E_k$  ўзгаради. Компенсатор ЭЮКнинг катталиги тармоқ кучланишига тенг бўлса, бу режим компенсаторнинг салт ишлаш режими деб юритилади. Уйғотиш токи ортганда синхрон компенсаторнинг ЭЮК унинг қисқичларидаги кучланишдан катта бўлади (ўта уйғотиш режими). Кучланишлар фарқи  $\Delta U' = E'_k - U_k$  таъсирида машина статорида  $J_k$  токи ҳосил бўлади. Компенсатор чўлғамларининг қаршилиги асосан индуктив бўлганлиги учун ток кучланиш фарқи  $\Delta U'$  дан  $90^\circ$  га яқин бурчакка орқада қолади.

Кучланишнинг вектори  $U_k$  га нисбатан кўрсатилган ток  $90^\circ$  га яқин бурчакка орқада қолади. Бунда компенсатор тармоққа реактив қувват беради.

Машинани уйғотиш токи етарли бўлмаса, яъни  $E'_k < U_k$  бўлганда,  $J_k$  ток  $U_k$  векторидан ўзади: машина тармоқдан реактив қувват истеъмол қилади.

Синхрон компенсаторларни уйғотиш учун АРБ қурилмали махсус уйғотиш тизимлари қўлланилади.

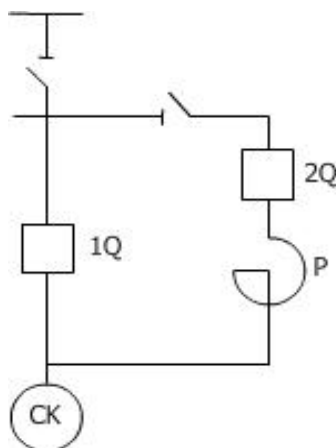
Ҳаво билан совитиладиган қуввати катта бўлмаган компенсаторлар учун компенсаторнинг ротори билан уланган ўзгармас ток генераторидан электр машинали уйғотиш схемаси сифатида фойдаланилади. Бу схеманинг юқорида кўриб ўтилган генераторларни мустақил электр машинали уйғотиш схемасидан фарқи шундаки, бунда роторнинг айниқса, кичик тоқларида керак бўладиган, аосий уйғоткич ишининг турғунлигини таъминлаш учун деярли ҳамма вақт ўрнатиладиган ёрдамчи уйғоткич мавжудлигидир.

Водород билан совитиладиган энг йирик компенсаторларда уйғотиш, иссиқлик электр станциялари резервидаги уйғоткичга ўхшаш, махсус уйғотувчи агрегат воситасида амалга оширилади. КСВ компенсаторининг чўлғамига ток келишини таъминлаётган контакт ҳалқалар билан чўткалар корпуснинг махсус бўлагида жойлашади ва водород муҳитида ишлайди.

Электр машинали уйғотишда АРВ сифатида кучланишнинг электромагнит корректорли компаундлаш қурилмаси қўлланилади. Компенсаторларда, шунингдек, уйғотишнинг жадал реле қурилмаси ўрнатилади.

Ҳозирги пайтда, эксплуатацияда ионли ярим ўтказгичли ўз–ўзини уйғотувчи катта қувватдаги компенсаторлар мавжуд. Юқорида айтиб ўтилганидек, бу уйғотиш тизими жуда тез таъсир этувчи ва параллел ишловчи энергетик тизимларнинг турғунлигини ошириш учун жуда самарали ҳисобланади.

Кпенсаторларнинг уйғотиш магнит майдонини сўндириш синхрон генераторлардаги сингари амалга оширилади.



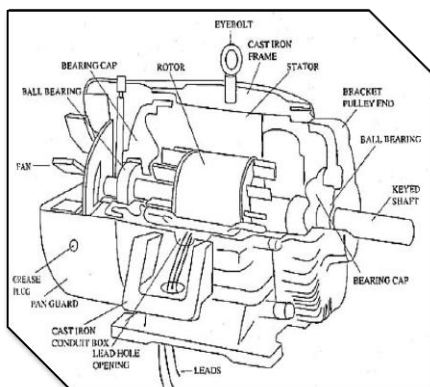
3.2–расм. СКни ишга тушириш схемаси

## **2.2. Синхрон генераторларни ишга тушириш.**

Синхрон компенсаторлар асосан реакторли ишга туширилади. Синхрон компенсатор тармоққа реактор орқали  $2Q$  орқали уланади. Бунда синхрон компенсатор чиқишларидаги кучланиш  $U_{ном}$  дан 45–50% камаяди, ишга тушириш токи  $2-2,8 J_H$  дан ошмайди. Синхрон компенсаторнинг айланишини роторнинг кутб учликларига жойлашган, махсус ишга тушириш чўлғами ҳисобига кўпайувчи асинхрон моментни таъминлайди. Катта кувватли синхрон компенсаторлардаги йирик кутблар етарли даражада катта асинхрон момент ҳосил бўлишини таъминлайди. Шунинг учун махсус ишга туширувчи чўлғам зарур бўлмайди. Айланишга компенсаторнинг айланишлар частотаси синхрон компенсаторларникига яқинлашганда уйғотиш берилади ва компенсатор синхронизмга тортилади. АРВ ишга тушиб, статорнинг минимал токи ўрнатилади, сўнгра  $1Q$  уланиб, реактор шунтланади, компенсатор тармоққа уланади. (3.2–расм.)

### **НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:**

- *Электр станцияси тушунчасини таърифланг.*
- *Электр станциясини жойлашувида хом ашё омили.*
- *Номинал кучланиш нима?*
- *Электр қурилмаларининг тоифасини изоҳланг?*
- *Электр энергиясини ишлаб чиқаришдаги асосий муаммоларни кўрсатинг?*
- *Нормал режим деганда нимани тўшунасиз?*



## Маъруза-3. (2-соат).

### • ГЕНЕРАТОРЛАРНИНГ МАЙДОНИНИ АВТОМАТИК СЎНДИРИШ.

РЕЖА:

- 3.1. Синхрон генераторларнинг майдонини сўндириш усуллари.
- 3.2. Майдонни сўндирувчи автоматларга генераторнинг қўйиладиган шартлари, талаблари ва унинг параметрлари.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Генераторларнинг майдонини автоматик сўндириш, усуллари, қўйиладиган шартлари, талаблари ва унинг параметрлари.

#### **3.1. Синхрон генераторларнинг майдонини сўндириш усуллари.**

Майдонни сўндириш деб генераторнинг уйғотиш магнит оқиминий нолга яқин бўлган катталиккача тез сўндиришдан иборат бўлган жараёнга айтилади. Бунда генераторнинг ЭЮК мос ҳолда камаяди.

Магнит майдонини сўндириш генераторнинг ўзи ичидаги бузилишидан ёки ундан чиққан симлардан келиб чиқадиган авария режимларида муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Генераторнинг ичидаги қисқа туташув, одатда, электр ёйи орқали содир бўлади—худди шу ҳолат статорнинг чўлғамлари ва актив пўлатининг анча шикастланишига олиб келади. Эҳтимолдан ҳоли эмаски, ички шикастланишдаги ток  $I_k$  генератордан чиққан симларнинг қисқа туташувидаги токдан катта бўлади. Бундай ҳолда авариянинг ёйилишини чеклаш ва статор чўлғами билан пўлатининг куйиб кетишининг олдини олиш учун генераторнинг майдонини тез сўндириш зарур бўлади.

Шундай қилиб, генераторларнинг ичида қисқа туташув содир бўлса, уларни ташки тармоқдан узибгина қолмай, балки уйғотишнинг мўғнит майдонини тез сўндириш керак бўлади, бу генераторнинг ЭЮК камайишига ва ёйнинг сўнишига олиб келади.

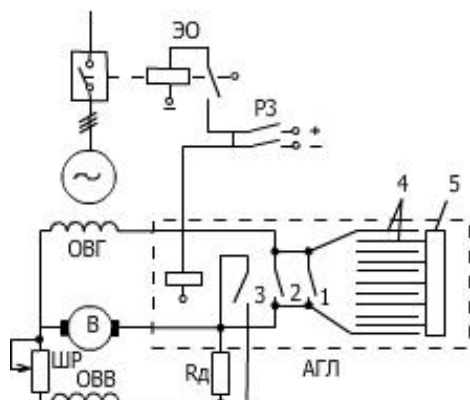
Майдонни сўндириш учун генераторнинг ротор чўлғамини уйғотгичдан узиш керак. Бироқ бунда ротор чўлғамининг катта индуктивлиги туфайли унинг қисқичларида, изоляцияни тешиши мумкин бўлган катта ўта кучланиш ҳосил бўлиши мумкин. Шунинг учун майдонни шундай сўндириш керакки, уйғотгични манбадан узиш билан бир вақтда



генератор қисқичларидаги ўта кучланиш белгиланган катталикдан ошмасдан туриб, унинг ротор чўлғамидаги магнит майдони энергиясининг тез сўндирилишига эришиш керак. Ҳозир генераторнинг қувватига ва унинг уйғотиш тизимининг хусусиятига қараб, магнит майдонини сўндиришнинг уч усулидан фойдаланилади: сўндирувчи (актив) қаршиликка ротор чўлғамини туташтириш; ротор чўлғамининг занжирига тез ишловчи автоматнинг ёй сўндирувчи панжарасини улаш; уйғотгични тескари қилиб улаш.

Биринчи икки усулда махсус коммутация жихозлари ёрдамида уйғотиш занжирларида тегишли қайта улашларни амалга ошириш кўзда тутилади ва уларни *майдонни сўндирувчи автоматлар* (АГП) деб юритилади.

Генератор роторининг чўлғамини махсус қаршиликка улаганда магнит майдонини сўндириш жараёни жуда чўзилиб кетади, шунинг учун ҳозир генераторнинг магнит майдонини ёй сўндиргичли панжараси бўлган АГП ёрдамида анча таъсирли сўндириш усули энг кўп қўлланилмоқда (5.1–расм).



5.1–расм. Ёй сўндирувчи панжарали автомат билан генератор майдонни сўндиришдаги электр занжирларининг схемаси

Генераторда қисқа туташув бўлганда ҳимоя релеси РЗ ишга тушади ва ўзининг контактлари билан ўчиргичнинг узувчи электромагнит ЭО га таъсир этиб, генераторни ташқи тармоқдан узади, ҳамда АГП ни узишга импульс беради.

Автоматнинг иш контактлари 2 ва ёй сўндирувчи контактлари 1 бор бўлиб, улар генератор нормал ишлаб турганда берк туради. АГПнинг контактлари 3 автомат ўчганда уйғотгичнинг уйғотиш занжирига қўшимча қаршилик  $R_d$  ни улайди, натижада уйғотгичнинг уйғотиш токи камаяди. АГП оралиғи 1,5–3 мм ли мис пластинкалари 4 дан ясалган панжара билан таъминланган.

Автомат ўчганда аввал иш контактлари узилади, бунда уларда ҳосил бўладиган ёй магнитли пуфлаш ёрдамида ёй сўндирувчи панжарага тортилади ва қатор кетма–кет қисқа ёйларга бўлинади.

Қисқа ёй ночизиқли актив қаршилик ҳисобланади, ундаги кучланишнинг камайиши, ёйдаги ток катталигининг кенг чегарада ўзгаришига қарамай, амалда 25–30 В га тенг бўлган доимий катталикда сақланади.

Ёйдаги кучланишнинг умумий пасайиши қуйидагига тенг:

$$U_{\text{ей}} = nU_{\text{к}} \quad (5-1)$$

бунда  $U_{\text{к}}$ –қисқа ёйдаги кучланиш;  $n$ –панжарада кетма–кет келувчи ёй оралиғи сони.

Шундай қилиб, ёйнинг автомат панжарасига кириш пайтида ундаги кучланиш дарҳол  $U_{\text{ей}}$  катталиккача ошади ва ёй сўнгунча ўзгармай туради.

Панжарадаги пластинкалар сони шундай танланадики, бунда  $U_{\text{ей}}$  уйғотгичнинг энг катта кучланиши  $U_{\text{ф,ист}}$  дан катта бўлиши керак. Бунда ёй генераторнинг уйғониш чўлғамидаги магнит майдонининг захира энергияси тугагунча ўчмай туради.

Агар ротор чўлғамининг актив қаршилигидаги кучланиш камайишини ҳисобга олинмаса (йирик синхрон генераторлар учун йўл қўйиш мумкин), ўтиш жараёнининг тенгламаси қуйидаги кўринишни олади:

$$L \frac{di_f}{dt} + U_{\text{ей}} = U_f \quad (5-2)$$

Ток  $i_f$  нинг ўзгаришида уйғотиш чўлғами ўзиндукциясининг электр юритувчи кучи  $Li_f / dt$  га тенг.  $U$  ротор чўлғамидаги потенциаллар айирмасини аниқлайди. Токнинг ўзгариш тезлиги  $di_f / dt$  қанча катта бўлса, ўзиндукциянинг ЭЮК шунча катта бўлади. Ротор чўлғами изоляциясининг электр мустаҳкамлик шартига асосан бу ЭЮК  $U_m$  дан катта бўлганлиги керак. Сўндириш жараёнида  $U_{\text{ей}}$  амалда ўзгармас катталikka эга бўлганлиги

учун тенглама (5-3) майдоннинг сўниши максимал тезликда бўлган шароитда ўтиш жараёнининг бошидан охиригача қуйидаги кўринишда бўлади:

$$U_m + U_{\text{эи}} = U_f \quad (5-3)$$

Шуни назарда тутиш керакки, майдонни сўндириш даври давомида  $U_f$  амалда ўзгармайди.

5.1–жадвал

АГП нинг техник маълумотлари

Параметрлар	АГП–12	АГП–30	АГП–60
Номинал кучланиши, В	500	500	500
Номинал токи, А	1200	3000	6000
Габаритлари, мм:			
баландлиги	730	940	1063
эни	420	630	820
чуқурлиги	254	313	405
Массаси, кг	50	150	280

5.1–жадвалда йирик синхрон машиналар учун АГП ларнинг асосий параметрлари келтирилган .

Уйғоткични қарама–қарши улаш билан майдонни сўндириш, одатда, тиристорли уйғотиш генераторлари учун қўлланилади. Бунда вентиляр инвентор режимига ўтказилади. Улардаги кучланиш ўз йўналишини ўзгартиради, бу эса ротор чўлғамидаги токнинг нолгача тез камайишига олиб келади.

### **3.2. Майдонни сўндирувчи автоматларга генераторнинг қўйиладиган шартлари, талаблари ва унинг параметрлари.**

**МУАММО:** Қандай ҳолатларда генераторни магнит майдонини тезда сўндириш зарур ва бу қандай амалга оширилиши мумкин?  
Муаммо ечимини маърузани диққат билан уқиб чиқиб топасиз.

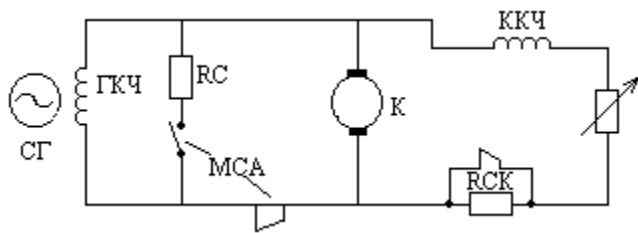
Магнит майдонини сўндириш айниқса генераторнинг ичида шикастланишлар юз бергандаги авария ҳолатларида катта аҳамиятга

эга. Генераторларнинг ичидаги қисқа туташувлар одатда электр ёйи орқали юз беради. Шу сабабдан бундай ҳолларда статор чулғами ва актив пўлат кўп шикастланади. Бу **қ.Т.** тоқлари генератор чиқишларидаги юз берадиган **қ.Т.** тоқларига қараганда анча катта бўлади. Бу ҳолатларда генераторнинг магнит майдонини сўндириш авария кўламини камайитириш ва статор чулғами ҳамда пўлатни куйиб кетишдан сақаш учун зарурдир.

Майдонни сўндириш учун генераторнинг ротор чулғамини уйғоткичдан узиш керак. Бироқ бунда ротор чулғамини катта индуктивликка эга бўлганлиги сабабли унинг чиқишларида изоляцияни тешилишига олиб келувчи кучланганлик ҳосил бўлиши мумкин. Шунинг учун майдонни шундай сўндириш керакки, натижада уйғоткични узиш билан бир пайтда генератор ротор чулғамининг магнит майдонини тез сўндиришга эришиш зарур. Бунда чиқишлардаги кучланганлик руҳсат этилган қийматлардан ортиб кетмаслиги керак.

Ҳозирги пайтда генераторнинг қуввати ва унинг уйғотиш системасининг хусусиятига қараб магнит майдонини сўндиришнинг 3-та усулидан фойдаланилади:

1. Ротор чулғамини сўндирувчи (актив) қаршилиқка улаш.
2. Ротор чулғами занжирига тез ишловчи автоматнинг ёй сўндирувчи панжарасини улаш.
3. Уйғоткични тескари улаш.

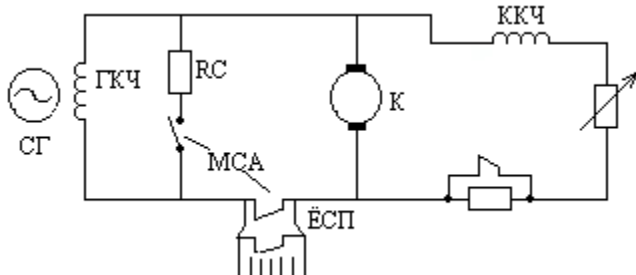


14-расм. Ротор чулғамини сўндирувчи (актив) қаршиликка улаб магнит майдонни сўндириш.

Биринчи 2 та усулда уйғотиш занжиридаги зарурий коммутацияларни майдонни сўндириш автомати (МСА ёки АГП) деб аталадиган махсус

коммутацион аппарати бажаради.

Генераторнинг ротор чулғамини сўндирувчи қаршиликка улашда магнит майдонини сўндириш жараёни чўзилиб кетади. Шунинг учун ҳозирги пайтда майдонни тезроқ сўнишига олиб келувчи ёй сўндирувчи панжар орқали сўндириш кенг тарқалган.



15-расм. Ротор чулғами занжирига тез ишловчи автоматнинг ёй сўндирувчи панжарасини улаб магнит майдонни сўндириш.

Генераторда қ.Т. содир бўлганда реле химояси уни тармоқдан узади ва МСА-га импульс беради. Биринчи МСА-нинг бош контактлари узилади, кўзғатиш занжирига қаршилик

уланади. Сўнг МСА-нинг ёй сўндирувчи контактлари узилиб, ҳосил бўлган ёй панжара орқали ўтади ва бир қанча ёйчаларга бўлиниб кетиб, тезда сўнади (сўниш вақти 0,5-1 секунди ташкил этади). Ёй сўндирувчи панжара ораси 1,5-3 мм масофага эга бўлган мис пластинкалардан йиғилади. Пластинкалар сони ёйдаги кучланиш тушувининг қийматига қараб танланади. Бунда ёйдаги кучланиш тушуви- $U_d$  уйғотиш кучланишининг энг катта қиймати  $U_F$ -дан катта бўлиши керак.

Магнит майдонини уйғотгични тескари улаш билан сўндириш усули асосан тиристорли уйғотиш системали генераторларда қўлланилади. Бунда майдонни сўндириш аппарати узилгач, унинг уйғотиш чулғамидаги тўғрилагичларни тескари улаб, майдон сўндирилади. Агар бунда ёй сўнмай қолса занжирдаги ёй сўндирувчи қаршиликка улаш орқали сўндирилади. Бу усулда майдонни сўндириш вақти жуда оз, лекин уйғотиш чулғамидаги кучланганлик ортиб кетмаслиги учун бу вақт аввалги усулдагига тенг қилиб олинади.

**НАЗОРAT  
САВОЛЛАРИ:**

- *Электр станцияси тушунчасини таърифланг.*
- *Электр станциясини жойлашувидан хом ашё омили.*
- *Номинал кучланиш нима?*
- *Электр қурилмаларининг тоифасини изоҳланг?*
- *Электр энергиясини ишлаб чиқаришдаги асосий муаммоларни кўрсатинг?*
- *Нормал режим деганда нимани тўшунасиз?*

## II -БЎЛИМ. КУЧ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ ВА АВТОТРАНСФОРМАТОРЛАРИ



### Маъруза-4. (2соат).

#### • КУЧ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ ВА АВТОТРАНСФОРМАТОРЛАР.

РЕЖА:

- 4.1. Куч трансформаторларини тузилиши.
- 4.2. Трансформаторларнинг турлари ва уларнинг параметрлари, совитиш системаси.
- 4.3. Трансформаторлар чўлғамларининг уланиш схемалари ва гурухлари.
- 4.4. Трансформаторларни ва автотрансформаторларни параллел ишлаш шартлари ва унинг курсатмарлари.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Трансформаторларнинг турлари, параметрлари, трансформациялаш коэффициенти, чўлғамларининг уланиш схемалари ва гурухлари, асосий катталиклари.

#### **4.1. Куч трансформаторлари тузилиши.**

Юқори кучланишдаги катта қувватли трансформатор мураккаб қурилма бўлиб, кўп сонли конструктив элементлардан ташкил топади, улардан асосийлари қуйидагилар: магнит тизими (магнит ўтказгич), чўлғамлар, изоляция, чиққичлар, бак, совитиш қурилмаси, кучланишни ростлаш механизми, химоялаш ва ўлчаш қурилмалари ҳамда аравачалар.

*Магнит тизимида* трансформаторнинг асосий магнит оқими ўтади («магнит ўтказгич» номи шундан келиб чиққан). Магнит ўтказгич трансформаторнинг конструктив ва механик асоси ҳисобланади. Магнит ўтказгич бир–биридан изоляцияланган электротехник пўлатдан тайёрланган алоҳида–алоҳида листлардан йиғилади. Электротехник пўлатнинг сифати магнит индукциясининг рухсат қилинган катталигига ва магнит ўтказгичдаги исрофларга таъсир этади.

Кўп йиллар давомида листнинг қалинлиги 0,5–0,35 мм ли, рухсат этилган индукцияси 1,4–1,45 Тл, солиштирма қувват исрофи 2,5–3,5 Вт/кг бўлган қиздириб прокатланган ЭЧ1, ЭЧ2 пўлати ишлатиб келинди. Ҳозир рухсат этилган индукцияси 1,7 Тл гача, солиштирма қувват исрофи 0,9–1,1 Вт/кг бўлган, совуқлайин прокатланган текстуралли, яъни донлари муайян тартибда жойлашган Э330, Э330 А пўлати ишлатилади. Бундай пўлатдан фойдаланиш катта магнит индукциясига йўл қўйиш ҳисобига магнит

ўтказгич кесимини анча камайтириш, чўлғам ўраи диаметрини камайтириш, трансформаторларнинг массаси ва ўлчамларини камайтириш имкониятини беради.

Пўлатдаги солиштирма қувват исрофни камайтириш, магнит ўтказгични пухта йиғиш, шпилькасиз конструкциялардан фойдаланиш, ўзакларни ярмо билан қийшиқ шихтовка ёрдамида бириктириш трансформаторнинг салт ишлашидаги қувват исрофини ва магнитлаш токини камайтиришга имкон беради. Ҳозирги катта қувватли трансформаторларда магнитланиш токи  $0,5-0,6\% I_{ном}$  ни ташкил қилади, қиздириб прокатланган пўлатдан тайёрланган трансформаторларда эса бу катталиқ 3% га етар эди, салт ишлашдаги қувват исрофи тахминан икки марта камайди.

Трансформаторнинг пўлат листлари бир-биридан пухта изоляцияланган бўлиши керак. Даставвал қоғозли изоляция қўлланилар эди. Листларнинг бир томонига юпка махсус қоғоз ёпиштирилар эди. Қоғоз листларни бир-биридан электрик жихатдан тўлиқ изоляциялайди, аммо йиғишда осон йиртилади ва магнит ўтказгичнинг ўлчамларини катталаштиради. Ҳозир 0,01 мм қалинликда лок суркаб листларни изоляциялаш кенг қўлланилмоқда. Лок пардаси листлар орасида етарли даражада ишончли изоляция ҳосил қилади, магнит ўтказгичнинг яхши совишини таъминлайди, қизишга чидамлилиги юқори ва йиғиш пайтида бузилмайди. Кейинги пайтда металлургия заводларида прокатлашдан сўнг пўлат тахталарнинг икки юзасига иссиққа чидамли қоплама суркаш яна ҳам кенгрок қўлланилмоқда, қоплама қалинлиги 0,01 мм дан кам бўлиб, магнит тизимнинг хоссасини яхшилайди.

Магнит ўтказгич ва унинг конструктив деталлари трансформатор асосини ташкил этади. Асосга чўлғам ўрнатилади ва чўлғам билан кириш симлари ўтказгичлар ёрдамида уланиб, асосга маҳкамланади ва бу билан трансформаторнинг актив қисми ҳосил қилинади.

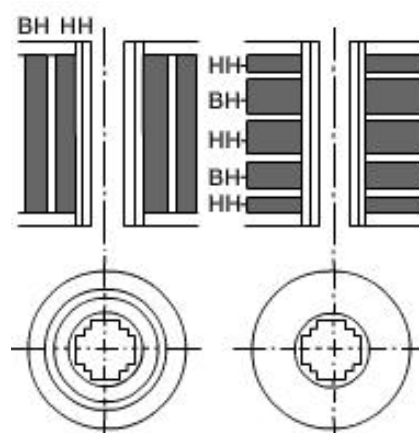
*Трансформаторларнинг чўлғамлари* а-концентрик ёки навбатма-навбат келувчи бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда НН ва ВН чўлғамлари цилиндрлар кўринишида тайёрланиб, стерженда бир-бирига нисбатан концентрик жойлаштирилади (7.1-расм, а). Кўпчилик куч трансформаторларида чўлғамни шундай тайёрлаш қабул қилинган. Иккинчи ҳолда ВН ва НН чўлғамлари бир хил диаметрли қисқа цилиндрлар кўринишида тайёрланиб, стерженда бири устига иккинчиси жойлаштирилади (7.1-расм, б). Бундай чўлғамда кавшарлаш ишлари ниҳоятда кўп, ихчам эмас ва махсус электр печи трансформаторлари ёки куруқ трансформаторлар учун қўлланилади, чунки чўлғамларнинг совиш шароитини яхшилайди.

Трансформаторнинг *изоляцияси* унинг энг муҳим қисмидир, чунки трансформаторнинг ишончли ишлаши асосан унинг изоляциясининг ишончилигига боғлиқ.

Мойли трансформаторларда асосий изоляция бўлиб, каттик диэлектриклар: қоғоз, электр картон, гетинакс ва бошқалар билан биргаликда ишлатиладиган мой ҳисобланади.

Трансформатор бакига мойнинг оксидланиш маҳсулотларини ютувчи силикагель ёки бошқа модда билан тўлдирилган термосифон филтър маҳкамланади. Мой филтър орқали циркуляцияланганида узлуксиз тозаланиб туради.

Трансформаторнинг ишини назорат қилиб туриш учун назорат-ўлчаш ва химоя қурилмалари кўзда тутилади. Назорат қурилмаларига мой кўрсаткич ва термометр киради. Мой кўрсаткич кенгайтиргичга, термометр бакнинг қопқоғига ўрнатилади. Ҳимоя қурилмаларига мой сатҳининг пасайиш релеси ва газ релеси киради. 330–750 кВ ли



7.1-расм. Трансформатор чўлғамлари:

а-концентрик; б-алмашинадиган

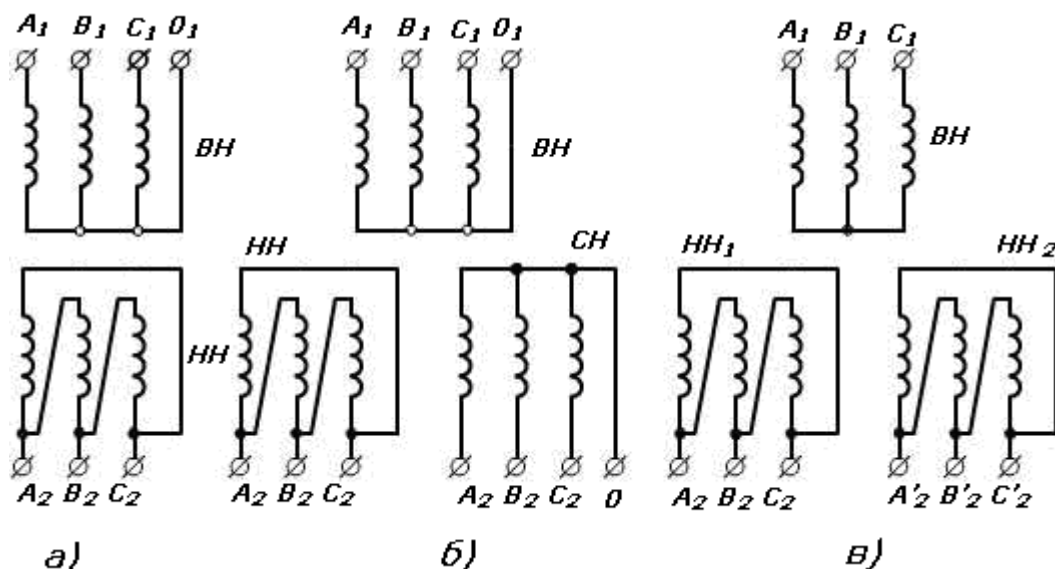
қувватли трансформаторларда қўшимча равишда кириш жойлари изоляциясини назорат қилувчи қурилма (КИВ) ва юқори кучланишли герметик кириш жойларидаги мой босимини ўлчовчи манометрлар қўлланилади.

#### 4.2. Трансформаторларнинг турлари ва уларнинг параметрлари.Совитиш системиси.

Электр станция ва подстанцияларига ўрнатилган куч трансформаторлари электр энергияни бир кучланишдан иккинчисига айлантириш учун хизмат қилади. Уч фазали трансформаторлар энг кўп тарқалган, чунки уларда жами қуввати худди шунча бўлган учта бир фазали трансформаторларга қараганда исрофлар 12–15%, актив материаллар сарфи билан қиймати 20–25% кам.

Трансформаторсозликдаги тараққиёт 220 ва 500 кВ кучланишли, қуввати 630 МВА гача, 330 кВ кучланишли, қуввати 1000 МВА ли уч фазали трансформаторларни ва 500/110 кВли, бирлик қуввати 250 кВА ли автотрансформаторларни ишлаб чиқариш имкониятини берди. Трансформаторларнинг чегара бирлик қуввати уни транспортировка қилиш шароитлари, массаси ва ўлчамлари билан чекланади.

Бир фазали трансформаторлар, одатда, етарли қувватга эга бўлган уч фазали трансформатор тайёрлаш мумкин бўлмаган ёки транспортировка қилиш анча қийин бўлган ҳоллардагина қўлланилади.



6.1–расм. Трансформаторларнинг принципиал схемалари:

а–икки чўлғамли; б–уч чўлғамли; в–паст кучланишли ажратилган чўлғамли.

Бир фазали трансформаторлар гуруҳларининг энг катта қуввати 500 кВ кучланишда 1600 МВ А; 750 кВ кучланишда 1250 МВ А га тенг.

Ҳар бир фазадаги турли кучланишдаги чўлғамлар сонига қараб трансформаторлар икки чўлғамли ва уч чўлғамлигига бўлинади (6.1–расм, а, б). Бундан ташқари, айнан бир хил кучланишдаги чўлғамлар, одатда, пасайтирувчи чўлғамли бир–биридан ва ерга туташтирилган қисмлардан изоляция қилинган икки ва ундан ортиқ параллел тармоқлардан ташкил топади. Бундай трансформаторлар ажратилган чўлғамли трансформаторлар деб аталади (6.1–расм, в). Юқори, ўртача ва паст кучланишли чўлғамларни қисқача ВН (высшее напряжение), СН (среднее напряжение) ва НН (низшее напряжение) деб белгилаш қабул қилинган.

Трансформаторнинг номинал қуввати, кучланиши, токи, қисқа туташув кучланиши, салт ишлаш токи, салт ишлаш билан қисқа туташувдаги исрофлар трансформаторнинг асосий параметрлари ҳисобланади.

Трансформаторнинг номинал қуввати деб завод паспортида кўрсатилган тўла қувватининг қийматига айтилиб, номинал частота ва кучланишда, ўрнатиш жойи ва

*совитиш муҳити номинал бўлган шароитларда трансформаторни шу қувват билан узлуксиз юкланмолиши мумкин бўлади.*

Умумий мақсадлар учун мўлжалланган, очик ҳавода ўрнатилган ва пуфламасдан ёки пуфлаб табиий равишда мой билан совитилувчи трансформаторлар учун номинал совитиш шароитлари сифатида ташқи ҳавонинг табиий равишда ўзгарувчи ҳарорати (ўртача суткалик ўзгариши кўпи билан 30° С, ўртача йиллик ўзгариши кўпи билан 20°С), мой–сув билан совитиладиган трансформаторлар учун эса совитгичга кираётган сувнинг ҳарорати (кўпи билан 25°С) қабул қилинади .

Икки чўлғамли трансформаторларнинг номинал қуввати–унинг ҳар бир чўлғамининг қувватдан иборат. Уч чўлғамли трансформаторлар чўлғамларининг қуввати бир–бирига тенг ёки ҳар хил қилиб тайёрланади. Қувватлари ҳар хил бўлганда ҳар бир алоҳида чўлғам ичида энг катта номинал қувватга эга бўлган чўлғамнинг қуввати трансформаторнинг номинал қуввати деб қабул қилинади.

Автотрансформаторнинг номинал қуввати сифатида ўзаро автотрансформаторли боғланишга эга бўлган томонлардан бирининг номинал қуввати (ўтувчи қувват–«проходная мощность») қабул қилинади.

Трансформаторлар очик ҳавода ўрнатилишдан ташқари, табиий шамоллатиладиган, ёпиқ, иситилмайдиган биноларга ҳам ўрнатилади. Бу ҳолда ҳам трансформаторлар номинал қувват билан узлуксиз юкланиши мумкин, аммо бундай шароитда трансформаторнинг хизмат қилиш муддати совитиш шароитлари ёмонлиги туфайли анча камаяди.

*Чўлғамларнинг номинал кучланишлари –трансформаторнинг салт ишлашида бирламчи ва иккиламчи чўлғамларининг кучланишларидир.* Уч фазали трансформатор учун –бу унинг линия (фазалар орасидаги) кучланишидир. Бир фазали трансформатор агар юлдуз схемасида бириктирилиб, уч фазали гуруҳга улашга мўлжалланган бўлса, бу кучланиш  $U/\sqrt{3}$  га тенг бўлади. Трансформаторнинг трансформация коэффициенти  $n$  юқори ва паст кучланиш чўлғамларининг номинал кучланишлар нисбатидан иборат бўлади:

$$n = \frac{U_{\text{ном.ВН}}}{U_{\text{ном.НН}}}$$

Уч чўлғамли трансформаторларда чўлғамларнинг ҳар қайси жуфти учун трансформация коэффициенти аниқланади: ВН ва НН; ВН ва СН; СН ва НН.

*Трансформаторларнинг номинал тоқлари деб, чўлғамларнинг завод паспортида кўрсатилган тоқларининг қийматига айтилиб, трансформатор–нинг ана шу тоқларда узоқ вақт нормал ишлашига йўл қўйилади.*

Трансформаторнинг исталган бир чўлғамининг номинал тоқи унинг номинал қуввати билан номинал кучланишидан аниқланади.

*Қисқа туташув кучланиши  $U_k$  –шундай кучланиши, трансформаторнинг чўлғамларидан бирига шу кучланиш берилганда бошқа чўлғамга қисқа туташган бўлса, ундан ўтаётган ток номинал миқдорига тенг бўлади.*

*Салт юриш тоқи  $i_x$  пўлатдаги актив ва реактив исрофларни тавсифлайди ва пўлатнинг магнит хоссасига, магнит ўтказгичнинг конструкцияси ва уни йиғиш сифатида ҳамда магнит индукциясига боғлиқ бўлади. Салт юриш тоқининг катталиги трансформатор номинал тоқига нисбатан фоиз ҳисобида ифодаланади.*

*Салт ишлашдаги  $\Delta P_x$  ва қисқа туташушдаги  $\Delta P_k$  исрофлар трансформаторнинг тежамли ишлашини билдиради. Салт ишлашдаги исрофлар пўлатнинг қайта магнитланиши ҳамда уярма тоқларни ҳосил бўлишидан келиб чиқадиган исрофлар йиғиндисидан иборат.*

Трансформаторларнинг ҳозирги конструкцияларида исрофлар анча, камайтирилган. Масалан, 250000 кВА,  $U=110$  кВ ли ( $\Delta P_x=200$  кВт,  $\Delta P_k=790$  кВт), йил давомида ишлайдиган  $T_{\text{max}}=6300$  соат) трансформатордаги электр энергиянинг исрофи



ундан ўтган электр энергиясининг 0,43% ини ташкил этади. Трансформатор қуввати қанча кичик бўлса, ундаги нисбий исроф шунча катта бўлади.

### ***Трансформаторларнинг совитиш системаси.***

Трансформаторларнинг ишлаш жараёнида элементлари қизийди ва натижада исрофлар юзага келади. Шунинг учун бу исрофларни камайтириш, трансформатор қувватини ошириш ва уларни узоқ вақт берилган характеристикалар билан ишлашларини таъминлаш учун совутиш системалари қўлланилади.

Совутиш муҳити сифатида ҳаво ва трансформатор мойидан фойдаланилади.

Трансформаторларнинг қуввати ва типига кўра совутиш системалари қуйидаги турларга бўлинади.

1. Ҳаволи (қурук) совутиш («С»). 1600 кВА гача қувватли трансформаторларда.
2. Табиий мойли совутиш («М»). 16000 кВА гача.
3. Мойни табиий айланишили пуфлашли совутиш («Д»). 63000 кВА гача.
4. Мойни ҳаволи совутгичлар орқали мажбурий айлантиришли пуфлашли совутиш («ДЦ»). 63000 ва ундан юқори.
5. Мойни сув билан совутиладиган совутгичлар орқали мажбурий айлантиришли мойли сувли совутиш («Ц»), 80000 ва ундан юқори.

**ДЦ** совутиш системаларидан фойдаланилади.

Трансформаторларни *ҳаво билан табиий совитиш* ҳавонинг табиий конвекцияси ва қисман ҳавога нур чиқариш йўли билан бажарилади. Бундай трансформаторлар «қурук» номини олган. Ҳаво билан табиий совитиш шартли равишда қуйидагича белгиланади: очик тайёрланганида С, ҳимояли тайёрланганида СЗ; герметик тайёрланганида СГ.

«Қурук» трансформатор чўлғами ҳароратининг совитувчи муҳит ҳароратидан йўл қўйиладиган ошиш чегараси изоляциянинг қизишга чидамлилиги синфига боғлиқ ва ГОСТ 11677–75 га мувофиқ А синфи учун 60° С; Е синфи учун 75° С; В синфи учун 80° С; С синфи учун 100° С; Н синфи учун 125° С дан кўп бўлмаслиги керак.

Совитишнинг бу тизими кам самарали бўлганлиги сабабли кучланиши 15 кВ гача, қуввати 1600 кВА гача бўлган трансформаторлар учун қўлланилади.

*Мой билан табиий совитиш* (М) 16000 кВА ва ундан кам қувватли трансформаторлар учун қўлланилади. Бундай трансформаторларда чўлғам ва магнит ўтказгичда ажралган иссиқлик улар атрофидаги мойга берилади, бу мой бак ва радиатор трубаларида айланиб, уни атрофдаги ҳавога беради. Трансформатор юкламаси номинал бўлганда мойнинг ҳарорати юқориги энг қизиган қатламларида ±95° С дан ошмаслиги керак (ПТЭ 35.13–§).

Атрофга иссиқликни яхши тарқатиш учун трансформаторлар баки, қувватга қараб, қовурғалар, совитиш трубалари ёки радиаторлари билан жиҳозланади.

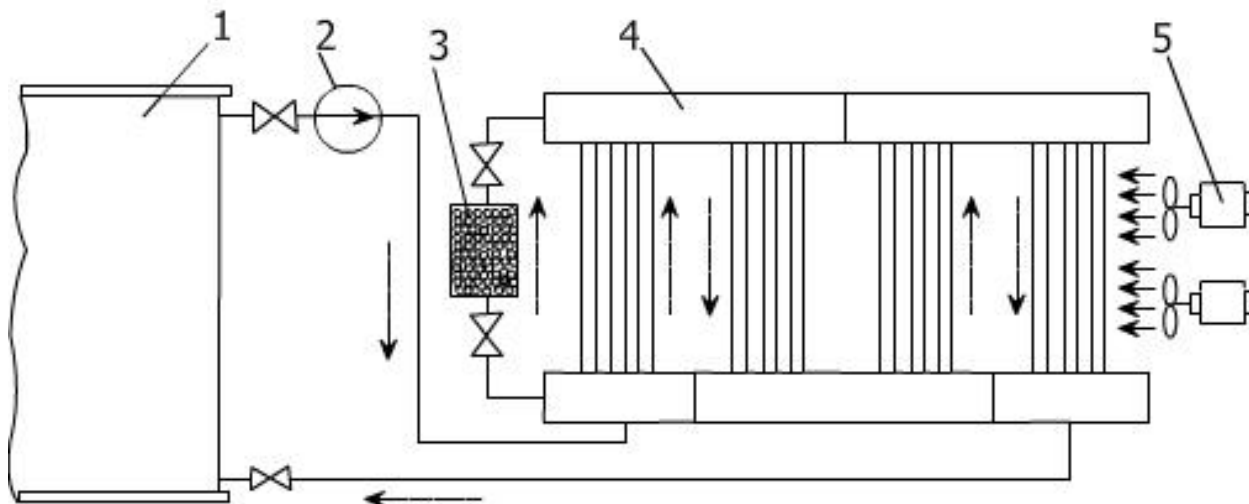
*Мойни пуфлаш ва табиий циркуляциялаш йўли билан совитиш* (Д) катта қувватли трансформаторларда қўлланилади. Бу ҳолда радиатор трубаларидан ташкил топган осма совитгичларга вентилятор ўрнатилади (3.5–расм).

Вентилятор пастдан ҳавони сўради ва трубаларнинг юқориги қизиган қисмига ҳайдайди. Вентиляторларни ишга тушиши ва тўхташи трансформаторнинг юкламаси ва мойнинг қизиш ҳароратига қараб, автоматик амалга оширилиши мумкин. Шундай совутиладиган трансформаторлар, агар юклама қувватининг номинал қийматини 100% идан ошмаса, мойнинг юқориги қатламининг ҳарорати эса +55° С дан юқори бўлмаса, шунингдек, совутиладиган ҳаво ҳарорати минус бўлса ҳамда юкламадан қатъий назар мой ҳарорати +45° С дан юқори бўлмаса, пуфлаш тўлиқ тўхтатилган ҳолда ишлаши мумкин (ПТЭ 35.10). Номинал юкламада ишлаётганда мой юқориги қатламиниинг йўл қўйиладиган ҳароратининг максимал чегараси +95° С бўлади.

*Мойни пуфлаш ва мойни ҳаво совитгичлар орқали мажбурий циркуляциялаш йўли билан совитиш* (ДЦ) қуввати 63000 кВ·А ва ундан катта бўлган трансформаторлар учун қўлланилади.

Совитгичлар ташқарисига вентилятор ҳаво ҳайдайдиган қиррали юпка трубалар тизимидан ташкил топган. Мой трубаси ичига жойлаштирилган электр насослари мойнинг совитгичлар орқали узлуксиз мажбуран циркуляциясини ҳосил қилади (3.6–расм).

Мой катта тезликда циркуляцияланиши, совитиш юзалари катталашгани ва жадал пуфлаш ҳисобига совитгичлар иссиқликни кўп узатади ва ихчамдир. Совитишнинг бундай тизимига ўтиш трансформаторларнинг ўлчамларини анча камайтириш имкониятини беради.



3.6–расм. ДЦ тизими совиткичнинг принципаал схемаси:

1–трансформатор баки; 2–электр насоси; 3–адсорб филтр; 4–совиткич; 5–пуфлаш вентиляторлари.

Совитгичлар трансформаторлар билан бир пойдеворга ёки трансформаторнинг баки ёнидаги алоҳида пойдеворга ўрнатилиши мумкин.

ДЦ совитиш тизимли трансформаторларда мойнинг максимал йўл қўйилган ҳарорати  $+75^{\circ}\text{C}$ .

Мой мажбуран циркуляцияланадиган мой–сувли совутиш (Ц) принципаал жиҳатдан ДЦ тизимига ўхшаш тузилган фақат фарқи шундаки, ундаги совитгичлар трубалардан иборат бўлиб улар ичида сув айланади, трубалар орасида эса мой юради.

Мой совитгичга кираётган мой ҳарорати  $+70^{\circ}\text{C}$  дан ошмаслиги лозим.

Трансформаторнинг мой тизимига сув тушишининг олдини олиш учун мой совитгичлардаги мой босими уларда айланувчи сув босимидан камида  $0,02\text{ МПа}$  ( $2\text{ Н/см}^2$ ) га ортиқ бўлиши керак. Совитишнинг бу тизими самарали, бироқ конструкцияси жиҳатидан анча мураккаб бўлиб, гидростанция ва ёпиқ хоналарга ўрнатиладиган ( $100\text{ МВ}\cdot\text{А}$  ва ундан юқори) қувватли трансформаторларда ишлатилади.

ДЦ ва Ц совитиш тизимли трансформаторларда мойни мажбуран циркуляциялаш қурилмаси трансформатор ишга тушиши билан бир вақтда автоматик уланиши ва трансформаторнинг юкласидан қатъий назар узлуксиз ишлаши керак. Шу билан бирга, ишга тушириладиган совитгичлар сони трансформаторнинг юкласига қараб аниқланади. Бундай трансформаторлар мойнинг ва совитувчи сувнинг циркуляцияланишини тўхтатиш, вентиляторни тўхтатиш кераклиги ҳақидаги сигнализацияга эга бўлиши керак.

Ҳар бир трансформатор куйида кўрсатилган тартибдаги шартли ҳарфий белгиларга эга:

- 1) фазалар сони (бир фазали учун–0, уч фазали учун–Т);
- 2) совитиш тури–юқорида келтирилган тушунтириш асосида;
- 3) турли кучланишли тармоқларда ишлайдиган чўлғамлар сони (агарда у иккитадан ортиқ бўлса); уч чўлғамли трансформаторлар учун Т, ажратилган чўлғамли трансформатор учун Р (фазалар сонидан кейин кўрсатилади).
- 4) чўлғамлардан бири РПН қурилмаси билан тайёрланган бўлса, қўшимча Н ҳарфи билан белгиланади;

5) автотрансформаторларни белгилаш учун биринчи ўринда А харфи қўшилади.

Ҳарфий белгидан кейин номинал қувват ва кучланиш синфи кўрсатилади. Бир хил параметрли, бир хил конструкцияли турли корхоналарда ишлаб чиқариладиган трансформаторлар учун, шу конструкциядаги трансформаторлар қайси йилдан бошлаб ишлаб чиқарилиши кўрсатилади.

Масалан: ТМН–10000/110–95–уч фазали, икки чўлғамли, мой билан табиий совитилувчи, РПН ли номинал қуввати 10000 кВ.А, 110 кВ синфли, 1995 йилда яратилган конструкцияли трансформатор

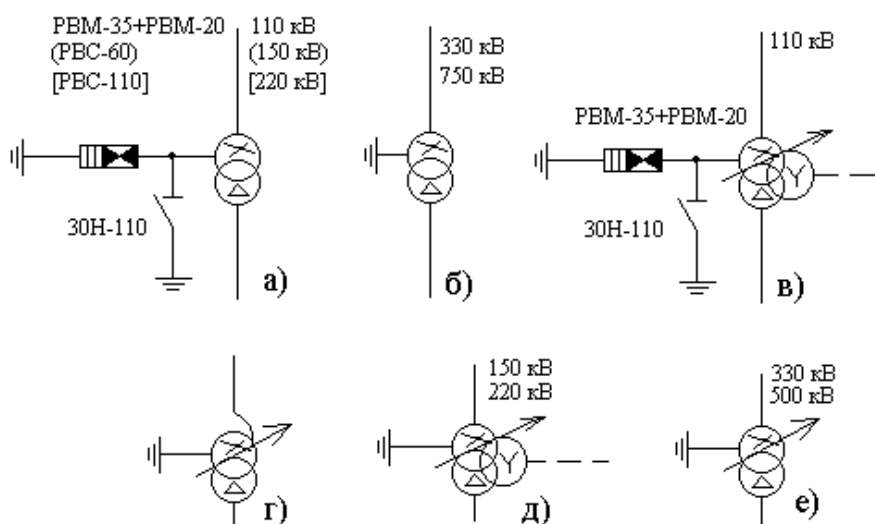
#### 4.3. Трансформаторлар чўлғамларининг уланиш схемалари ва гуруҳлари

*Трансформатор чулғамларининг уланиш схемалари ва гуруҳлари.* Трансформатор чулғамлари одатда қуйидаги уланиш схемаларига эга: юлдуз-Ҳ, нейтралли чиқарилган юлдуз-Ҳ, ва учбурчак-Δ.

Бирламчи ва иккиламчи чулғамлар ЭЮК-ларнинг фазалари фарқи шартли равишда уланиш гуруҳлари билан ифодаланади. Уч фазали трансформаторларда ҳар хил уланиш усулларини қўллаган ҳолда 12-та уланиш гуруҳини ҳосил қилиш мумкин. Чулғамлар юлдуз-юлдуз схемаси билан уланганда жуфт гуруҳлар (2, 4, 6, 8, 10, 12), юлдуз-учбурчак схемаси билан уланганда эса тоқ гуруҳлар (1, 3, 5, 7, 9, 11) ҳосил бўлади.

Уланиш гуруҳлари қуйидагича белгиланади:

Ҳ/Δ-11; Ҳ/Ҳ/Δ-0-11; Ҳ/Δ/Δ-11.



21-расм. Трансформатор ва автотрансформаторларни нейтралларини заминлаш усуллари: **а**-РПН-сиз 110-220 кВ-ли трансформаторларники; **б**- РПН-сиз 330-750 кВ-ли трансформаторларники; **в**-ичига РПН қурилган 110 кВ-ли трансформаторларда; **г**-автотрансформаторларда

**а**; **д**-РПН-ли 150-220 кВ-ли трансформаторларда; **е**-РПН-ли 330-500 кВ-ли трансформаторларда.

Юқори кучланиш чулғами юлдуз схемаси бўйича уланганда ички изоляцияни линия кучланишидан  $\sqrt{3}$  марта камроқ кучланишга тайёрлашга имкон беради. Паст кучланиш чулғами кўпинча учбурчак схемаси бўйича уланади. Бу нарса чулғамларни  $\frac{I}{\sqrt{3}}$  токка ҳисоблаб, уларнинг кўндаланг кесим юзасини камроқ олиш имконини беради.

#### 4.4. Трансформаторларни ва автотрансформаторларни параллел ишлаш шартлари ва кўрсатмалари

Икки ёки ундан ортиқ трансформаторларни параллел ишлашига улаш учун қуйидаги шартлар бажарилиши керак:

1. Уланаётган трансформаторларнинг юқори ва пастки тараф номинал кучланишлари бир хил бўлиши керак. Бошқача қилиб айтганда, уларнинг

трансформациялаш коэффициентлари тенг бўлиши керак  $K_{\text{тр}1} = K_{\text{тр}2} = \dots = K_{\text{тр}n}$   
Трансформация коэффициентларининг фарқи 0,5%-гача рухсат этилади.

2. Чулғамларнинг уланиш гуруҳлари бир хил бўлиши керак.
3. қисқа туташув кучланишлари тенг бўлиши керак  $U_{k1} = U_{k2}$ ,  $e_{k1} = e_{k2}$ . қисқа туташув кучланишининг ўртача қийматидан  $\pm 10\%$ -гача оғишга рухсат этилади.
4. қувватлари нисбати 3 мартадан катта бўлган трансформаторларни параллел ишлашига улаш тавсия этилмайди.

Уланиш гуруҳлари турлича бўлган трансформаторлар параллел ишлашга уланса трансформаторларда номинал тоқларига нисбатан 3-5 баравар катта бўлган тенглаштирувчи тоқлар ҳосил бўлади. Жуфт гуруҳ уланишли трансформаторларни тоқ гуруҳ уланишли трансформаторлар билан параллел ишлашга улаб бўлмайди.

Трансформациялаш коэффициентининг тенгсизлиги ҳам тенглаштирувчи тоқларнинг ҳосил бўлишига ва трансформаторларни нопропорционал юкланишига олиб келади. қисқа туташув кучланишлари бир хил бўлмаган трансформаторлар уланса, уларнинг номинал қувватларига мос бўлмаган ҳолда юкланишларига олиб келади.

**МУАММО:** Кучли трансформаторни уланиш гуруҳи нимани билдиради ва қандай эксплуатация параметрларига таъсир килади?

*Муаммо ечимини маърузани диққат билан уқиб чиқиб топасиз.*

### **НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:**

1. Куч трансформаторларини танлаш шартлари қандай?
2. Куч трансформаторларининг ПБВ ва РПН қурилмаларининг фарқи?
3. Куч трансформаторларининг совитиш тизимини тушунтиринг?
4. Куч трансформаторларидаги мойнинг



## Маъруза-5. (2соат).

### • АВТОТРАНСФОРМАТОРЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ БИЛАН ИШ РЕЖИМИНИНГ ХУСУСИЯТИ.

РЕЖА:

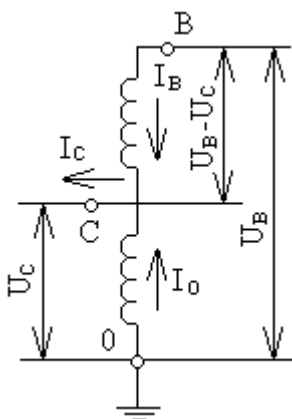
- 5.1. Автотрансформаторларнинг тузилиши билан иш режимининг хусусияти.
- 5.2. Трансформаторларни чулғамлари қўшимча шахобчаларини уйғотмасдан қайта улаш ёки юклама остида улаш.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Автотрансформаторларни тузилиши, иш режими, трансформаторларни чулғамлари, қайта улаш, юклама остида улаш.

#### 5.1. Автотрансформаторларнинг тузилиши билан иш режимининг хусусияти.

Замонавий катта электр станцияларида 2 та юқори кучланиш алоқаси учун автотрансформаторлардан ҳам фойдаланилади.



23-расм. Бир фазали автотрансформаторни схемаси.

Бир фазали автотрансформатор иккита электрик боғланган **ОВ** ва **ОС** чулғамлардан иборат. Чулғамни **ВС** қисми кетма-кет, **ОС** қисми эса – умумий дейилади.

Автотрансформатор кучланишни пасайтириш режимида ишлаганда кетма-кет чулғамда магнит оқим ҳосил қилиб, умумий чулғамда  $I_0$  токни оқизувчи  $I_B$  ток ўтади. Иккиламчи чулғамни  $I_C$  токи чулғамларни галваник (электрик) боғланганлиги туфайли ўтадиган  $I_B$  ва бу чулғамларни магнитавий алоқаси туфайли ҳосил

қилинган  $I_0$  токларни йиғиндисидир:

$$I_C = I_B + I_0, \text{ бундан } I_0 = I_C - I_B.$$

Бирламчи тармоқдан иккиламчига автотрансформатор ўтказадиган тўла қувват ўтиши қуввати дейилади.

Агар чулғамлар қаршилиқларидаги исрофларни ҳисобга олинмаса, қуйидаги ифодани ёзиш мумкин:

$$S = U_B I_B = U_C I_C.$$

Ифодани ўнг томонини ўзгартириб, оламиз:

$$S = U_B I_B = [(U_B - U_C) + U_C] I_B = (U_B - U_C) I_B + U_C I_B, \quad (2-13)$$

бу ерда:  $(U_B - U_C) I_B = S_T$ —магнит йўли билан бирламчи чулғамдан иккиламчисига узатилувчи т р а н с ф о р м а т о р л и қ у в в а т;  $U_C I_B = S_s$ —трансформациясиз, галваник алоқа туфайли бирламчи чулғамдан иккиламчисига узатилувчи э л е к т р қ у в в а т.

Бу қувват умумий чулғамни юкламайди, чунки ток  $I_B$  кетма-кет чулғамдан **ОС** чулғамга кирмай **С** қисқичга ўтади.

Номинал режимда ўтиш қуввати трансформаторни номинал қуввати бўлади  $S = S_{ном}$ , трансформаторли қувват эса – типли қувват бўлади  $S = S_{мин.}$

Магнит ўтказгични ўлчамлари ва, демак, уни массаси трансформаторли (типли), номинал қувватни бир қисми бўладиган, қувват билан белгиланади:

$$\frac{S_{мин.}}{S_{ном.}} = \frac{(U_B - U_C) I_B}{U_B I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = k_{т.к.}, \quad (2-14)$$

бу ерда:  $n_{BC} = U_B / U_C$ —трансформация коэффиценти;  $k_{т.к.}$ — афзаллик ёки типли қувват коэффиценти.

**МУАММО:** Автотрансформаторларни улаш схемаларини хусусиятлари қандай? Автотрансформаторни афзаллик коэффиценти қандай топилади?

*Муаммо ечимини маърузани диққат билан куриб чиқиб топасиз*

(2-14)-дан келиб чиқадики, қанчалик  $U_B$   $U_C$ -га яқин бўлса,  $k_{т.к.}$  шунчалик кичик ва номинал қувватни кичикроқ қисмини типли

қувват ташкил қилади. Бу дегани – автотрансформаторнинг нархи, актив материаллар сарфи, энергия исрофлари оддий трансформаторга қараганда камроқ бўлади ва габаритларининг кичиклиги ҳисобига чегаравий қувватлари ҳам каттароқ бўлади.

Автотрансформаторларни кучланишларни куйидаги нисбатларида қўллаш мақсадга мувофиқ: 220/110; 330/150; 500/220; 750/330.

Схемадан кўринадики, кетма-кет чулғамни қуввати:

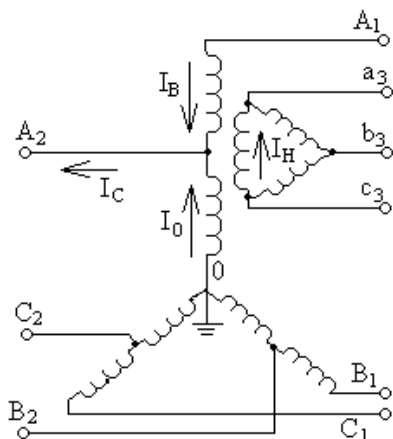
$$S_{kk} = (U_B - U_C) I_B = S_{мин.};$$

умумий чулғамни қуввати

$$S_0 = U_C I_0 = U_C (I_C - I_B) = U_C I_C (1 - 1/n_{BC}) = S^{ном.} k_{т.к.} = S_{мин.}$$

Ш.қ., яна бир марта: а в т о т р а н с ф о р м а т о р н и ч у л ғ а м л а р и в а магнит ўтказгич типли қувватга ҳисобланади, уни баъзида ҳисобий қувват дейилади. **В** ва **С** қисқичларга қандай қувват келтирилса ҳам, кетма-кет ва умумий чулғамларни  $S_{мин.}$  қувватдан каттароғи билан юклаш мумкин эмас. Бу хулоса автотрансформаторларни комбинацияланган режимларини кўриб чиқишда айниқса муҳим. Бундай режимлар автотрансформаторли чулғамлар билан фақат магнит йўли билан боғланган учинчи чулғам мавжудлигида ҳосил бўлади (расм 24).

Автотрансформаторни учинчи чулғами (**ПК** чулғами) юкламани таъминлаш, актив ва реактив қувват манбааларини улаш (генераторлар ва синхрон компенсаторлар), баъзи ҳолларда эса фақат учинчи гармоникаларни тоқларини компенсациялаш учун хизмат қилади. **ПК** чулғам қуввати  $S_{ПК}$   $S_{мин.}$ -дан катта бўлиши мумкин эмас, акс ҳолда автотрансформаторни ўлчамлари шу чулғам қуввати билан белгиланиб қолади.



Бир фазали трансформатор учун қилинган хулосалар уч фазали учун ҳам ҳақиқий (расм 26). **ЮК** ва **ЎК** чулғамлар нол нуқтаси чиқарилган юлдузга уланади. **ПК** чулғамлар уч бурчакка уланади.

Автотрансформаторни хусусиятларига **ЮК** ва **ЎК** чулғамлар учун умумий нейтрални заминлашни зарурлиги. Агар эффе́ктив заминланган нейтралли тизимда нейтралли заминланмаган пасайтирувчи трансформатор уланса, **ЎК** тармоғида битта фаза ерга уланиб қолса, бу фазани кетма-

кет чулғамига ( $U_B - U_C$ )/ $\sqrt{3}$  ўрнига  $U_B\sqrt{3}$  тўла кучланиш таъсир қилади, **ЎК** чулғам қисқичларидаги кучланиш тахминан  $U_B$ -гача кўпаяди, шикастланмаган фазаларни чулғамларидаги кучланиш кескин ортади. Заминланмаган нейтралли кучайтирувчи трансформаторни юкоридагидай тармоққа уланганда ҳам ўхшаш кўриниш кузатилади.

Бундай ўта кучланишларга йўл қўйиш мумкин эмас, шунинг учун ҳамма автотрансформаторларни нейтраллари кўзгалмас заминланади. Бунда **ЮК** ва **ЎК** томонларидан линия заминланса, ҳавфли ўта кучланишлар бўлмайди, аммо **ЮК** ва **ЎК** тизимларида бир фазали **қ.т.** токлари кўпаяди.

Ш.к., автотрансформаторларни ўша қувватдаги трансформаторларга караганда афзалликлари:

- материаллар (мис, пўлат, изоляцион материаллар) камроқ сарфланиши;
- кичикроқ масса ва, демак, кичикроқ габаритлар, бу трансформаторларга караганда катта номинал қувватли автотрансформаторларни яратишга имкон беради;
- кичикроқ исрофлар ва каттароқ **ФИК**;
- совутишни енгилроқ шароитлари.

Камчиликлари:

- бир фазали **қ.т.** токларини кўпайишига олиб келадиганнейтрални кўзгалмас заминланиши;
- кучланишни ростланишини мураккаблиги;

## 5.2. Трансформаторларнинг чулғамлари кўшимча шахобчаларини уйғотмасдан қайта улаш ёки юклама остида улаш.

Истеъмолчиларни нормал ишлашлари учун подстанциялар шинасидаги кучланишни берилган даражада бир хил ушлаб туриш зарур. Электр тармоқларида кучланишни ростлаш усулларидан бири трансформаторларнинг трансформациялаш коэффициентларини ўзгартириш орқали ростлаш ҳисобланади.

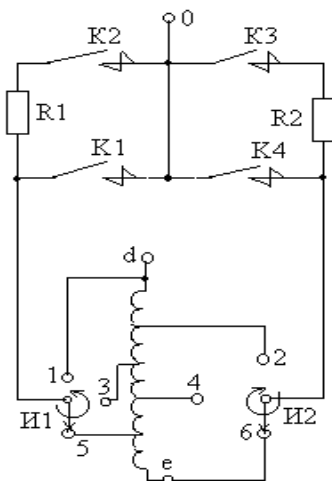
Маълумки, трансформациялаш коэффициенти куйидагича аниқланади:

$$K_{тр} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \rightarrow U_2 = U_1 * W_2 / W_1 \quad (4)$$

Ифодадан кўриниб турибдики, чулғамлар сонини ўзгартириш орқали трансформатор чиқишларидаги кучланишни ўзгартириш мумкин экан.

Трансформатор чулғамлари кўшимча шохобчалар билан таъминланган бўлиб, уларнинг ёрдамида чулғамларнинг сонини ўзгартириш орқали трансформация коэффициенти ўзгартирилади.

29-расм. Токни чегараловчи қаршиликли **РПН** қурилмасини схемаси.



Трансформаторларнинг кучланишини ростлаш икки хил усулда амалга оширилиши мумкин:

1. Уйғотишсиз қайта улаш (**УқУ (ПБВ)**).
2. Юклама остида ростлаш (**ЮОП (РПН)**).

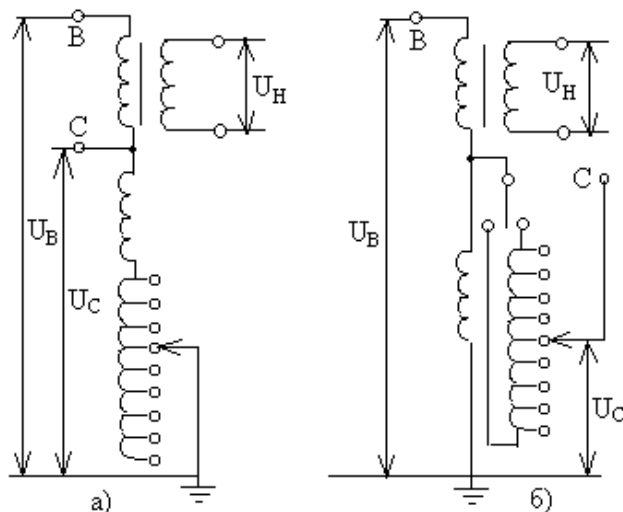
Биринчи усул билан трансформаторларнинг кучланиши йилнинг маълум бир пайтидагина (одатда бир йилда икки марта) мавсумий ростланади. Бунда трансформатор тармоқдан узилиб кучланиш  $\pm 2,5 - 5\%$



чегараларда катта поғоналарда ростланади. Шунинг учун бу ростлаш усулини кўпол ростлаш ҳам деб айтилади.

Иккинчи усул билан кучланиш трансформаторни тармоқдан узмаган ҳолда махсус қайта улагичлар ёрдамида  $\pm 10 - 16\%$  чегараларида ростланади. Бунда кучланиш кичик поғоналарда (0,15%) ростланади.

Шунинг учун бу ростлаш усулини текис ростлаш деб ҳам айтилади. Бу усулда кучланиш ростланганда электр ёйи ҳосил бўлганлиги учун, уларда махсус ёй сўндирувчи камералар қўлланилади ва қайта улаш қурилмаси трансформаторнинг юқори кучланиш тарафига бажарилади, чунки бу ерда токнинг қиймати паст кучланиш тарафига қараганда кичикроқ бўлади.



30-расм. Автотрансформаторда кучланишни ростлаш схемаси (битта фаза кўрсатилган): **а**-нейтралдаги уланишлар (реверссиз); **б**-ўрта кучланиш чулғамини линиявий учидаги уланишлар (реверс билан).

*Трансформаторларнинг юкланиш қобилияти деганда уларнинг рухсат этилган юкламалари билан ўта юкламалари биргалликда тушунилади.*

*Рухсат этилган юклама–вақт бўйича чегараланмаган узоқ муддатли юклама бўлиб, бунда чулғам изоляциясининг қизишидан эскириши номинал иш режимидаги эскиришидан катта бўлмайди.*

*Трансформаторнинг ўта юкламаси–изоляциянинг тез эскиришига олиб келадиган юклама. Агар юклама айни трансформаторнинг номинал қувватидан катта бўлса ёки атроф муҳит ҳарорати қабул қилинган ҳисобий ҳароратдан  $+20^{\circ}\text{C}$  дан ортиқ бўлса, шундай режим ҳосил бўлади.*

Ўта юкланиш аварияда ва тизимли бўлиши мумкин.

Авария ўта юкланишига авария ҳолларида, масалан, параллел ишлаётган трансформатор ишдан чиққан ҳолларда йўл қўйилади. Рухсат этилган юклама чулғам ( $+140^{\circ}\text{C}$ ) ва мойнинг ( $+115^{\circ}\text{C}$ ) рухсат этилган чегара ҳароратлари билан аниқланади. ГОСТ 11677–75 га асосан номинал токдан катта бўлган қисқа муддатли авария ўта юкланишга (олдинги юкламанинг давомийлиги ва катталиги, совитувчи муҳит ҳарорати ва ўрнатиш жойидан қатъий назар) қуйида кўрсатилган чегараларда йўл қўйилади:

*Мойли трансформаторлар:*

Ток бўйича ўта юкланиши, % . . . . .	30	45	60	75	100
Ўта юкланиш давомийлиги, мин. . . . .	120	80	45	20	10

*Қуруқ трансформаторлар:*

Ток бўйича ўта юкланиши, % . . . . .	20	30	40	50	60
Ўта юкланиш давомийлиги, мин. . . . .	60	45	32	18	5

Узоқ муддатли аварияли ўта юкланиши М, Д, ДЦ ва Ц совитиш тизимли трансформаторлар учун 5 суткадан кўп бўлмаган вақт давомида 40% га йўл қўйилади, бунда агар бошланғич юклама коэффиценти  $k_1$  нинг қиймати 0,93 дан ошмаса, ўта юкланиш давомийлиги бир суткада 6 соатдан ошмаслиги керак.

$$k_1 = \frac{I_{\text{ЭК,Н}}}{I_{\text{НОМ}}}, \quad (7-1)$$

бу ерда  $I_{\text{НОМ}}$  – трансформаторнинг номинал токи;  $I_{\text{ЭК,Н}}$  – максимумдан олдинги 10 соат давомидаги эквивалент юклама.

**НАЗОРАТ  
САВОЛЛАРИ:**

- 1. Трансформаторни номинал катталикларини изоҳлаб беринг?*
- 2. Трансформаторларни уланиш схемалари ва гуруҳларини тушунтириб беринг?*
- 3. Куч трансформаторларини юкланиш коэффициентини изоҳланг.*
- 4. Автотрансформаторларнинг трансформаторга нисбатан қандай авзаликлари*



Маъруза-6.

(2соат).

• **КОММУТАЦИОН АППАРАТЛАР.  
ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ  
УЧИРГИЧЛАР.**

РЕЖА:

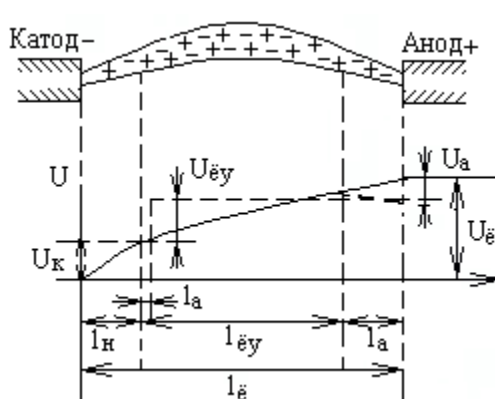
- 6.1. *Электр ёйни ҳосил бўлиши ва ёниш шартлари.*
- 6.2. *Юқори кучланишли учиргичларнинг курсатмалари, турлари ва параметрлари.*
- 6.3. *Мой бакли учиргичлар ва кам мойли(тувакчали)учиргичлар.*
- 6.4. *Хаво учиргичлар. Электромагнит вакуум, элегаз ва автоматик газ (автогаз) учиргичлар.*

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- *Электр ёйи , ёйни ҳосил бўлиши , ёниш шартлари, ўзгарувчан ва ўзгармас токларнинг электр ёйини ҳосил бўлиши, ионизация факторлари, ўзгарувчан токнинг ёйини сўндириш., ёйни сўндириш усуллари.*

## 6.1. Электр ёйи ҳосил бўлиши ва ёйиш шартлари.

**Электр ёйи.** Катта кучланишли занжирлар узилганда контактлар орасида ток мавжуд бўлган ҳолларда электр ёйи ҳосил бўлади. Электр ёйи юқори ҳароратга ва ўтказувчанликка эга бўлган ионлашган газлардан ташкил топган бўлади. Контактлар ажралиш вақтида улар орасида потенциалларнинг катта фарқи ҳосил бўлади ва катта кучланганликка эга бўлган электр майдони ҳосил бўлади ( $H = U/L$ ). Бу майдон контактлараро бўшлиқдаги эркин электронларга таъсир қилиб, уларга кинетик энергия бериб, катоддан анодга қараб ҳаракатланишига мажбур қилади. Ёйнинг ҳосил бўлиши ва турғун ёйиши



48-расм. Ўзгармас токнинг турғун ёйидаги кучланиш  $U$  (а) ва кучланганлик  $E$  (б)-нинг тақсимланиши.

$U_k$ -катод зонаси;

$U_a$ -анод зонаси;

$U_{e,y}$ -ёй устуни;

$U_e$ -ёй кучланиши;

$l_e$ -ёй узунлиги;

$l_k$ -катод бўшлиғи;

$l_a$ -анод бўшлиғи;

$I_{e,y}$ -катод чўғланиш соҳаси;

$I_0$ -мусбат ҳажмли заряд соҳаси.

контактлар орасидаги ионлашиш ҳодисасига боғлиқ. Узиш аппаратларида қуйидаги ионлашиш факторлари мавжуд:

1. Зарбавий ионланиш.
2. Автоэлектрон эмиссия.
3. Термик ёки иссиқлик ионланиши.
4. Термоэлектрон эмиссия.

Зарбавий ионланишда катоддан анодга ҳаракат-ланаётган эркин электронлар етарли кинетик энергияга эга бўлса газнинг нейтрал молекулалари билан тўқна-шиб, уларнинг электронини ажратиб юборади. Натижада мусбат ион ҳосил бўлади ва улар ҳам зарбавий ионланишида иштирок этади.

Автоэлектрон эмиссия контактлар ажралишининг дастлабки вақтида юз беради. Контактлар орасидаги масофа ҳали кичик бўлган пайтда электр майдонининг кучланганлиги юқори бўлади ва катод юзасидан эркин электронларнинг учиб чиқишига сабаб бўлади.

Бу факторлар сабабли электр ёйи ҳосил бўлади. Ёй юқори ҳароратга эга бўлганлиги туфайли термик ёки иссиқлик ионлашиши содир бўлади. Ҳароратнинг кўтарилиши натижасида зарядланган заррачаларнинг иссиқлик ҳаракати кўпаяди ва етарли ҳароратда нейтрал молекулалар зарядланган заррачаларга бўлиниб кетади.

Термоэлектрон эмиссия ҳодисасида ҳароратнинг ортиши билан катод материалидаги электронларнинг иссиқлик ҳаракати ортиб боради ва етарли энергияга эга бўлган пайтда, улар контактлар оралиғига учиб чиқади.

Ўзгарувчан токда кучланиш ва ток синусоида қонуни бўйича ўзгаради, ток кучланишдан тахминан  $90^\circ$ -га кеч қолади. Ёйдаги кучланиш доимий эмас. Токлар кичиклигида кучланиш ёйи ёндириш катталигигача кўтарилади, кейин ёйдаги ток кўпайиши ва термоионланиш ўсиши сари кучланиш пасаяди. Ярим давр охирида, ток нолга яқинлашганда, ёй ўчиш кучланишида ўчади. Кейинги ярим даврда ходиса қайтарилади, агар оралиқни аксионлаштириш учун чоралар кўрилмаган бўлса.

Ёй сўндирилганда узгични контактлари орасидаги кучланиш таъминловчи тармоқ кучланишигача тикланиши керак. Аммо, занжирда индуктив, актив ва сифимий

қаршиликлар мавжудлиги туфайли ўткинчи жараен ҳосил бўлади, кучланишни тебранишлари пайдо бўлади, уларни амплитудаси нормал кучланишдан анча катта бўлиши мумкин. Ўчирувчи аппаратура учун кўрилаятган қисмда кучланиш қандай тезлик билан тикланыаганлиги муҳим.

Ўйнинг ёниш жараёнида ионланиш ҳодисаси билан бирга аксионлашиш ёки рекомбинация, яъни зарядланган заррачаларнинг бирлашиш ҳодисаси ҳам рўй беради. Ўй ҳосил бўлган дастлабки пайтда ионлашиш кўпроқ бўлади, сўнишга яқин пайтда аксионлашиш ҳодисаси кўпроқ бўлади.

*Ўзгарувчан ток занжирларида ёйни сўндириш.* Ўчириш аппаратларида контактларни ажратибгина қолмай, улар орасида пайдо бўлган ёйни ўчириш керак.

Ўзгарувчан ток занжирларида ёй токи ҳар ярим даврда нолдан ўтади, бу онларда ёй ўзи ўчади, аммо кейинги ярим даврда яна ёниши мумкин. Ўйдаги ток нолдан ўтишдан олдинроқ нолга яқин бўлиб қолади, чунки ток камайганда энергия ҳам камаяди, демак, ёй температураси пасаяди ва термоионланиш тўхтади. Токсиз пауза бир неча юз микросекунддан ошмайди, аммо ёйни ўчиришда муҳим ролга эга. Агар пауза вақтида котактлар ажратилиб, етарли тезлик билан электр тешилиш бўлмайдиган масофага силжитилса, занжир жуда тез ўчирилади.

Токсиз пауза вақтида ионланишни интензивлиги кескин пасаяди, чунки термоионланиш тўхтади. Коммутация аппаратларида. ундан ташқари, ёй худудини совутиш ва зарядланган зарралар сонини камайтиришга қаратилган сунъий чоралар кўрилади.

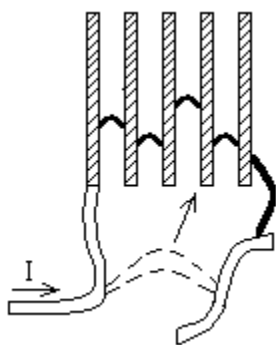
Ток нолдан ўтгандан кейин контактлар оралиғини электр мустаҳкамлигини ошиши, асосан, катодолди худудни мустаҳкамлигини ошиши ҳисобига бўлади (ўзгарувчан ток занжирларида 150–250 В). Бу билан бир вақтда тикланыаган кучланиш  $u_T$  ўсади. Агар ҳар қандай онда  $u_{теи.} > u_{мик.}$ -лигида оралиқ тешилмаса, ёй ток нолдан ўтгандан кейин янгида ёнмайди. Агар қайсидир онда  $u''_{теи.} = u_{мик.}$  бўлса, оралиқда ёй қайтадан ёнади.

Шундай қилиб, ёйни сўндириш масаласи контактлар оралиғини электр мустаҳкамлиги  $u_{теи.}$  улар орасидаги кучланиш  $u_{мик.}$ -дан катта бўлишини таъминлашдан иборат.

Контактлар орасидаги кучланишни тикланиш жараени апериодик (актив қаршиликли занжир бўлса), тебранишли (индуктивлик ва сиғим бўлса), бўлиши мумкин. Кучланишни тикланиш тезлиги  $du_{мик.}/dt$  қанча катта бўлса, оралиқ тешилиши ва ёйни қайта ёнишини эҳтимоли каттароқ. Ўйни ўчириш шароитларини енгиллаштириш учун ўчирилаятган ток занжирига актив қаршиликлар киритилади, бунда кучланишни тикланиш характери апериодик бўлади.

*1 кВ-гача бўлган узувчи аппаратларда ёйни қуйидаги сўндириш усуллари кенг қўлланилади:*

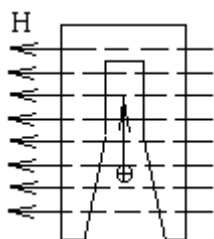
1. Контактларни тезлик билан ажратиш орқали ёйнинг узунлигини ошириш. Бунда ёй устунни қанчалик узун бўлса уни ёниб туриши учун шунча кўп кучланиш керак бўлади. Агар манба кучланиши етарли бўлмаса ёй сўнади.



49-расм. Узун ёйни қисқаларга бўлиб сўндириш.

2. Ўйни қатор кичик қисмларга бўлиш. Агар ҳосил бўлган ёйни металл пластинкалардан йиғилган ёй сўндирувчи панжарага тортилса, у кичик ёйларга бўлиниб кетади. Ҳар бир ёй ўзининг катод ва анод кучланишига эга бўлади. Агар бу кучланишлар йиғиндиси тармоқ кучланишидан кам бўлса ёй сўнади.

3. Ўйни тор тирқишларда сўндириш. Агар ёй ёйга чидамли материал ҳосил қилган тор тирқишда

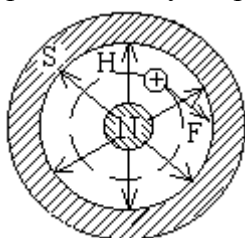


50-расм. Ёйни ёй сўндириш камерасини тор тирқишига тортиб сўндириш.

ёнса, совуқ юзага тегиш орқали интенсив совуш ва зарядланган заррачаларни атроф мухитга диффузияси содир бўлади. Бу эса аксионлашиш ҳодисасини тезлашувига ва ёйнинг сўнишига олиб келади.

4. Ёйни магнит майдонда ҳаракатлантириш. Электр ёйига токли ўтказгич сифатида қараш мумкин. Агар ёй магнит майдонда бўлса, унга куч таъсир этади. Ёй ўқига перпендикуляр йўналтирилган магнит майдони ҳосил қилинса, ёй илгариланма ҳаракатга эришиб, ёй сўндириш камераси тирқишига тортилиб чўзилади ва сўнади.

3 ва 4 усуллар 1 кВ-дан юқори кучланишларда ҳам қўлланилади.



51-расм. Ёйни магнит майдонида айлантириб сўндириш.

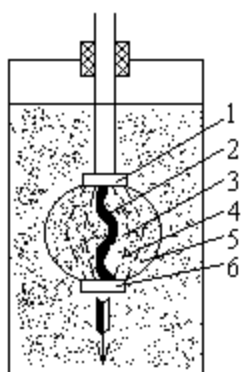
1 кВ-дан юқори кучланишли аппаратларда ёй сўндириш усуллари.

**МУАММО:** Ёйни сундирилмаслик қандай оқибатларга олиб келади?

*Муаммо ечимини маърузани диққат билан уқиб чиқиб топасиз.*

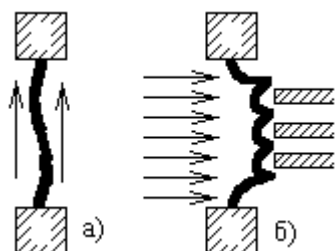
1. Ёйни мойда сўндириш. Агар узувчи аппарат контактларини мойга жойлаш-тирилса ҳосил бўлган ёй мойни буғланиши ва интенсив газ ҳосил бўлишига олиб келади. Ёй атрофида асосан водороддан ташкил топган (70-80%) газ пуфак ҳосил бўлади.

52-расм. Ёйни мойда сўндириш.



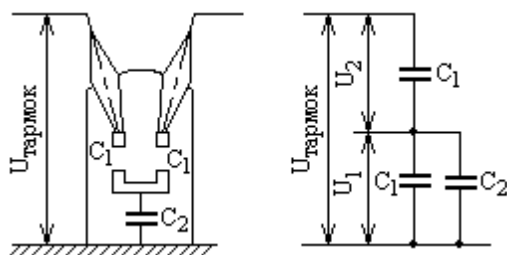
Мойнинг тез буғланиши пуфакдаги босимни ортишига олиб келади. Водород яхши ёй сўндириш хусусиятларига эга бўлган ҳолда ёй устунига бевосита тегиш орқали уни тез совушига ёрдам беради. Газ пуфак ичида газ ва мой буғларининг тинимсиз ҳаракати содир бўлиб туради. Бу усул узгичларда кенг қўлланилади.

1. Газли ҳаволи пуфлаш. Агар газларнинг йўналтирилган ҳаракати пуфлаш ҳосил қилинса ёйнинг совуши янада тезлашади. Газни бўйлама ёки кўндаланг пуфлашини ҳосил қилинса ёй устунига газ заррачаларини киришига, интенсив диффузияга ва ёйнинг совушига олиб келади.



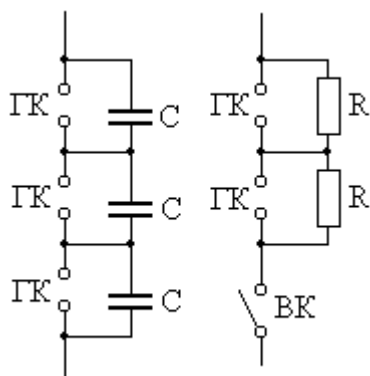
53-расм. Газ-ҳаво пуфлаш: а) бўйлама; б) кўндаланг.

2. Ток занжирини кўпгина қисмларига ажратиб юбориш. Юқори кучланишларда катта тоқларни узиш бир мунча қийинчиликлар туғдиради. Бу ҳолда энергия ва тикланаётган кучланишнинг қиймати катта бўлганлиги



54-расм. Кучланишни мойли узгич узилишларига тақсимлаш. учун контактлар оралиғининг аксионлашуви мураккаблашади. Шунинг учун юқори кучланишли узгичларда ёйни ҳар бир фазада қисмларга ажратиш усули қўлланилади.

Бир фазага тўғри келадиган бўлинишлар сони узгич тури ва кучланишга боғлиқ бажарилади. Мисол учун 500-750 кВ кучланишли узгичларда 12-та ва ундан ортик бўлинишлар бўлиши мумкин.



55-расм. Кучланишни сиғимлар ва қаршилиқлар ёрдамида бўлиш.

3. *Ёйни вакуумда сўндириш.* Вакуумдаги газ атмосфера босимидаги газга қараганда ўнлаб марта юқори электр мустаҳкамликка эга. Агар узгич контактлари вакуумда ажратилса ток биринчи марта нолдан ўтган

пайтидаёқ оралиқнинг электр мустаҳкамлиги тикланади ва ёй сўнади.

4. *Ёйни юқори босимли газларда сўндириш.* 2 МПа ва ундан юқори босимда ҳаво ҳам юқори электр мустаҳкамликка эга. Бу нарса сиқилган ҳаволи ёй сўндирувчи ихчам қурилмалар қуриш имконини беради. Бу усулда ҳаводан ташқари яна юқори мустаҳкамликка эга бўлган газлар ҳам ишлатилади. Мисол учун элегаз ( $\text{SF}_6$ ) ҳаво ва водородга нисбатан юқорироқ бўлган электр мустаҳкамликка эга. Ундан узгичларда кенг фойдаланилади.

**МУАММО:** Ҳаволи ва элегазли узгичларда ёй нима билан сундирилади?

Муаммо ечимини маърузани диққат билан уқиб чиқиб топасиз.

## 6.2. Юқори кучланишли учиргичларнинг курсатмалари, турлари ва параметрлари.

**Учиргичлар** ишчи ва авария тоқларини узиш ва улаш учун хизмат қиладиган коммутацион аппаратлардир.

Учиргич асосий аппарат бўлиб, занжирни ҳар қандай режимида ҳам ўчириш ва улаш учун хизмат қилади:

- узоғ давомийлик юклама;
- ута юкланиш;
- қисқа туташув;
- салт ишлаш;
- носинхрон иш.

Энг оғир ва масъул амал – бу **ҚТ** тоқларини узиш ва мавжуд **ҚТ**-га улаш.

Юқори кучланиш узгичлар қуйидаги асосий қисмлардан иборат:

1. Корпус ёки бак.
2. Чикишлар.



3. Контактлар системаси.
4. Ёй сўндириш қурилмаси.
5. Ёй сўндириш муҳити (ҳаво, мой, элегаз, вакуум).
6. Узгичнинг юритмаси (кўлда, ҳаволи, соленоидли).

Электр энергетикада учиргичларнинг жадвал 3-да келтирилган турлари кенг қўлланилади.

Юқори кучланиш учиргичларига қуйидаги талаблар қўйилади:

- ҳар қандай тоқларни ишончли узиш;
- узиш вақтининг кичиклиги;
- тез ишловчи автоматик қайта улашни таъминлаш;
- 110 кВ ва ундан юқори кучланиш узгичларини фазами-фаза бошқариш имконияти;
- контактларни кўздан кечириш ва ревизия қилишнинг қулайлиги;
- ёнғин ва портлашга ҳавфсизлик;
- транспортровка қилиш ва ишлатишнинг қулайлиги.

Жадвал 3.

	6 кВ	10 кВ	35 кВ	110 кВ	220 кВ	500 кВ	750 кВ	1150 кВ
1. Мойли бакли учиргичлар	-	-	+	+	+	+	-	-
2. Кам мойли учиргичлар	+	+	-	+	-	-	-	-
3. Ҳаволи учиргичлар	-	-	-	+	+	+	+	+
4. Элегазли учиргичлар	-	-	-	+	+	-	-	-
5. Вакуумли учиргичлар	+	+	+	+	-	-	-	-
6. Электр магнит учиргичлар	+	+	-	-	-	-	-	-
7. Юклама учиргичлар	+	+	-	+	-	-	-	-

Юқори кучланиш учиргичлари узок вақтда номинал ток  $I_{ном}$  ва  $U_{ном}$ -ларга чидашлари керак.

Ўрнатилишга кўра учиргичлар ичкарига ва ташқарига ўрнатиладиган ва комплект тақсимлаш қурилмалари учун ишлаб чиқарилади.

**МУАММО:** Юқори кучланиш учиргичларига қандай талаблар қўйилади?

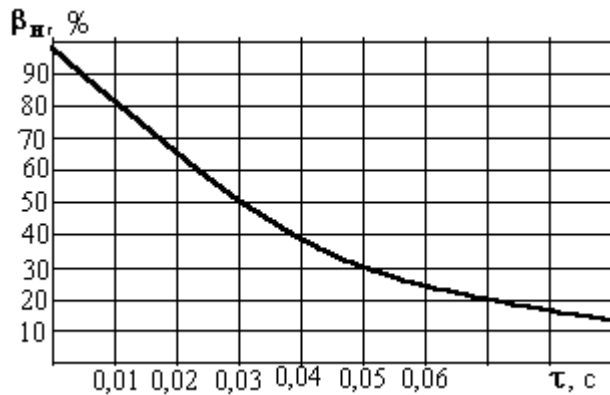
*Муаммо ечимини маърузани диққат билан уқиб чиқиб топасиз.*

ГОСТ-га биноан учиргичлар қуйидаги параметрлар билан характерланади:

1. У ч и р и ш н и н о м и н а л т о к к у ч и  $I_{уз.ном}$ . – белгиланган тикланувчан кучланиш ва амаллар цикли шароитлардаги энг катта кучланишга тенг кучланишда ўчирилиши мумкин бўлган **ҚТ**-ни энг катта ток кучи.

2. Ўчириладиган ток таркибида нодаврий ташкил этувчин и рухсат этилган нисбий қиймати  $\beta_n$ , %, у 69-расм эгри чизиғидан топилади:

$$\beta_n = \frac{i_{a,ном}}{\sqrt{2}I_{уч,ном}} \cdot 100. \quad (41)$$



70-расм. Нодаврий ташкил этувчисини микдорини меёрлаш.

$\beta_n$ -ни меёрланган қиймати контактларни ажралиш вақти учун топилади:

$$\tau = t_{з,мин} + t_{с,в} = 0,01 + t_{с,в}. \quad (42)$$

Агар  $\tau > 0,09$  с,  $\beta_n = 0$  деб қабул қилинади.

3. Амаллар цикли – узгич бажарадиган коммутацион амаллар ва

уларни орасидаги танаффусларни кетма-кетлиги.

Иш жараёнида учиргич бир неча марта кейин ўчирилиш билан мавжуд ҚТ-га уланиши мумкин, шунинг учун ГОСТ узгичлар учун амалларни маълум циклини кўзда тутати.

Агар учиргичлар автоматик қайта улаш (АПВ-АҚУ) учун мўлжалланган бўлса, қуйидаги цикллар таъминланган бўлиши керак:

$$\checkmark - 180 \text{ с} - \text{У}\checkmark - 180 \text{ с} - \text{У}\checkmark;$$

$$\checkmark - t_{6T} - \text{У}\checkmark - 180 \text{ с} - \text{У}\checkmark.$$

АҚУ-сиз учиргичлар қуйидаги циклни бажаришлари керак:

$$\checkmark - 180 \text{ с} - \text{У}\checkmark - 180 \text{ с} - \text{У}\checkmark,$$

бу ерда  $\checkmark$ -ўчириш амали;  $\text{У}\checkmark$ -улаш ва кечикишсиз ўчириш амали; 20, 180-вақт оралиқлари, с;  $t_{6T}$ -учиргичлар учун кафолатланган АҚУ-даги токсиз минимал танаффус (ёйни ўчишидан кейинги улашдаги ток пайдо бўлиш вақтигача). АҚУ-лик учиргичлар учун  $t_{6T}$  0,3÷1,2 с, АҚУ-сиз учиргичлар учун 0,3 с бўлиши керак.

4. Тешиб ўтувчи тоқларга бардошлик, термик бардошлик токи  $I_{тер}$  ва электродинамик бардошлик  $I_{дин}$  токи (таъсир этувчи қиймат) билан характерланади,  $i_{дин}$ -энг катта пик (амплитуда қиймати); бу тоқларга узгич уланган ҳолатда кейинги ишига ҳалақит берадиган шикастларсиз чидайти.

Ишлаб чиқарувчи завод қуйидаги нисбатни бажариши керак

$$i_{дин} = 2,55I_{ўч,ном}.$$

5. Уланувчи номинал ток –  $I_{ном}$  ва белгиланган циклда, контактлари пайвандланмасдан ва бошқа шикастланишларсиз ўзига мос юритмали узгич чидайдиган ҚТ токи. Каталогларда бу токни таъсир этувчи қиймати  $I_{ул,ном}$  ва уни амплитуда қиймати  $i_{ул,ном}$  келтирилади.

Учиргичлар шундай констукцияланадики, қуйидаги шарт бажарилади:

$$I_{ул,ном} \geq I_{ўч,ном}, i_{ул,ном} \geq 1,8\sqrt{2} I_{ўч,ном}.$$

6. Ўзини ўчириш вақти  $t_{ў.в}$  – ўчириш учун буйруқ берилган вақтдан ёй сўндирувчи контактларни бир биридан ажраш вақтигача ўтадиган вақт интервали.

7. Тикланадиган кучланиш параметрлари – ўзини ўтиш тикланадиган кучланишни меёрланган характеристикаларига биноан (ПВН-ТКП).

8. АҚУ учун мўлжалланмаган учиргичлар ҚТ тоқлари 0,6÷1  $I_{ўч,ном}$  бўлганда ёй сўндирувчи ускунани назорат қилмай бештадан кам бўлмаган  $\text{У}\checkmark$  амалига рухсат этишлари керак. АҚУ учун мўлжалланган учиргичлар юқоридаги шароитларда  $I_{ўч,ном}$ -га боғлиқ ҳолда 6-дан 10-гача  $\text{У}\checkmark$  амалларига рухсат этишлари керак (ГОСТ).

9. ГОСТ-да учиргичларни конструкцияларига бошқа талаблар ва уларни синаш усуллари ҳам кетирилган.

### **6.3. Мой бакли учиргичлар ва кам мойли (тувакчали) учиргичлар.**

**Мойли бакли учиргичлар**ларда мой ёйни сўндириш ва ток ўтказувчи қисмларни изоляция қилиш учун хизмат қилади. 10 кВ кучланишгача (35 кВ-гача бўлган узгичларнинг баъзи турларида ҳам) узгичларнинг барча фазалари битта бакка эга бўлади, каттарок кучланишларда ҳар бир фаза учун алоҳида бак тугилган бўлади.

Мойли бакли учиргичлар ёй сўндириш қурилмаларининг ишлаш принципи бўйича 3-та гуруҳга бўлинади:

1. Автопуфлашли - бунда газнинг юқори босими ва катта ҳаракат тезлиги ёйнинг энергияси ёрдамида ҳосил қилинади;

2. Мажбурий мойли пуфлашли - бунда контактларнинг ажралиш жойига гидравлик механизм ёрдамида мой ҳайдаб берилади;

3. Мойда магнитли сўндириш - бунда ёй магнит майдон таъсирида тор тиркишларга тортилиб сўндирилади.

Бакли учиргичларнинг асосий афзалликлари: конструкцияси содда, юқори узиш қобилиятига эга, ташқарига ўрнатишга яроқли.

Камчиликлари: ёнғин ва портлашга хавфли, мой ҳолатини ва сатҳини даражасини доимий назорат қилиб туриш, катта мой захирасининг зарурлиги, металлни катта сарфи, катта оқирликка эгаллиги, ташиш, монтаж қилиш ва созлашнинг ноқулайлиги.

**Кам мойли учиргичлар** ёпиқ ва очиқ тақсимлаш қурилмаларида кенг тарқалган. Мой бу учиргичларда асосан ёй сўндириш муҳити сифатида хизмат қилиб, ажратилган контактларни қисман изоляциялаш учун ҳам ишлатилади.

Афзалликлари: мой ҳажмининг камлиги, нисбатан кичик оғирликка эга, турли хил кучланишларга ишлаб чиқариш имконияти борлиги.

Камчиликлари: ёнғин ва портлашга хавфлилиги, тез ишловчи автоматик қайта улашни ташкил этиб бўлмаслиги, мойни тез-тез назорат қилиб, уни алмаштириб туриш зарурлиги, нисбатан кичик узиш қобилиятига эгаллиги.

**МУАММО:** Мойли узгичларни юритмаларини қандай турлари мавжуд?

*Муаммо ечимини маърузани диққат билан уқиб чиқиб топасиз.*

### **6.4. Ҳаво учиргичлар. Электромагнит, вакуум, элегаз ва автогмтик (автогаз) учиргичлар.**

**Ҳаволи учиргичлар**ларда ёй сиқилган ҳаво ёрдамида сўндирилади. Ток ўтказувчи қисмларнинг изоляцияси эса форфор ёки бошқа қаттиқ изоляцияловчи материаллар орқали бажарилади.

Афзалликлари: ёнғин ва портлашга хавфсиз, тез ишлаши, юқори узиш қобилиятига эгаллиги, тез ишловчи автоматик қайта улашни амалга ошира олиши, ёй сўндирувчи контактларни кам ейилиши, ташқарига ва ичкарига ўрнатишга яроқлилиги.

Камчиликлари: компрессор қурилмасининг зарурлиги, қатор детал ва қисмларнинг консрукциясининг мураккаблиги, қимматлиги.

**Электр магнит узгичлар**да ёй магит майдон таъсирида ёй сўндирувчи камеранинг тиркишларига тортилиб сўндирилади.

Афзалликлари: тўла ёнғин ва портлашга хавфсизлиги, ёй сўндирувчи контактларнинг кам ёйилиши, тез-тез улаш ва узиш шароитларида ишлашга яроқлилиги, нисбатан юқори узиш қобилиятига эгаллиги.

Камчиликлари: магнит пуфлашли системали ёй сўндирувчи камеранинг мураккаб конструкцияси, номинал кучланишнинг юқори қийматини чегараланганлиги.

**МУАММО:** Хаволи ва элегазли ўчиргичларда ёй нима билан сўндирилади?

*Муаммо ечимини маърузани ва адабиётларни диққат билан ўқиб чиқиб топасиз.*

### **НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:**

- *Хаволи ўчиргичларнинг афзаллиги нимада?*
- *Вакуумли ли ўчиргичларнинг камчилиги нимада?*
- *Хаволи ўчиргичларнинг камчилигини айтинг.*
- *Электр магнит ўчиргичларда ёй сўндириш қандай амалга оширилади?*
- *Юклама ўчиргичлари қаергарга ўрнатилади ва нима учун?*



## Маъруза-7. (2соат).

### • ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ АЖРАТГИЧЛАР, УЗГИЧЛАР ВА ҚИСҚА ТУТАШТИРГИЧЛАР.

РЕЖА:

- 7.1. Юқори кучланишли ажратгич, узгич ва қисқа туташтиргичнинг турлари ва тузилмалари.
- 7.2. Ажратгичларнинг юритмалари.
- 7.3. Узгичлар ва қисқа туташтиргичларнинг курсатмалари, турлари ва тузилишлари.
- 7.4. Паст кучланишли аппаратлар. Рубилниклар, автоматлар, магнит ишга туширгичлар, контакторлар ва саклагичларни курсатмалапри, турлари ва тузилишлари.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Юқори кучланишли узатгичлар ва қисқа туташтиргичлар, кўрсатмалари, турлари ва тузилишлари, танланиши, юритмалари.

## 7.1. Юқори кучланишли ажраткич, узаткич ва қисқа туташтиргичнинг турлари ва тузилмалари.

*Ажраткичлар бу контактли коммутацион жиҳоз бўлиб, у токсиз ва кичик токли электр занжирлари улаш ёки узиш учун хизмат қилади.*

*Ажраткич хавфсизликни таъминлаш мақсадида узилган ҳолатда контактлари орасида изоляция оралиғига эга бўлади.*

Таъмир ишлари пайтида таъмир учун чиқарилган жиҳознинг ток ўтказувчиси ва кучланиш остида қолган ток ўтказувчи қисмлар орасидаги ажраткич томонидан кўринадиган узилиш ҳосил қилинади.

*Ажраткичлар ёрдамида юклама тоқларини узиш мумкин эмас*, чунки ажраткичларнинг контактли тизими ёй сўндирувчи қурилмага эга эмас, шунинг учун юклама тоқларини нотўғри узиш ҳолларида турғун ёй ҳосил бўлиб, бу ҳол фазалараро қ.т. га ва ишлаётган шахснинг бахтсиз ҳодисага учрашига олиб келиши мумкин. Ажраткични ишлатишдан олдин занжир ўчиргич ёрдамида узилган бўлиши керак.

Бироқ электр тизимларнинг схемаларини содалаштириш учун қуйидаги операцияларни *бажаришда ажраткичларни ишлатиш рухсат этилади.*

электр тармоғида ерга туташтириш бўлмаса, трансформаторларнинг нейтралли ва ёй сўндирувчи ғалтакларини узиш ва улаш;

шиналарнинг заряд тоқини ва ҳамма кучланишлардаги асбоб–ускуналарни (конденсаторларнинг батареяларидан ташқари) узиш ва улаш;

10 кВ ва ундан кичик кучланишдаги 15А гача бўлган юклама тоқини очик жойга ўрнатилган уч қутблӣ ажраткич билан узиш ва улаш;

агар ажраткич паст Омлӣ параллел занжир (шина улагич ёки айланиб ўтувчи ўчиргич билан ишончли шунтланган бўлса, у билан операцияларни бажаришга рухсат этилади);

ажраткич ва узгичлар ёрдамида куч трансформаторларининг кичик магнитловчи тоқини, ҳамда ҳаво ва кабель линияларининг зарядловчи тоқини узиш ва улаш мумкин.

Ажраткичлар электр тизимларнинг схемаларида муҳим роль ўйнайди, уларнинг ишончли ишлашига қараб бутун электр тизим ҳам ишончли ишлайди, шу сабабли уларга қуйидаги талаблар қўйилади:

ҳавода кўринадиган узилиш ҳосил қилиши, бу ҳолнинг электр мустаҳкамлиги максимал импульс кучланишига мос келиши керак;

қ.т. тоқлари оқиб ўтганида электродинамик ва термик турғун бўлиши;

ўз–ўзидан узилиб (ўчиб) қолмаслиги;

энг ноқулай иш шароитларида (яхлаш, қор, шамол ва шу кабилар) аниқ узиш ва улаш имконини бериши лозим.

Ажраткичлар қутбларининг сонига қараб *бир* ва *уч қутблӣ*, тизимла турига қараб–*ички* ва *ташқи* тизимлар учун, конструкцияси бўйича–*кесувчи айланма*, *гилдировчи пантографик* ва *осма типларда* бўлади. Ўрнатилиш усулига қараб *пичоқлар вертикал* ва *горизонтал жойлашган* ажраткичларга бўлинади.

### **Эсда тутинг!**

**Ажраткич ёрдамида юклама тоқини узиш мумкин эмас**

*Қисқа туташтиргич –бу коммутацион жиҳоз бўлиб, электр занжирда сунъий қ.т. ни ҳосил қилиш учун хизмат қилади.*

Қисқа туташтиргичлар таъминловчи линиянинг релели ҳимояси таъсирида сунъий қ. т. ҳосил қилингандан сўнг шикастланган трансформаторни узиш учун подстанцияларнинг содалаштирилган схемаларида қўлланилади.

35 кВ ли тизилмаларда қисқа туташтиргичнинг икки қутбли қўлланилиб, улар ишга тушганда сунъий равишда икки фазали қ. т. ҳосил бўлади. Неутрали ерга туташтирилган тизилма (110 кВ ва ундан юқори) қисқа туташтиргичнинг бир қутби қўлланилади (16.1–расм). КЗ–35 типли қисқа туташтиргичнинг конструкцияси 16.2–расмда кўрсатилган. Қисқа туташтиргичлар юритмаси, кучланиш остида бўлган кўзгалмас контактга ерга туташтирилган пичоқнинг уланишини таъминлайдиган пружинага эга. Юритманинг ишлаши учун реле муҳофазасидан импульс берилади. Узиш қўлда бажарилади. Қисқа туташтиргични улашда ёй ҳосил бўлишини ва жиҳознинг бузилишининг олдини олиш учун, пичоқнинг катта тезликда ҳаракатланишини таъминлаш керак. Ҳозирги конструкцияларда қисқа туташтиргични улаш вақти 0,4–0,5 с ни ташкил этади. Улашни тезлатиш учун пичоққа ҳаракатнинг порохли заряднинг портлаш кучини берадиган конструкцияли қисқа туташтиргичлар ҳам мавжуд.

### *Узгичли схемага қўйиладиган талаблар*

• Таъминловчи манбанинг ўчиргични ишга тушириш

• Қўйи кучланишли томондаги ўчиргични ишга тушириш

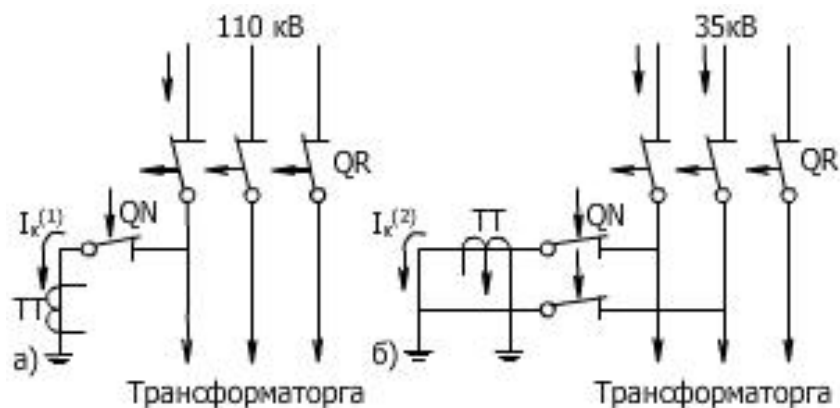
• Қисқа туташтиргични ишга тушириш

### *7.3. Узгичлар ва қисқа туташтиргичларнинг кўрсатмалари, турлари ва тузилишлари.*

Узгич ташқи кўриниши жиҳатидан ажраткичдан фарқ қилмайди, лекин унда узиш учун пружинали юритмаси бор. Узгични улаш қўлда бажарилади. Узгичлар, ажраткичлар сингари, бир ёки икки томондан ерга туташтирувчи пичоқларга эга бўлиши мумкин. Мавжуд ОД конструкцияларнинг камчилиги бўлиб, уларни узиш вақтининг жуда катталиги ҳисобланади (0,5–1 с).

Узгичлар токсизланган занжирни ёки трансформаторнинг магнитловчи токини узиши мумкин, бироқ қисқа туташтиргичнинг ишга тушишидан ҳосил бўлган қ. т. токини узгичлар узиши мумкин эмас, шу сабабли ОД ва КЗ бошқариш схемаларида блокировка мавжуд бўлиб, у қисқа туташтиргич занжири (16.2–расм) га ўрнатилган ток трансформатори ТТ орқали ток ўтганда узгични узишига имкон бермайди.

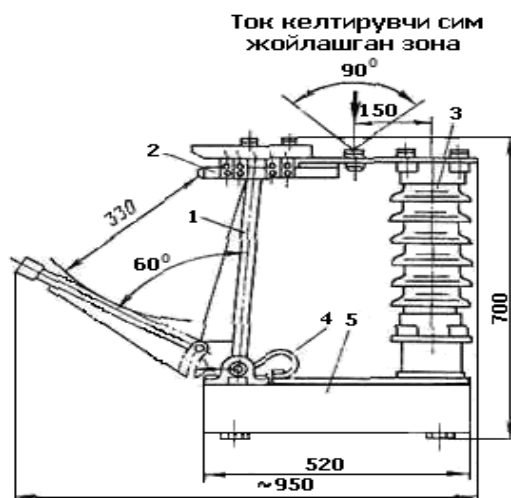




7.1-рasm. Узгич ва қисқа туташтиргичларнинг уланиш схемалари: а)–110 кВ ва ундан юқори тизилмаларда; б)–35 кВ ли тизилмаларда.

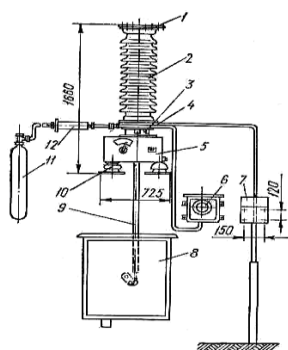
Очиқ конструкцияли узгич ва қисқа туташтиргичлар об-ҳаво шароитларида (совуқ, яхлаш) етарли даражада ишончли ишламайди. Эксплуатация вақтида ишламай қолган ҳоллари ҳам кузатилади. Бу конструкциялар ўрнига элегаз билан тўлдирилган, ёпиқ камерада жойлашган контакт тизимли узгич ва қисқа туташтиргичлар ишлаб чиқарилган.

Кўзгалувчи контакт ерга туташтирувчи шина билан эгилувчан боғламалар орқали бириктирилган. Контакт камеранинг бўшлиғи ортиқча 0,3 МПа босимли элегаз ( $\text{SF}_6$ ) билан тўлдирилган. Юқорида айтилганидек, элегаз юқори электр мустаҳкамликка эга. Атмосфера босимида унинг мустаҳкамлиги ҳавоникига қараганда 2–3 марта юқори, 0,3 МПа босимда эса элегазнинг мустаҳкамлиги тоза трансформатор мойининг мустаҳкамлиги билан тенг. Элегаз ёнмайди, ёнишга кўмаклашмайди, шунинг учун элегазли жиҳозлар портлаш билан ёнғинга хавfli эмас. Камера ичидаги босим атмосфера босимигача камайганда контактлар орасидаги бўшлиқ шикастланмасдан энг катта иш кучланишни ушлаб туриши мумкин. Камеранинг герметиклиги чинни корпуслар ва металл фланецлар орасига қўйилган

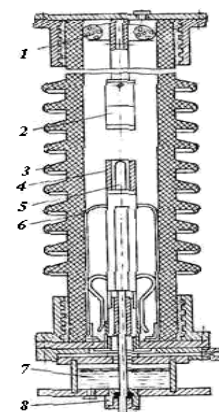


7.2-рasm. КЗ–35 қисқа туташтиргичи:

1–пичок; 2–кўзгалмас контакт; 3–изолятор; 4–ерга туташтириш шинаси; 5–рама



7.3-рasm. КЭ–110 типдаги элегаз тўлдирилган ёпиқ қисқа туташтиргич: 1–контакт чикқич; 2–контакт камераси; 3–гидравлик затвор; 4–шинани ерга ту–таштирувчи улнма; 5–асос; 6–мановакуумметр; 7–ТШЛ–0,5 типдаги ток трансформатори; 8–юритма; 9–тортки; 10–изолятор; 11–элегазли баллон; 12–фильтр.



7.4-рasm. КЭ–110 қисқа туташтиргичнинг контакт камераси:

1–силикагелли халтача; 2–кўзгалмас контакт; 3–чинни корпус; 4–экрaн; 5–кўзгалувчан контакт; 6–эластик боғлама; 7–мойли гидрозатвор; 8–сальникли зичлагич.

резина ҳалқали қистирмалар (расмда кўрсатилмаган) ва қўзғалувчан тортқи ўтадиган жойдаги гидравлик затвор билан таъминланади. Пастки контакт цилиндр билан экранланган стержендан иборат. Қўзғалмас контакт розетка кўринишида тайёрланган. Контактнинг ламеллари ёнишдан экран билан муҳофазаланган.

220 кВ ли КЭ–220 қисқа туташтиргичидаги иккита контакт камера ҳам шу конструкцияга эга.

Элегаз билан тўлдирилган ёпиқ ишланган узгич (16.4–расм) куч трансформаторларининг магнитловчи токларини ҳамда линияларнинг заряд токларини улаш ва узиш учун хизмат қилади. Узгич ОЭ–110 автоматик улаш ва узишни таъминлайди.

Учта кутблар умумий асос 9 да ўрнатилган. Ток ўтказувчи симлар контакт чикқичларга юқори ва ўрта фланецларда уланади. Контакт камеранинг ичида розетка кўринишидаги қўзғалмас контакт ва экранли ичи бўш қўзғалувчан контакт мавжуд. Улаш ППО юритма пружиналарининг кучи ҳисобига бажарилади. Контактлардаги босим сиқилган пружина 4 ва пружиналанадиган розеткасимон контакт ҳисобига ҳосил қилинади. Узиш узгич асосида жойлашган узувчи пружиналар ҳисобига автоматик равишда содир бўлади.

110 кВ ли узгичнинг контакт камераси жуда юқори кучланишли жиҳозлар учун модуль ҳисобланади. Масалан, 220 кВ ли узгичда иккита камера бўлиши керак.

Ёпиқ ишланган қисқа туташтиргич ва узгичларнинг афзаллиги бўлиб, аниқ ишлаши ҳамда улаш (КЭ) ва узиш (ОЭ) вақтининг кичиклиги ҳисобланади.

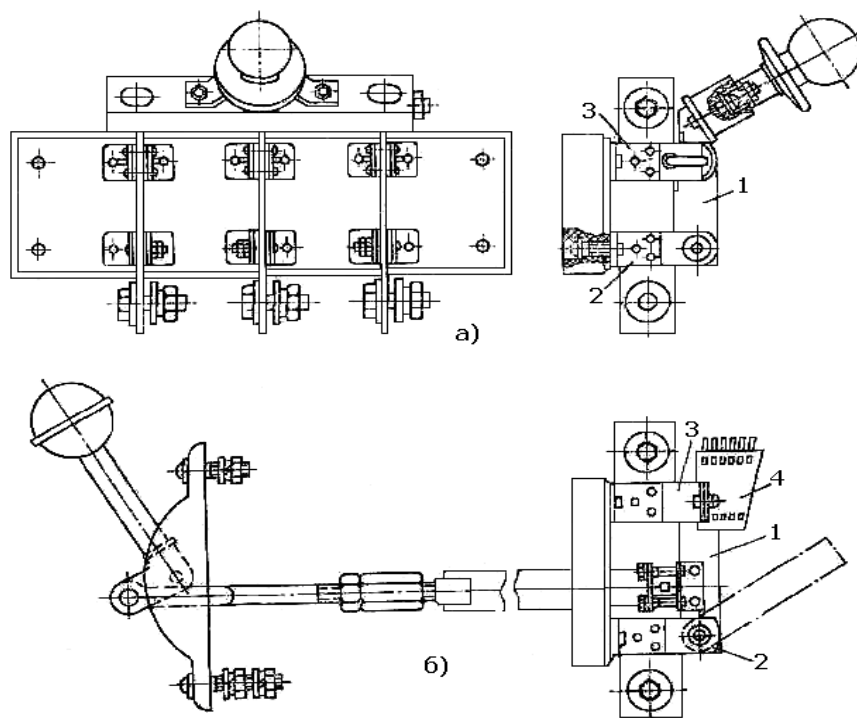
**7.4. Паст кучланишли аппаратлар. Рубильниклар, автоматлар, магнитли ишига туширгичлар, контакторлар ва сақлагичларни кўрсатмалари, турлари ва тузилишлари.**

*Икки (уланган, узилган) ҳолатга қўлда ҳаракатлантириладиган ноавтоматик ўчиргич рубильник деб аталади (19.1–расм, а).* Иккита турли занжирларга навбати билан улаш учун хизмат қиладиган рубильник қайта улагич деб юритилади.

Рубильник ва қайта улагичлар 500 В гача бўлган номинал кучланишга бир, икки ва уч кутбли қилиб ишлаб чиқарилади. Ёй сўндирувчи қурилмаси бўлмаган рубильниклар токсиз занжирларни узиш ва очиқ узилишлар ҳосил қилишга мўлжалланган. Ёй сўндирувчи қурилмали рубильниклар  $I_{ном}$  гача бўлган токни узиш имконига эга.

Р ва П (уч кутбли) ёки РО, ПО (бир кутбли) типдаги марказий дастаги рубильник ва қайта улагичлар 100–600 А токлар учун ишлаб чиқарилади. Рубильникнинг ҳамма деталлари изоляцион плитага ўрнатилади. Ўтказгичлар олди ёки орқа томонидан уланиши мумкин. Бундай рубильник ва қайта улагичлар билан токни узишга руҳсат этилмайди, чунки ҳосил бўладиган ёй қисқа туташувга олиб келиши ёки ишлаётган ходимни куйдириши мумкин.

Ричаг билан ҳаракатлантириладиган рубильник ва қайта улагичлар (19.1–расм, б) икки томондан хизмат кўрсатиладиган шчитларда кенг қўлланилади. Бундай рубильниклар ёй сўндирувчи панжарали камера 4 га эга.



19.1–расм. Рубильниклар:

а–марказий дастакли (Р типдаги); б – рычаг юритмали (РПС типдаги); 1–пичок; 2–қўзғалмас контактларнинг шарнирли стойкалари; 3–контакт стойка; 4–ёй сўндирувчи камера.

Пакетли ва кулачокли қайта улагичлар бир вақтнинг ўзида бир неча электр занжирларида мураккаб қайта улашлар учун, масалан, бошқариш, ўлчаш ва шунга ўхшаш занжирларда хизмат қилади. 19.2–расмда 10 А га ва ўзгарувчан токнинг 500 В га ҳамда ўзгармас токнинг 220 В га мўлжалланган кулачокли қайта улагичи кўрсатилган. Дастакни 45° га буриб занжирлар қайта уланади. Ноль ҳолатига ўзи қайтадиган бир ёки бир неча ҳолатларни ушлаб турадиган конструкциялар мавжуд. Бундай қайта улагичдаги контактлар сони 2 дан 32 гача бўлиши мумкин.

### 19.2. Паст кучланишли аппаратларни танлаш ва тегишириш.

Рубильниклар қуйидагиларга қараб танланади:

Тизилманинг кучланиши бўйича  $U_{ккч} \leq U_{ном}$  ;

юклама токи бўйича  $I_{норм} \leq I_{ном}$ ,  $I_{max} \leq I_{ном}$  ;

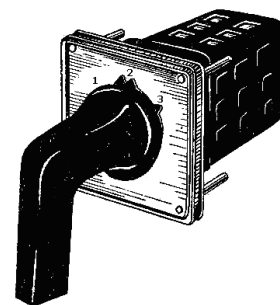
конструктив тузилишига қараб;

электродинамик мустаҳкамлиги бўйича  $i_3 \leq i_{дав.таш}$  ;

термик мустаҳкамлиги бўйича  $B_K = I_T^2 \cdot t_T$  ;

Номинал ток  $I_{ном}$  поррон чегара ток  $i_{дав.таш}$  , термик улагичь ПКУЗ. мустаҳкамлик ва токи  $t_T, I_T$  билдиргичларда келтирилади.  $I_{норм}$  билан  $I_{max}$  ни аниқлаш юқоридаги бобларда кўриб ўтилган.

Контакторлар – бу узокдан таъсир этадиган жиҳозлар бўлиб, нормал иш режимидаги электр занжирларни кўп улаш ва узиш учун хизмат қилади. Контакторлар 3–4000 А токка ўзгармас токли кучланишнинг 220, 440, 650, 750 В ва ўзгарувчан токли кучланишнинг 380, 500 ва 660 В га мўлжаллаб ишлаб чиқарилади ва соатига 600–1500 марта улаш имконини беради. Контакторларнинг айрим махсус сериялари соатига 14000 мартагача улаш имкониятини беради.



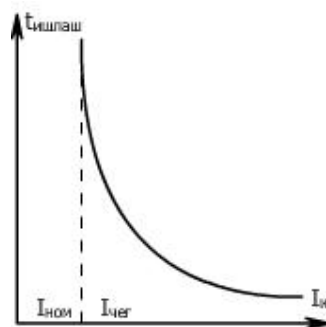
19.2–расм. Кулачокли қайта улагич

## Сақлагичларнинг турлари ва тузилиши

Электр занжирда қисқа туташув ёки ўта юкланиш бўлса уни автоматик равишда бир марта узиш учун хизмат қиладиган жиҳоз сақлагич, деб аталади. Занжирни сақлагич воситасида узиш эрувчан қўйманинг эриши орқали амалга ошади, бу эрувчан қўйма ўзидан муҳофазаланмаган занжирнинг токи ўтганда қизиб эрийди. Занжир узилгандан сўнг эрувчан қўйма қўлда алмаштирилиши лозим.

Конструкциясининг соддалиги ва арзонлиги сабабли эрувчан сақлагичлар саноат электр тизилмаларида, электр станциялари ва подстанцияларида, турмушда кенг қўлланилади. Сақлагичлар турли конструкцияларга эга бўлиши мумкин ва миллиампердан минглаб амперларгача тоқларга мўлжалланади. Ҳамма сақлагичларда асосий элементлар бўлиб: корпус, эрувчан қўйма, контакт қисм, ёй сўндирувчи қурилма ёки ёй сўндирувчи муҳит ҳисобланади.

Сақлагичлар эрувчан қўйманинг номинал токи билан, яъни эрувчан қўйма узок ишлаши учун ҳисобланган ток билан тавсифланади. Сақлагичнинг биргина корпусига турли номинал тоқларга мўлжалланган эрувчан қўймалар ўрнатилиши мумкин, шунинг учун айна сақлагич сақлагичнинг номинал токи билан тавсифланиб, у мана шу конструкциядаги сақлагич учун мўлжалланган эрувчан қўймаларнинг номинал тоқлари ичида энг каттасига тенг. Нормал режимда юклама токи таъсирида эрувчан қўймадан ажраётган иссиқлик атроф-муҳитга тарқалади ва сақлагичнинг ҳамма қисмларининг ҳарорати рухсат этилгандан ошмайди. Ўта юкланиш ва қисқа туташувларда қўйма ҳарорати ортиб, унинг эришига олиб келади. Демак, ток қанча катта бўлса, қўйманинг эриш вақти шунча кичик бўлади. Эриш (ишлай бошлаш) вақтининг токка боғлиқлиги сақлагичнинг вақт-ток тавсифи деб юритилади (19.3-расм).



19.3-расм.

Сақлагичнинг вақт тоқли тавсифи

Эрувчан қўйма –сақлагичнинг асосий элементи бўлиб, мис, рух, кўрғошин ва кумушдан тайёрланиши мумкин. Рух ва кўрғошиннинг эриш ҳарорати кичик (тегишлича 419 ва 327<sup>0</sup>С). Рух коррозияга чидамли, шунинг учун эрувчан қўйманинг кесими ишлатиш вақтида ўзгармайди, тавсифистикаси доимий қолади. Бироқ мустаҳкам оксид плёнка туфайли қўйма эриганда бузилмайди, сувоқ металл плёнка ичида сақланади. Бу эса  $I_{крит}$  нинг кенг чегараларда ўзгаришига олиб келади. Рух ва кўрғошиннинг солиштирма қаршилиги катта, шунинг учун улардан тайёрланган эрувчан қўймалар катта кесимга эга. Бундай қўймаларни сақлагичларда тўлдиргичларсиз ишлатиш мумкин. Рух ва кўрғошиндан қилинган қўймали сақлагичлар ўта юкланишдан катта тутиб туриш вақтига эга.

Қўйма эригандан сўнг электр ёй ҳосил бўлиб, уни мумкин қадар тез ўчириш лозим. Сақлагичларда ёйни сўндириш учун тор тирқиш, газларнинг юқори босими, пуфлаш эффектидан фойдаланилади. Ҳеч қандай шикастланиш ёки деформация содир бўлмасдан сақлагич узиши мумкин бўлган энг катта ток узишининг чегара токи деб юритилади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

- *Узгич деб нимага айтилади?*
- *Узгичнинг камчиликларини айтинг.*
- *Узгич ажраткич билан қандай фарқланади?*



## Маъруза-8. (2соат).

### • СИМЛАР, ШИНАЛАР ВА КАБЕЛЛАР.

РЕЖА:

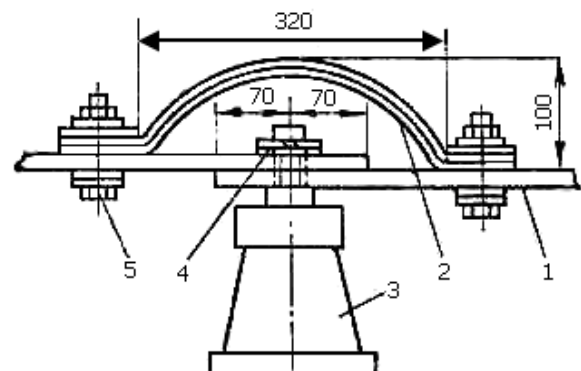
- 8.1. Йиғма шиналар вазифаси. Шиналарнинг тузилиши.
- 8.2. Симларни танлаш.
- 8.3. Кабелларнинг турлари ва уларни танлаш.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Йиғма шиналар вазифаси. Шиналарнинг тузилиши. Думалоқ, тўртбурчак ва қутисимон шиналарни кесими, симларни танлаш. Кабелларнинг турлари ва уларни танлаш.

#### 8.1. Йиғма шиналар вазифаси. Шиналарнинг тузилиши.

Йиғма шиналар ва улардан 6–10 кВ ли электр жиҳозларига борадиган тармоқлар (ошиновка) тўғри бурчакли ёки қутича профилидаги ўтказгичлардан бажарилиб, чиннидан тайёрланган таянч изоляторларга маҳкамланади. Шиналарни изоляторларда маҳкамлаш учун хизмат қиладиган шина тутқичлар шиналар қизигандаги чўзилишида уларни бўйлама силжишига йўл қўяди. Шиналарнинг узунлиги катта бўлганда, шина материал каби юпқа тасмадан тайёрланган компенсатор ўрнатилади (25.1–расм). Шиналарнинг учлари изоляторда бўйлама овал тешик орқали шпилька ва пружиналовчи шайба билан маҳкамланиб, сирпаниш имкониятига эга. Жиҳозларга бирлаштирилган жойларда шиналар букилади ёки компенсаторлар ўрнатилади, чунки иссиқлик таъсирида шиналарнинг узайишидан ҳосил бўладиган кучлр жиҳозга таъсир этмаслиги керак



25.1–расм. Бир йўлли шиналар учун компенсатор.

1–шина; 2–компенсатор; 3–таянч изолятор; 4–пружиналанадиган шайба; 5–болт.

Иссиқлик узатишни яхшилаш ва эксплуатацияда қулай бўлиши учун шиналар: ўзгарувчан токда А фаза–сарик, В фаза–яшил, ва С фаза–қизил рангга бўялади; ўзгармас токда мусбат ишорали шина–қизил, манфий ишорали шина эса ҳаво рангга бўялади.



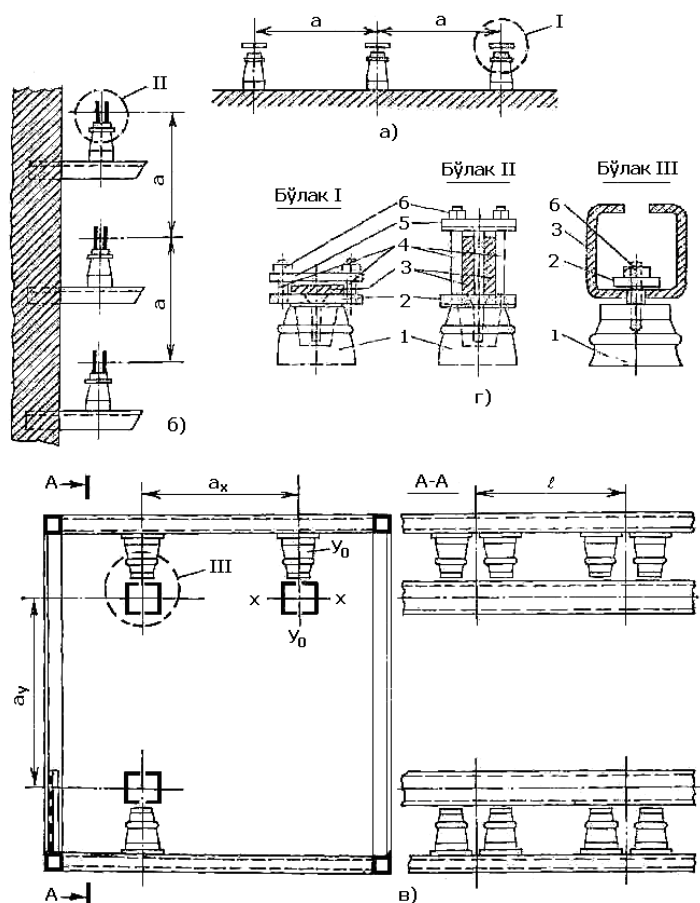
Токнинг тежамли зичлигига қараб ошиновка

$$\text{кесими танланади: } q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{j_3}$$

бунда  $I_{\text{норм}}$ —нормал режимдаги ток (ўта юкламасиз); токнинг тежамли нормалаштирилган зичлиги  $A/mm^2$  (5.1–жадвал). Келтирилган ҳисобий харажатларнинг энг кичик қийматлари

таъминланадиган кесимлар ўтказгичларнинг тежамли кесими деб аталади

Токнинг тежамли зичлиги,  $A/mm^2$   
25.1–жадвал



25.2–расм. Шиналарнинг жойлашиш эскизлари: а–горизонтал; б–вертикал; в–учбурчакли учлари бўйлаб; г–шиналарни I, II, III узелларда маҳкамлаш: 1–таянч изолятор; 2–пўлат режака; 3–шиша; 4–пўлат тиргак труба; 5–алюминий режака; 6–шпилька.

Ўтказгич	$T_{\text{max}}$ соатда		
	1000–3000	3000–5000	5000 дан юқори
Изоляцияланмаган сим ва шиналар:			
Мис	2,5	2,1	1,8
Алюминий	1,3(1,5)	1,1(1,4)	1,0(1,3)
Қоғоз изоляцияли кабеллар ва резина изоляцияли симлар:			
мис томирли	3,0	2,5	2,0
Алюминий томирли	1,6(1,8)	1,4(1,6)	1,2(1,5)
Резина ва пластмасса изоляцияли кабеллар:			
мис томирли	3,5	3,1	2,7
Алюминий томирли	1,9(2,2)	1,7(2,0)	1,6(1,9)

Токнинг тежамли зичлиги бўйича танланган шиналар куйидагиларга текширилади:  
 қизиш шароитида рухсат этиладиган токка;  
 қ. т. токлари таъсир этганда термик мустаҳкамликка;  
 қ. т. да динамик мустаҳкамликка (механик ҳисоблаш).

*Рухсат этиладиган токка текшириши.* Максимал юкламалар қизиш шартларига жавоб бериши керак:

$$I_{\max} \leq I_{\text{рух.эт}}$$

бунда  $I_{\text{рух.эт}}$  – танланган кесимли шиналарга рухсат этиладиган ток, бу ток шиналарни катта юзаси бўйича қўйилганлигини ёки совитувчи атроф муҳит ҳароратининг жадвалдан олинган ҳарорати ( $\theta_{0,\text{ном}}=25^\circ\text{C}$ ) дан фарқ қилишини кўрсатувчи тузатишни ҳисобга олади. Охирги ҳолда

$$I_{\text{рух.эт}} = I_{\text{рух.эт,ном}} \sqrt{\frac{\theta_{\text{дл.рух.эт}} - \theta_0}{\theta_{\text{дл.рух.эт}} - \theta_{0,\text{ном}}}}$$

$\theta_{\text{дл.рух.эт}} = 70^\circ\text{C}$ ,  $\theta_{0,\text{ном}} = 25^\circ\text{C}$  бўлганда шиналар учун

$$I_{\text{рух.эт}} = I_{\text{рух.эт,ном}} \sqrt{\frac{70 - \theta_0}{45}},$$

бунда  $I_{\text{рух.эт,ном}}$  – совитувчи муҳит ҳарорати  $\theta_{0,\text{ном}}=25^\circ\text{C}$  даги жадвалдан олинган рухсат этиладиган ток;  $\theta_0$  – совитувчи атроф муҳитнинг ҳақиқий ҳарорати.

Қ. т. да термик мустаҳкамликка текшириш куйидаги шарт асосида олиб борилади:

$$\theta_k \leq \theta_{\text{к,рух.эт}}$$

бунда  $\theta_k$  – қ. т. токи билан қизигандаги шиналар ҳарорати.  $\theta_{\text{к,рух.эт}}$  – Қ. т. да шиналарнинг рухсат этиладиган қизиш ҳарорати

## **8.2. Симларни танлаш.**

### **8.3. Кабелларнинг турлари ва уларни танлаш.**

#### **Бир тасмали шиналарни механик ҳисоблаш.**

Шиналарнинг уч фазали қ. т. даги энг катта солиштирма кучи аниқланади [Н/м].

Фазалар орасидаги масофа шиналар периметридан анча катта  $a \gg 2(b+h)$  бўлгани учун шакл коэффициенти  $k_\phi = 1$  бўлади.

Уч фазали шикастланишда энг катта электродинамик кучлар ҳосил бўлади, шунинг учун кейинги ҳисоблашларда уч фазали қ. т. нинг зарбий токи ҳисобга олинади. Соддалаштириш мақсадида (3) индекслар тушириб қолдирилади.

Бир хил тақсимланган куч  $f$  эгувчи момент  $M$  ҳосил қилади (шина таянчларда эркин ётувчи кўп оралиғли тўсин деб қаралади)

$$M = \frac{f l^2}{10}$$

бунда  $l$  – шина конструкциясининг таянч изоляторлари орасидаги масофа узунлиги, м.

Эгувчи момент таъсирида ҳосил бўладиган шина материалнинг кучланиши, МПа.

$$\sigma_{\text{хис}} = \frac{M}{W} = \frac{f l^2}{10W} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \frac{i_y^2 l^2}{Wa}$$

бунда  $W$  – куч таъсирига тик йўналган ўққа нисбатан шинанинг қаршилиқ momenti,  $\text{см}^3$  (4.2–жадвал).

Шиналар механик мустаҳкам ҳисобланади, агар  $\sigma_{\text{хис}} \leq \sigma_{\text{рух.эт}}$  бўлса, бунда  $\sigma_{\text{рух.эт}}$  – шиналар материалдаги рухсат этиладиган механик кучланиш (25.2–жадвал)



## Шиналар материалидаги рухсат этиладиган механик кучланиш

Материал	Маркаси	$\sigma_{рух.эт}$ МПа	Эластиклик модули, $E, 10^{10}$ Па
Алюминий	АО, А1	82,3	7
Алюминий қотишмаси	АД31Т	89,2	–
Мис	АД31Т1	137,2	–
	МГМ	171,5–178,4	10
	МГТ	171,5–205,8	10
Пўлат	Ст. 3	260,7–322,4	20

**Изоляторларни танлаш.**

Таксимлаш қурилмаларида шиналар таянч, ўтувчи ва оғма изоляторларга маҳкамланади. Қаттиқ шиналар таянч изоляторларга маҳкамланиб, улар қуйидаги шартлар бўйича танланади:

$$\text{номинал кучланиш бўйича } U_{бел} \leq U_{ном};$$

$$\text{рухсат этиладиган юклама бўйича } F_{бел} \leq F_{рух.эт}$$

бунда  $F_{хис}$ —изоляторга таъсир этадиган куч;

$F_{рух.эт}$ —изолятор каллагигаги рухсат этиладиган юклама.

$$F_{рух.эт} = 0,6F_{бўз},$$

бунда  $F_{бўз}$ —эгишга таъсир этаётган бузувчи юклама.

Ҳамма фазаларнинг изоляторларини горизонтал ёки вертикал жойлаштиригандаги ҳисоблаш кучи қуйидагига тенг,  $H$ :

$$F_{хис} = \sqrt{3} \frac{l_y^2}{a} l k_h \cdot 10^{-7} = f_\phi l k_h,$$

бунда  $k_h$  – шина қирраси билан жойлашган бўлса, унинг баландлигига киритилган тузатиш коэффициенти (25.3–расм):

$$k_h = \frac{H}{H_{из}}; \quad H = H_{из} + b + \frac{h}{2},$$

бунда  $H_{из}$  – изолятор баландлиги.

Шиналар учбурчакликнинг учларида жойлашганда  $F_{хис} = k_h F_{из}$

Ўтувчи изоляторлар қуйидагича танланади:

$$\text{кучланиш бўйича } U_{бел} < U_{ном};$$

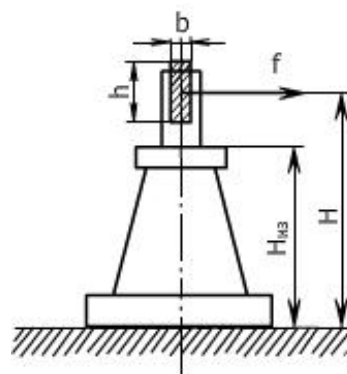
$$\text{номинал ток бўйича } I_{мах} < I_{ном};$$

$$\text{рухсат этиладиган юклама бўйича } F_{хис} < F_{рух.эт}.$$

Ўтувчи изоляторлар учун ҳисоблаш кучи

$$F_{хис} = 0,5 f_\phi l.$$

Хулоса қилиб шуни эслатиб ўтамиз, жиҳоз ҳамда ток ўтказувчи қисмларни авария режими (қисқа туташув) бўйича танлаш шартлари кўриб ўтилган.



25.3–расм. Изолятордаги ҳисоблаш юкламасини аниқлашга доир

**Унутма!**  
Кучланиш  
трансформатори  
ни иккиламчи  
томонини  
туташтириш  
мумкин эмас



## Маъруза-9. (2соат). • ЎЛЧОВ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ.

РЕЖА:

- 9.1. Ток трансформаторнинг асосий параметрлари. Ток трансформаторларга куйиладиган талаблар.
- 9.2. Кучланиш трансформаторларининг асосий параметрлари, аниклик класси ва унга куйиладиган талаблар.
- 9.3. Кучланиш трансформаторларининг уланиш схемалари.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Кучланиш ва ток трансформаторларининг иш режими, ток ва кучланиш трансформаторларини танлаш ва текшириш.

### 9.1. Ток трансформаторнинг асосий параметрлари. Ток трансформаторларга қўйиладиган талаблар.

Ўлчов трансформаторлари катта кучланиш ва ток занжирларига назорат–ўлчов асбоблари, реле ҳимояси ва автоматика тизимларини улаш учун хизмат қилади.

Ток трансформаторлари бирламчи токнинг катталигини ўлчов асбоблари ва реле учун энг қулай катталиккача [реле ҳимояси учун  $I_{ном}=1A$ , ўлчов асбоблари учун  $I_{ном}=5A$ ] ўзгартириш, шунингдек, иккиламчи ўлчов занжирларини бирламчи юқори кучланиш занжирларидан ажратиш ва ҳимоя қилиш учун хизмат қилади.

Ток трансформаторлари ёпик магнит 2 ҳамда иккита бирламчи 1 ва 2 иккиламчи 3 чўлғамга эга. Бирламчи чўлғам ўлчанаётган ток занжирига кетма–кет уланади, иккиламчи чўлғамга ток ўтадиган ўлчов асбоблари уланади. Ток трансформаторини номинал трансформация коэффиценти қўйидагича тавсифланади

$$K_T = I_{1ном} / I_{2ном}$$

бунда

$I_{1ном}$  –бирламчи номинал ток,

$I_{2ном}$  –иккиламчи номинал ток,

Ток трансформаторларининг иккиламчи номинал токининг қиймати 5 А ва 1 А деб қабул қилинган.

Ток трансформаторнинг трансформациялашининг номинал коэффиценти.

$$K_{ном} = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}}$$

ва чўлғам сонларининг муносабати коэффиценти

$$n = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

**Унутманг!**  
Ток трансформаторини  
иккиламчи томонини  
узук холда ишлатиш

Ток трансформаторда ўлчанаётган ток қўйидагича топилади

$$I_1 \approx K_{ном} \cdot I_2$$

Трансформаторнинг хатолигини қиймати унинг аниқлик синфини белгилайди. 0,25; 0,5; 1;3;5;10 аниқлик синфини ўлчаш учун; 5Р ва 10Р синфларидан ток трансформаторлардан реле ҳимояси учун фойдаланилади. Ток трансформатори иккиламчи чўлғам юкламаларининг боғланишига кўра хар хил аниқлик синфларида ишлаши мумкин.

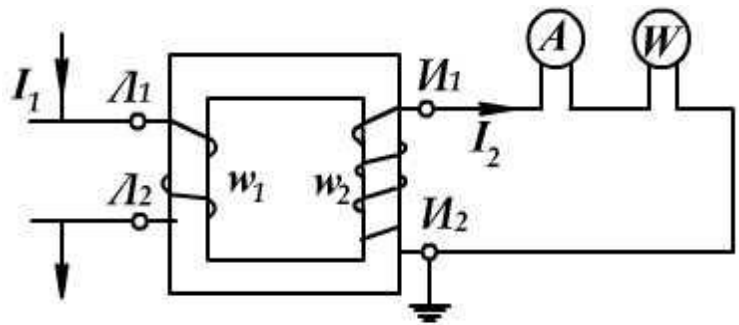
Лаборатория ўлчов ишларида - 0,2; счетчикларни улашди –0,5; ўлчов асбобларида –1 ёки 3 аниқлик синфларидаги ток трансформаторлардан фойдаланилади.

Ток трансформаторлари 0,2; 0,5; 1; 3; 10; синф аниқликларида ишлаб чиқарилади.

Ток трансформаторлари бирламчи чўлғамлари билан тармоққа кетма–кет уланади. Ток трансформаторлари қисқа туташув ҳолатига яқин ҳолатда ишлайди (9.1-расм).

Ток трансформаторлар конструкцияси бўйича:

- 1) алоҳида турувчи;
  - 2) жойлаштирилган;
  - 3) ўтувчи
- ток трансформаторларига бўлинади ва ичкарига ҳамда ташқарига ўрнатиладиган ҳолда бажарилади. Ичкарига ўрнатиладиган ток трансформаторларининг типлари:



9.1–расм. Ток трансформаторининг принципиал схемаси.

ТКЛ, ТПЛ, ТПОЛ, ТШЛП, ТПОФ, ТПФ. Т–ток трансформатори; П–ўтувчи; К–ўзакли; Л–қуйма изоляцияли; Ф–форфор изоляцияли; О–бир ўзакли.

Ташқарига ўрнатиладиган: ТФН, ТФКН. Н–ташқарига ўрнатиладиган.

Ток трансформаторлари ҳам иккита хатоликка эга:

ток бўйича 
$$\Delta I\% = \frac{K_{mm} I_2 I_1}{I_1}$$

бурчак бўйича  $\delta$

хатоликларни камайтириш учун магнит ўзак юқори сифатли пўлатдан тайёрланади, чўлғамларда махсус улаш усулларини қўллаш ва магнит ўзакни сунъий магнитсизлантиришдан фойдаланилади.

## 9.2. Кучланиш трансформаторининг асосий параметрлари, аниклик классси ва унга қўйиладиган талаблар.

### 9.3. Кучланиш трансформаторининг улаш схемалри.

Кучланиш трансформаторлари бирламчи кучланиш катталигини ўлчов асбоблари ва реле учун энг қулай катталиқкача [ $U=100$  ёки  $100/\sqrt{3}$  В] ўзгартириш, шунингдек, иккиламчи ўлчов занжирларини бирламчи юқори кучланиш занжирларидан ажратиш ва ҳимоя қилиш учун хизмат қилади.

Ичкарига ўрнатиладиган кучланиш трансформаторлари нинг қуйидаги конструкциялари кенг қўлланилади: НОС, НОСК, НТС, НТСК –6 кВгача бўлган кучланишларда, НОМ, ЗНОМ, НТМК, НТМИ –18 кВгача бўлган кучланишларда ишлатилади.

Бу ерда Н–кучланиш трансформатори; О–бир фазали; Т–уч фазали; С–қурук; К–компенсацияланган; М–мойли; З–бирламчи чўлғами ерга уланган; И–қўшимча чўлғамли эканлигини билдиради.

Ташқарига ўрнатиладиган НКФ 500–бир фазали; мой тўлдирилган чинни кожух ичига жойлаштирилган; К–каскадли; Ф–чинни изоляцияли эканлигини билдиради. Бундан ташқари, НДЕ –(750–1150 кВ) –кучланишни сиғимли бўлгичли; ЗНОГ–герметик ишланган элегазли тақсимлаш қурилмаларида ўрнатиш учун, Г–газ изоляцияли конструкциялари мавжуд.

Кучланиш трансформаторлари кучланиш бўйича бурчак бўйича хатоликка ( $\delta = f(I_0)$ ) га эга бўлади.

Бу хатоликларни камайтириш учун кичик магнит қаршиликка эга бўлган магнит ўзақлар қўлланилади, магнит ўтказгичдаги индукция, магнит сочилиши камайтирлади.

Хафвсизликни таъминлаш мақсадида иккиламчи чўлғамнинг чиқишларидан бири ерга туташтирилган бўлиши керак.

### Талаблар

Кучланиш трансформаторининг номинал трансформация коэффиценти қуйидагича фарқланади.

$$K_{U_{ном}} = U_{1ном} / U_{2ном}$$

ва ўрамлар сонининг алоқадорлиги коэффиценти

$$n = \omega_1 / \omega_2$$

Кучланиш трансформаторида ўлчанадиган кучланиш қуйидагича ўлчанади:

$$U_1 = K_{U_{ном}} * U_2$$

Хатолигига қараб кучланиш трансформаторининг аниқлик синфига, яъни 0,2; 0,5; 1; 3 га бўлинади.

Кучланиш трансформаторининг иккиламчи юкламаларининг қийматига кўра турли аниқлик синфида ишлайди. Агар белгиланган аниқлик синфида кўрсатилган ўта номиналь қийматдан ортиқча юкланса, кучланиш трансформатори бошқа ёмон аниқлик синфида ишлайди. Электр қурилмаларда бир фазали (О), уч фазали (Т) беш стерженли, каскадли кучланиш трансформатори қўлланилади.

Кучланиш трансформаторларининг қувватига кўра уланган барча реле ва ўлчов асбоблари чўлғамларининг умумий қувватлари кучланиш трансформаторининг номинал қувватидан ошмаслиги керак, чунки хатоликнинг ортишига олиб келади.

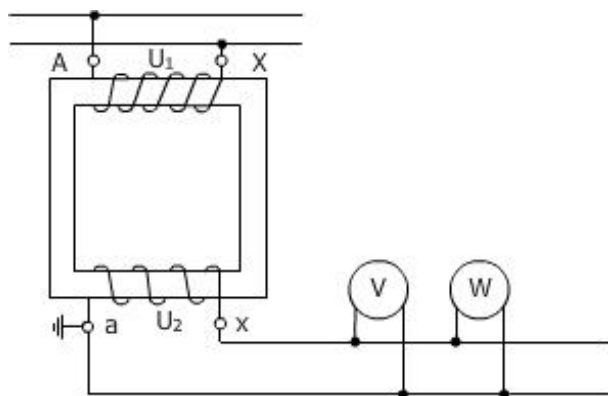
Кучланиш трансформаторлари чўлғамларининг уланиш схемасига кўра учта фазаларо кучланишни ўлчаш учун очик учбурчак схемаси [НТМИ] асосида уланган бир фазали мис чўлғамли трансформаторлар [НОМ, НОС, НОЛ] ишлатиш мумкин.

Кучланиш трансформаторларининг чўлғамлари юлдуз шаклида уланган уч фазали, икки чўлғамли трансформатор НТМК ишлатиш мумкин.

Кучланиш трансформатори бирламчи чўлғами билан тармоққа параллел ҳолда уланади (9.2- расм). Иккиламчи чўлғамининг кучланиши эса одатда 100 В га тенг бўлади. Кучланиш трансформаторлари салт ишлаш ҳолатига яқин ҳолатда ишлайди.

С –қуруқ изоляцияли трансформаторларнинг чўлғамлари орасидаги изоляция сифатида картон ишлатилади. Бундай трансформаторлар кучланиши 1000 В гача бўлган қурилмаларда қўлланилади.

М–мой изоляцияли кучланиш трансформаторлари 6–1150 кВ кучланишли очик ОТҚва ёпиқ ЁТҚ таксимлаш қурилмаларида қўлланилади. Бу трансформа торларда чўлғамлари ва магнит ўтказгич мой ичида туради ва у изоляция ҳамда совитиш учун хизмат қилади.

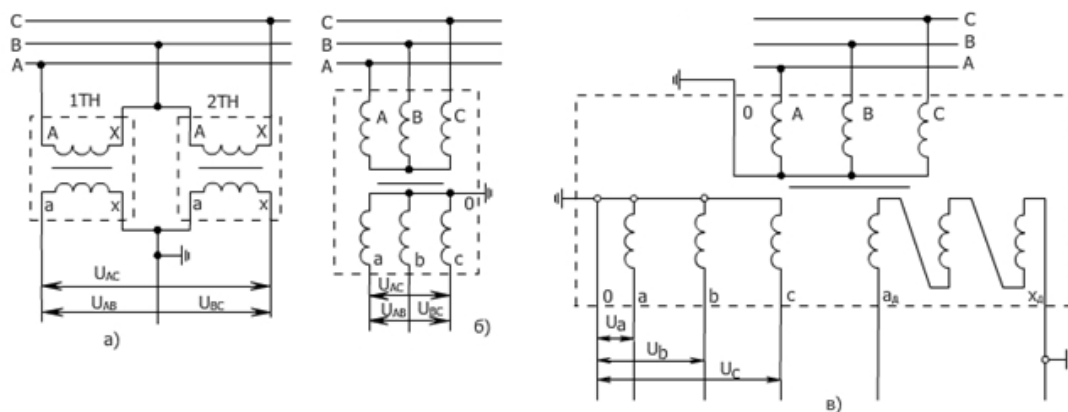


9.2–расм.Кучланиш трансформаторининг  
принципиал схемаси

Кучланиш трансформаторлари чўлғамларининг уланиш схемасига кўра учта фазаларо кучланишни ўлчаш учун очик учбурчак схемаси [НТМИ] асосида уланган бир фазали мис чўлғамли трансформаторлар [НОМ, НОС, НОЛ] ишлатиш мумкин.

Кучланиш трансформаторларининг чўлғамлари юлдуз шаклида уланган уч фазали, икки чўлғамли трансформатор НТМК ишлатиш мумкин.

Ерга нисбатан кучланишни ўлчаш учун  $Y_0/Y_0$  схема асосида уланган учта бир фазали трансформаторлар, ёки уч фазали уч чўлғамли трансформатор НТМИ (9.3–расм, в) ишлатилиши мумкин.



9.3-расм. Кучланиш трансформаторлари чўлғамларининг уланиш схемалари.

Охирги ҳолда юлдуз шаклида уланган чўлғам ўлчаш асбобларини улаш учун қўлланилади, очик учбурчаклик асосида уланган чўлғамга ерга туташидан сақлайдиган муҳофазаловчи реле уланади. Худди шундай қилиб уч фазали гуруҳга ЗНОМ типигадаги бир фазали уч чўлғамли трансформаторлар ва НКФ каскадли трансформаторлар уланади. Конструкцияси бўйича *уч фазали* ва *бир фазали* трансформаторлар бўлади. Уч фазали кучланиш трансформатори 18 кВ гача бўлган кучланишли қурилмаларда бир фазали трансформаторлар эса исталган кучланишли қурилмаларда қўлланилади.

Назорат  
саволлари:

1. Кучланиш трансформаторининг ишлаш режими қандай?
2. Нима учун кучланиш трансформатори қисқа туташини режимида ишлаши мумкин эмас?
3. Ток трансформаторининг ишлаш режими қандай?
4. Нима учун ток трансформаторисалт ишлаш режимида ишлаши мумкин эмас?
5. Ток трансформаторининг иккиламчи юкламалари қандай танланади?



## Маъруза-10. (2соат).

### • ЭЛЕКТР СТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯЛАРИНИНГ БОШ СХЕМАЛАРИ.

РЕЖА:

- 10.1. Иссиқлик электр станцияларнинг, гидроэлектр станцияларнинг ва подстанцияларнинг электр схемалари.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Электр станцияларининг схемалари турлари, структуравий, бир чизиқли, оператив схемалар, асосий вазифаси, иссиқлик электр станцияларнинг, гидроэлектр станцияларнинг электр схемалари, электр станцияларининг бош схемаларига қўйиладиган талаблар.

#### **10.1. Электр станцияларининг схемалари турлари. Иссиқлик электр станцияларнинг, гидроэлектр станцияларнинг электр схемалари.**

Электр станция (подстанция)лар электрик уланишларининг бош схемаси – бир–бири билан ўзаро уланган натурал кўринишдаги асосий электр жиҳозлари (генератор, трансформатор, линиялар), йиғма шиналар, коммутацион ва бошқа бирламчи жиҳозуралар билан улар орасида натурал кўринишда бажарилган барча уланишлар мажмуидир.

Бош схемани танлаш электр станция (подстанция) электр қисмини лойиҳалашда асосий мезон ҳисобланади, чунки у элементларнинг тўлиқ таркибини ва улар орасидаги боғланишни аниқлайди. Танланган бош схема электрик уланишларнинг принципиал схемаси, ўз эҳтиёжи схемаси, иккиламчи уланишларнинг схемаси, монтаж ва бошқа схемаларни тузишда бошланғич маълумот ҳисобланади.

Бош схемалар чизмада бир чизиқли қилиб тасвирланиб, бунда тизилманинг ҳамма элементлари узилган ҳолатда бўлади. Айрим ҳолларда схеманинг айрим элементларини иш ҳолатида кўрсатишга йўл қўйилади.



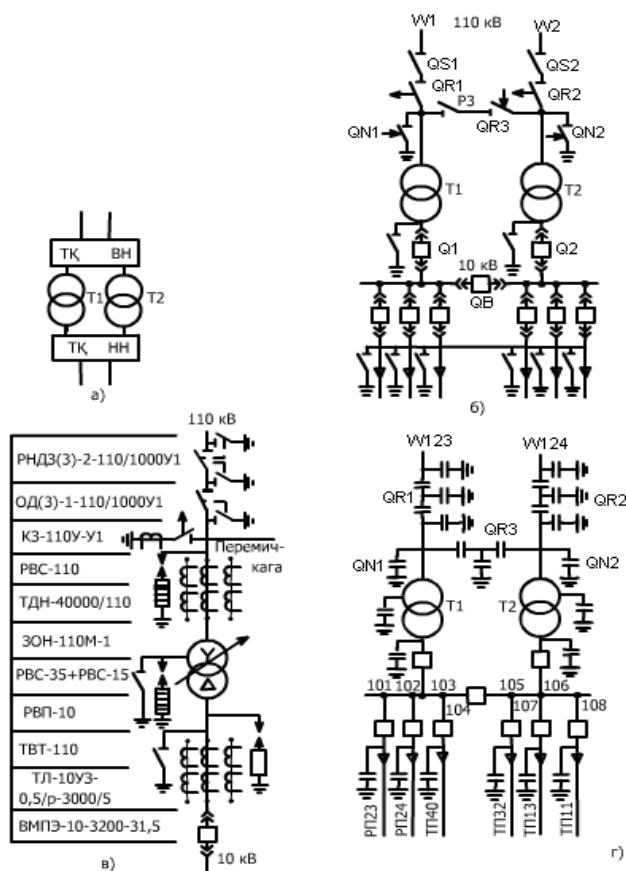
Схеманинг ҳамма элементлари билан улар орасидаги боғланишлар конструкторлик ҳужжатларининг ягона тизими (ЕСКД) стандартларига мувофиқ кўрсатилади. Схема асосий элементларининг шартли график белгилари 10.1–жадвалда кўрсатилган.

Эксплуатация шароитларида схемани тўлиқ тасвирлаш билан бир қаторда соддалаштирилган *оператив схемалар* қўлланилиб, уларда фақат асосий жиҳозлар кўрсатилади. Смена навбатчиси оператив схемани тўлдиради ва унга ўчиргичлар ҳамда ажраткичларнинг ҳолатида навбатчилик даврида юз берган зарур ўзгаришларни киритади.

Электр тизилмаларни лойиҳалашда бош схемани тузишдан олдин электр энергия (кувват) ни беришнинг *структура схемаси* тузилиб, унда электр тизилманинг асосий функционал қисми (таксимлагич қурилма, трансформаторлар, генераторлар) ва улар орасидаги боғланиш кўрсатилади. Структура схемалар кейинчалик принципиал схемаларни янада тўлароқ ва батафсилроқ ишлаб чиқиш, шунингдек электр тизилманинг иши билан умумий танишиб чиқиш учун хизмат қилади.

Бу схемаларнинг чизмаларида функционал қисмлар тўғри бурчаклар ёки шартли график тасвирлар кўринишида (10.1–расм, а) тасвирланади. Схемада жиҳозлар (ўчиргич, ажраткич, ток трансформатори ва ҳоказолар) дан ҳеч қайсиси кўрсатилмайди. 10.1–расм, б да шу подстанциянинг бош схемаси айрим жиҳозларсиз –ток, кучланиш трансформаторларсиз, разрядникларсиз кўрсатилган.

Бундай схема электрик уланишларнинг *соддалаштирилган принципиал схемаси* бўлади. *Тўлиқ принципиал схемада* (10.1–расм, в) бирламчи занжирнинг ҳамма жиҳозлари, ажраткич ва узгичларнинг ерга уловчи пичоклари, шунингдек, қўлланиладиган жиҳозларнинг типлари кўрсатилади. *Оператив схемада* (10.1–расм, г) шартли равишда ажраткич ва ерга уловчи пичоклар кўрсатилган. Ҳар бир сменада навбатчилик қиладиган ходим томонидан шу жиҳозларнинг ҳақиқий ҳолати (уланган, узилган) схемада кўрсатилади.



10.1–расм. Схемалар турлари (110/10 кВ ли подстанция мисолида):

а–структуравий; б–бош соддалаштирилган; в–тўлиқ принципиал; г–оператив.

*Электр билан таъминлаш ишончлилиги даражасига қараб истеъмолчилар (категорияси) тоифаси.* Электр билан таъминлаш ишончлилиги нуқтаи назаридан ҳамма истеъмолчилар тоифага бўлинади.

*Биринчи тоифа электр истеъмолчилари* бу шундай электр истеъмолчиларики, уларнинг электр билан таъминланилиши узилса, кишилар ҳаёти хавф остида қолиши, қиммат баҳо асосий асбоб–ускуналар ишдан чиқиши, маҳсулот кўплаб брак бўлиши, мураккаб технологик жараён бузилиши, халқ хўжалигига катта зарар етиши, коммунал хўжалигининг катта аҳамиятли элементларнинг бузилишига олиб келиши мумкин

Биринчи тоифа истеъмолчилари бир–бирига боғлиқ бўлмаган иккита манбадан таъминланиши керак бўлиб, танаффус фақат автоматик уланишга сарфланадиган вақтга рухсат этилади.

*Иккинчи тоифа электр истеъмолчилари* шундай электр истеъмолчиларини, уларни электр билан таъминлаш узилса, маҳсулотларни оммавий бера олмаслик, ишчилар, механизмлар ва саноат транспортининг оммавий туриб қолишига, шаҳар ва қишлоқ аҳолиси анчагина қисмининг нормал фаолияти бузилишига олиб келади. Бу электр истеъмолчиларини иккита мустақил манбадан таъминлаш тавсия этилади.

Иккинчи тоифадаги электр истеъмолчиларини электр билан таъминлашдаги узилиш вақти навбатчи ходим ёки келадиган оператив бригада заҳирадаги манбани улаши учун кетадиган вақтча бўлишига рухсат этилади.

*Учинчи тоифа электр истеъмолчиларига* биринчи ва иккинчи тоифаларнинг таърифларига тўғри келмайдиган ҳамма қолган электр истеъмолчилари киради. Бу электр истеъмолчилари битта ток манбаидан таъминланиб, бунда электр билан таъминлаш тизимининг элементини алмаштириш ёки таъмир қилиш учун керакли танаффус–бир суткадан ошмаслик шарти билан бажарилиши керак.

### ***Электр подстанцияларнинг бош схемалари, турлари.***

Подстанция схемасини танлашда юқори ва ўрта кучланишли линиялар сони билан уларнинг масъулият даражасини ҳисобга олиш лозим, шунинг учун турли ривожланиш босқичида подстанция схемаси турлича бўлиши мумкин.

Подстанцияларнинг электрик уланишларининг бош схемалари энергетик тизим электр тармоқларининг ривожланиш схемасини ёки районни электр билан таъминлаш схемасини ҳисобга олиб танланади.

Подстанциялар тармоққа уланиш усулига қараб, тупикли, шохобча, оралик, узлавий подстанцияларга бўлинади.

*Тупикли подстанциялар* деганда, битта электр тизилмадан бир ёки бир неча параллел линиялар орқали электр энергияси оладиган подстанция тушунилади. Бунга подстанциялар мисол бўлаолади.

*Шохобчали подстанциялар* деганда бир ёки иккита ўтувчи линияларга ажралмайдиган қилиб уланган подстанция тушунилади.

*Оралик (проходная) подстанция* бир ёки икки линия орасига жойлашиб, бир ёки икки томондан таъминланади.

*Узлавий подстанцияга* икки ва ундан ортиқ электр тизилмадан келаётган таъминловчи тармоқнинг иккитадан ортиқ линиялари уланади.

Вазифаси бўйича истеъмолчиларнинг ва тизимнинг подстанциялари бўлади. Тизим подстанциялари А, Б нинг шиналари орқали (11.8–расмга қаранг) энергетик тизимнинг айрим районлари ёки турли энергетик тизимлар боғланади. Одатда, бу 750–220 кВ ли юқори кучланишли подстанциядир. Истеъмолчиларнинг подстанциялари В, Г, Д, Е истеъмолчилар ўртасида электр энергия тақсимлаш учун хизмат қилади.

### ***Электр подстанцияларининг бош схемаларига қўйиладиган талаблар***

Подстанциянинг схемаси подстанцияни таъминловчи тармоққа уланиш усули ва вазифаси билан узвий боғлиқ бўлиб, қуйидаги талабларга жавоб бериши лозим;

подстанция истеъмолчиларини электр билан ишончли таъминлаши ҳамда нормал ва авариядан кейинги режимларда магистрал вки тизимлараро алоқа бўйича қувват узатишни таъминлаш, ривожланиш истиқболини ҳисобга олиши;

аста–секин кенгайиш имкониятини бериши;

аварияга қарши автоматика талабини ҳисобга олиши;

қўшни уланишларни узмай, схеманинг айрим элементларида таъмир ва эксплуатация ишларини олиб бориш имкониятини таъминлаши.

Подстанцияларда юқори кучланишли ўчиргичлари сони кам бўлган оддий схемаларни қўллаш тавсия этилади.

**Тупикли ва шохобчали подстанцияларнинг схемалари.** Тупикли ва шохобчали подстанциялар юкори кучланишли ўчиргичларга эга бўлмаган оддий схемалар бўйича курилади.

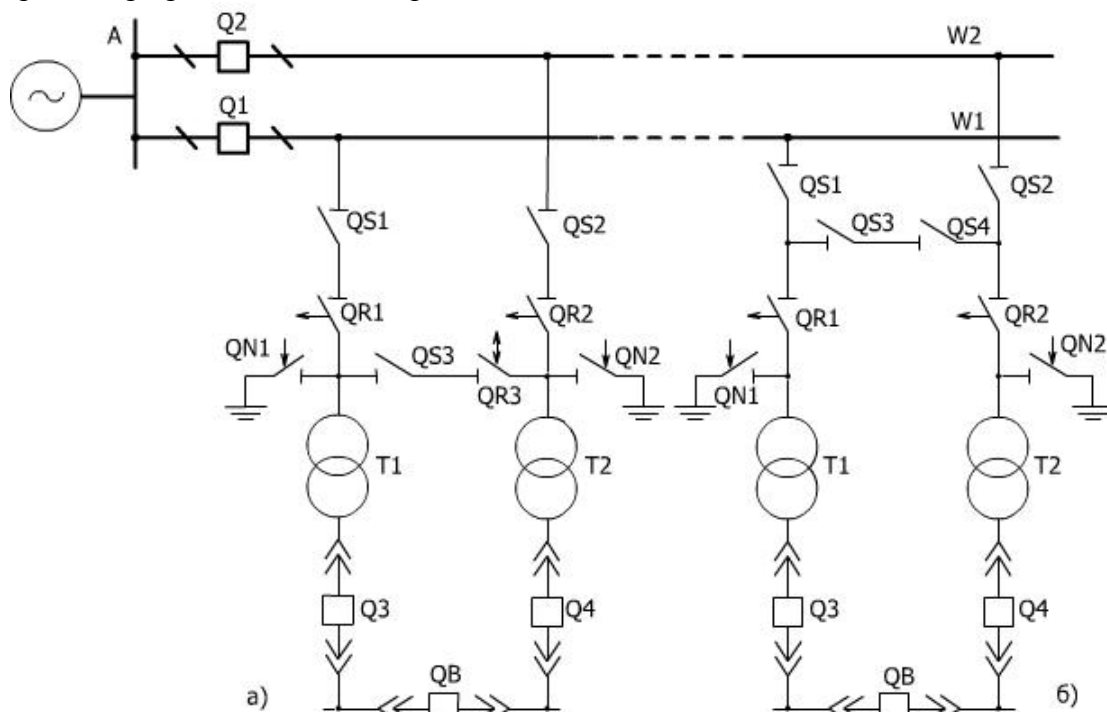
Икки трансформаторли подстанциялар юкори кучланиш томонида автоматик ёки ноавтоматик перемичка билан таъминланади (11.1–расм).

Автоматик перемичкада икки томонлама ишлайдиган узгич ва ажраткич ўрнатилган (11.1–расм, а). Нормал ҳолатда РЗ уланган (QR эса узилган, чунки бир трансформаторга перемичка орқали улашга иккита линиянинг ишлашига йўл қўйиб бўлмайди: параллел линиялардан бирида бузилиш бўлса, релели ҳимоя иккала линияни ҳам узади).

Линияларнинг авариядан узилиши трансформаторларга нисбатан кўпроқ содир бўлади. Бу ҳолатда ҳам перемичка ишлатилади. Масалан, қ. т. линия W1 да турғун бўлса, таъминловчи томонидаги ўчиргич Q1 узилади, минимал кучланиш ҳимояси ўчиргич Q3 ни узади, сўнгра узгич QR1 узилади. Трансформатор T1 нинг ишини тиклаш учун перемичкадаги QR3 автоматик уланади, сўнгра ўчиргич Q3 уланади. Шундай қилиб, подстанцияда иккита трансформатор ва транзит линияси W2 га уланган шохобчалардан бири ишлайди.

Агар перемичка узилган ҳолатда T1 трансформаторда қ. т. бўлса, бу ҳолда Q3 узилади, қиска туташтиргич QN1 уланади, Q2 узилади, QR3 токсиз паузада узилади, сўнгра АПВ ишга тушиб, линия W2 демак, трансформатор T2 ҳам ишлашни давом эттиради.

Схеманинг турли иш режимларидаги тафсилотидан кўринадикки, ҳамма элементлар аниқ мос ишлагандагина бошқа томонга автоматик қайта улаш мумкин. Масалан, QR1 ёки QR2 узилмаган бўлса, QN3 ни улаш мумкин эмас, Q3 ёки Q4 ишончли узилган бўлса ҳамда линиялар W1, W2 да кучланиш бўлмаса, QR1 ва QR2 ни узиш мумкин, QN1 ёки QN2 уланган бўлса, QR3 ни улаш мумкин эмас. Бу шартларни бажариш махсус блокировкалар орқали амалга оширилади.



11.1–расм. Икки трансформаторли тармоқлаш подстанциялар схемалари:

а–автомат перемичкали; б–автоматсиз перемичкали.

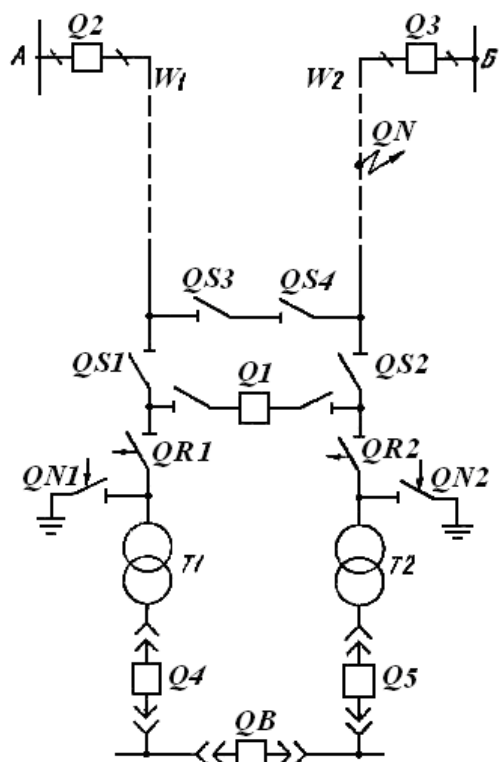
Иккита ажраткич QS3, QS4 лардан иборат таъмир перемичкали схемани қўллаш мумкин бўлиб, ажраткичлардан бири нормал режимда узилган (11.1–расм, б). Бузилиш W1 линияда турғун бўлганда Q1 ва Q3 узилади ҳамда АВР таъсирида 6–10 кВ томонидаги ВС уланиб, истеъмолчиларни T2 дан таъминлайди. Агар линия таъмир қилинадиган бўлса,

подстанция навбатчиси ёки кўчма оператив гуруҳ томонидан QS1 узилади, QS3, QS4 перемичкалар уланади ва Q3 уланади, сўнгра QB узилиб, T1 юклама остида бўлади. Бу схемада W1 таъмир қилинса, T1 ни W2 линиядан (ёки T2 ни W1 линиядан) таъминлаш мумкин.

Соддалаштирилган схемаларни янада такомиллаштириш юқори кучланишли юклама ўчиргичларини бир, икки ва уч йўналишда қўллаш йўли билан амалга оширилади. Бундай ўчиргичлар фақат подстанцияларни ўтаётган линияларга улабгина қолмай, уларни секциялаш имкониятини ҳам беради (11.2–расм).

### Оралик подстанцияларнинг схемалари.

Агар подстанция икки томонлама таъминланувчи линия перемичкасига уланса, унда трансформаторлар занжирига узгичлар, перемичкага эса ўчиргич ўрнатилади (11.2–расм). Нормал режимда ўчиргич Q1 уланган, таъмир перемичкаси эса ажраткич QS3 ёки QS4 билан узилган бўлади.



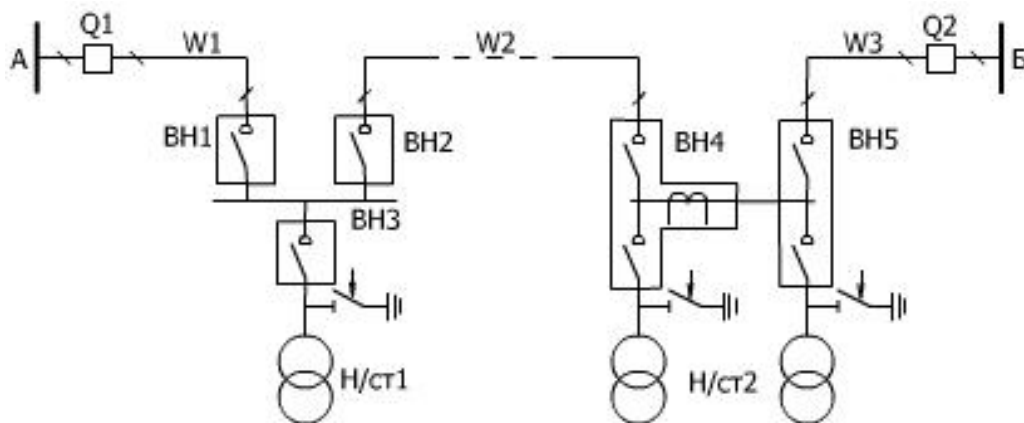
11.2–расм. Перемичкасида ўчиргичи бор оралик подстанция схемаси

T1 бузилса, QN1 уланади, Q1, сўнгра таянч подстанция А даги Q2 узилади. Узгич QN1 токсиз танаффус (пауза) да узилади, сўнгра Q1 ва Q2 уланади. Қувват ўтиши бузилмайди, трансформатор узилган бўлади.

Линиялардан бири, масалан W2 бузилса Q1, сўнгра таянч подстанция Б даги Q3 узилади. Агар линиянинг АПВ си муваффақиятсиз чиқса, Q5 узилади ва РАВ нинг таъсирида ўчиргич QB уланади. Шундай қилиб, истеъмолчиларни ток билан таъминлаш бузилмайди.

Оралик подстанцияларда ўчиргичли кўприкча схемаларни қўллаш ҳам мумкин (11.3–расмга қаранг). 220–330 кВ ли тармоқларда, шунингдек, янада юқори ишончилилик ва оператив мослашувчанликни таъминлайдиган ҳалқасимон схемалар қўлланилади. 11.4–расм, а даги схемадан фарқли ўлароқ, трансформатор (автотрансформатор) лар тўртбурчак учларига узгичлар орқали уланади (11.4–расм): АТ1 W2 ли блокка, АТ2 W4 ли блокка уланади. W1, W4 ли линиялар радиал, W2, W3 ли линиялар транзит линиялардир.

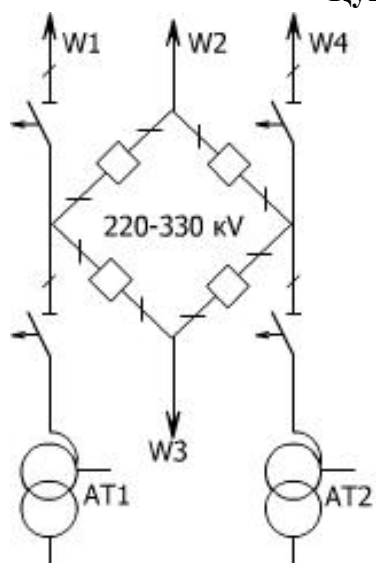
Линия занжирларига дистанцион юритмали ажраткич ва узгичлар ўрнатилиши мумкин. Бу бузилган линия узилгандан сўнг 220–330 кВ ли томондаги схеманинг ишини тиклаш имкониятини беради.



11.3–расм. Юклама ўчиргичли ўтказувчи подстанциялар схемалари:

а–ВНЭ I ли: 6–ВНЭ II ва ВНЭ III ли.

#### Қувватли узлавий подстанциянинг схемаси



11.4–расм. Кенгайтирилган тўртбурчаклик схемаси.

Узлавий подстанцияларнинг 30–750 кВ ли шиналари энергетик тизимнинг айрим қисмларини ёки икки тизимини бир–бири билан боғлайди, шунинг учун бу схемаларнинг ВН томонининг ишончилиги бўйича юқори талаблар қўйилади. Одатда, бу ҳолда линияларни кўп марта бириктириш схемалари қўлланилади: ҳалқасимон схемалар, бир занжирга 3/2 ўчиргичли схемалар ва шиналар–трансформатор схемаси қўлланилади.

11.5–расмда қувватли узлавий подстанциянинг схемаси кўрсатилган. 330–500 кВ ли томонга шиналар–автотрансформатор схемаси қўлланган. Ҳар қайси линиянинг занжирида–иккитадан ўчиргичлар бўлиб, шиналарга автотрансформаторлар ўчиргичсиз уланади (дистанцион юритмали ажраткичлар ёки узгичлар ўрнатилади). АТ1 узилганда 1СШ га уланган ҳамма ўчиргичлар узилиб, бунда 330–500 кВ ли линия ишлашда давом этади. АТ1 узилгандан сўнг

ҳамма томондаги ажраткич QS1 дистанцион (масофадан) узилади сўнгра ҳамма 1СШ ўчиргичлари уланиб, юқори кучланиш томонидаги схема тикланади.

330–500 кВ ли линияларнинг сонига қараб, ҳалқасимон ёки бир занжирга 3/2 ўчиргичли схемани қўллаш мумкин.

Қувватли подстанцияларнинг 110–220 кВ ли ўртача кучланишли томонида яқка линиялар сони олтигача, параллелларники эса ўнтагача бўлганда битта иш шинаси ва айланиб ўтувчи шинаси бор схемаси қўлланилади. Линиялар сони кўп бўлса, иккита иш шинаси ва айланиб ўтувчи СШ ли шиналари бор схема қўлланилади.

НН томонидаги схемани танлашда, биринчи навбатта қ.т. токини чеклаш масаласи ҳал қилинади. Шу мақсадда  $U_k$  микдори оширилган, НН чўлғами ажратилган трансформатор қўллаш ёки трансформатор занжирига реактор ўрнатиш мумкин. 11.5–расмдаги схемада НН томонига қўш реакторлар ўрнатиш мумкин. Ишга туширувчи реакторли синхрон компенсатор (СК) лар автотрансформаторлар НН нинг қисқичига бевосита уланган. 6–10 кВ ли линияларга қувватли СК ни улаш қ.т. тоқларининг ҳаддан ташқари ортишига олиб келади.

#### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

- *Электр станцияларининг бош схемаси деганда нимани тушунаси?*
- *Электр станциясининг бош схемасига қўйиладиган асосий талаблар қандай?*
- *Турдош кучланиш нима?*
- *Электр қурилмаларининг тоифасини изоҳланг?*
- *Техник-иқтисодий жиҳатдан қулай деганда*





## Маъруза-11. (2соат).

### • ЕРГА ТУТАШТИРУВЧИ ҚУРИЛМАЛАРИ.

РЕЖА:

- 11.1. Юкори кучланиш жихозларнинг ерга туташтирувчи қурилмалари.
- 11.2. Ерга туташтирувчи қурилмаларнинг вазифаси ва тузилиши. Ерга туташтирувчи қурилмани ҳисоблаш.

Таянч сўз  
ва  
иборалар

- Ерга туташтирувчи қурилмаларнинг вазифаси ва тузилиши, ишчи, химоявий ва яшиндан химоя ерлаткичи, табиий ва сунъий ерлаткичлар, ерлаткич қурилмасига қўйиладиган талаблар.

#### **11.1. Юкори кучланиш жихозларнинг ерга туташтирувчи қурилмалари.**

Электр ускуналарида заминлашнинг қуйидаги турлари қўлланилади.

*И ш ч и з а м и н л а ш* – электр аппарат ёки ускунани иши учун нормал шароит яратишга мўлжалланади. Бу генератор, трансформаторлар ва ёй сўндирувчи ғалтакларни нейтралларини заминлаш. Нейтрални заминланган қурилма ва тармоқлар нисбатан арзонроқ бўлади, эксплуатация хавфсизлиги ортади, чунки бунда релели химоянинг аниқ ва ишончли ишлаши таъминланади.

*Ч а қ м о қ д а н ҳ и м о я в и й* заминлаш - бу атмосфера ўта кучланишлари натижасида содир бўладиган чақ-моқлардан химояловчи стерженли ва тросли яшин қайтаргичларни учқун оралиқлари, химоя трослари, разрядловчиларини заминлаш.

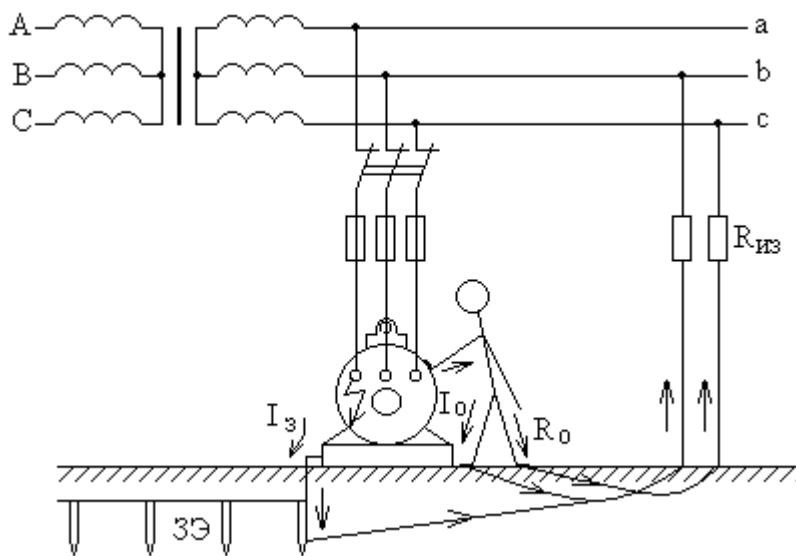
*Х и м о я в и й з а м и н л а ш* - электр ускуналарни нормал ҳолатда кучланиш остида бўлмайдиган, аммо изоляция шикастланиши натижасида кучланиш остида бўлиб қолиши мумкин бўлган металл қисмлари заминланиши керак. Бу заминлаш *ҳ и м о я в и й* дейилади. Кучланиши 500 В ва ундан юқори бўлган ҳамма ускуналар, хавфи юқори, ўта хавфли ва ташқаридаги ускуналарни кучланиши 36 В-дан юқорилигида химоявий заминлаш зарурдир.

Одамни ток ўтказувчи қисмларга тегиб кетишини олдини олиш учун қоида бўйича ток ўтказувчи қисмлар изоляцияланади ва қурилмаларнинг барча металл қисмлари (электр машиналарни, трансформаторларни, аппаратларни корпуслари, ўлчов трансформаторларни иккиламчи чулғамлари, электр аппаратларни юритмалари, тақсимловчи шчитларни, пультларни, шкафларни каркаслари, тақсимлаш қурилмаларини металл конструкциялари, кабел муфталарини металл корпуслари, кабелларни, симларни металл қобиклари, бино ва иншоотларни электр ускуналарни ўрнатиш билан боғлиқ ҳамда

бошқа металл конструкциялар, тўсиклар ва ҳоказолар) химоявий заминланади, шчитлар, қопламалар билан ихоталанади ёки етиб бўлмайдиган баландликда жойлаштирилади. Бу ишлар эксплуатация ҳавфсизлигини ошириш, ишлатувчиларни ток остида қолиш эҳтимоллигини камайтириш мақсадида бажарилади.

Аммо қатор ҳолларда нормал ҳолатларда кучланишдан изоляцияланган қисмлар ёки ускуналар изоляция тешилиши ва бошқа носозликлар натижасида кучланиш остида бўлиб қолиши мумкин.

Натижада одам шундай қисмга тегиб кетса, унинг танасидан ток ўтиши мумкин, бу эса бахтсиз ходисани сабаби бўлиши мумкин. Аммо, бундай қисмлар кичик қаршиликли сим билан заминлаб қўйилса, токни асосий қисми одам танасидан эмас, заминловчи ўтказгичдан ўтади (11.1-расм).

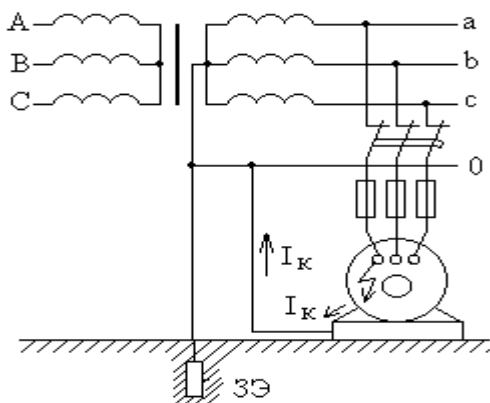


11.1-расм. Нейтрали изоляцияланган химоявий заминлаш.

Шунинг учун электр ускуналарни айтиб ўтилган қисмлари умумий заминловчи ўтказгичга уланиб заминланади.

Одатда заминлашни ҳамма уч тури учун битта заминловчи қурилмадан фойдаланилади. Заминлаш учун табиий ва сунъий заминлагичлардан фойдаланилади. Табиий заминлагичлар сифатида ерга ишончла уланган сув ўтказиш трубалари, кабелларни қобиклари, биноларни фундаментлари ва металл қисмлари, таянчлар фундаменлари ҳамда трос-таянч системаси ишлайди. Ёнувчи суюқлик ва газ трубаларидан фойдаланиш таъқиқланади. Сунъий заминлагичлар сифатида ер билан ишончла контактлаш учун тупрокка кўмилган металл стерженлар, уч бурчаклар, полосалар ишлайди.

Заминловчи ўтказгич заминловчи электродларга уланади (11.1-расм), улар эса ерга вертикал қоқилган ва полосали пўлат билан пайвандланган узунлиги 2,5-3 м, диаметри 38-50 мм, қалинлиги 3,5 мм-дан кам бўлмаган сунъий заминлагичлардир. Улар бир биридан 2,5-3 м масофага жойлашади.



Амалдаги қоидаларга биноан кучланиши 1000 В-гача бўлган тармоқларда (қўзғалмас заминланган ва нейтрали ёки фазаси заминланмаган) генератор ва трансформаторларни заминловчи ускуна-ларини қаршилиги **4 Ом**-дан ошмаслиги керак.



11.2-расм. Нейтрал қўзғалмас заминланган системада химоявий заминлаш.

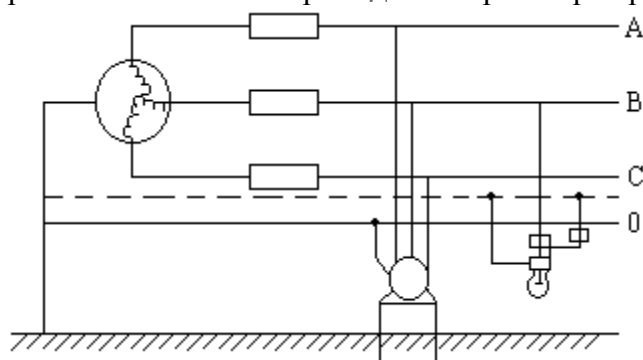
Кучланиши 1000 В-дан юқори тармоқларда ерга ўтадиган катта токли ускуналарда (500 А-дан юқори) заминловчи қурилмаларни қаршилиги **0,5 Ом** бўлиши керак; ерга ўтадиган токлари кичик ускуналарда (500 А-гача) -  $\frac{250}{I_{e.m.m.}}$  Ом бўлиши керак, аммо 10 Ом-дан

юқори эмас (ёки  $\frac{125}{I_{e.m.m.}}$  Ом, агар заминловчи ускуналар бир йула 1000 В-гача бўлган ускуналар учун ҳам ишлатилса), ифодаларда  $I_{e.m.m.}$ -ерга туташуш токни ҳисобий қиймати.

Агар нейтрал қўзғалмас заминланган бўлса, химояланаётган электр ускуналарни генератор ёки трансформаторларни заминланган нейтрал билан боғлаш керак (11.2-расм). Изоляция тешилганда заминланган корпус орқали  $I_k$  қиска туташув токи оқади, сақлагич эрийди ва ускуна шикастланган элементи автоматик ўчади.

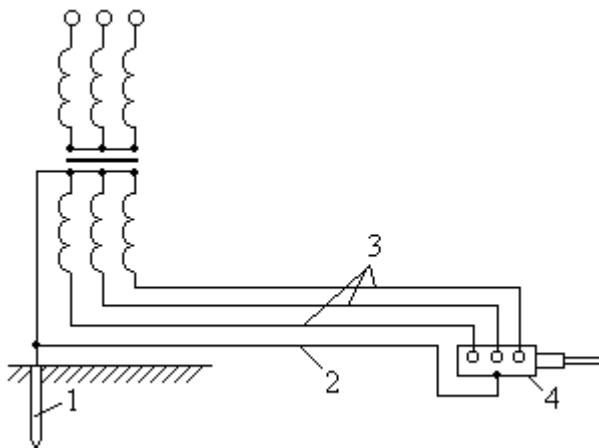
*380/220 В ли тармоқда электр мотор корпуси ва чироқ арматурасини ноллаш.*

11.3-расм. 380/220 В-ли тармоқда электр мотор корпуси ва чироқ арматурасини ноллаш



схемаси.

*Ноллаш - заминланган объектни генератор ёки трансформаторнинг ерга уланган нейтрал билан металл боғланиши.* Ноллаш 380/220 В-ли кучланишли очик майдончаларда ўрнатилган, хавфли биноларда жойлашган қурилмаларда бажарилади.

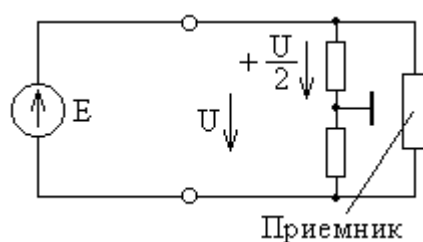


11.4-расм. Нолланган электр асбоби:

1-заминлагич; 2-химоявий ноллашни сими; 3-манбаа симлари; 4-электр асбоби.

Баъзи электр қурилмаларида электр занжирни қайсидир нуқтасини тасодифан заминланиши авария ходисаси деб ҳисобланади, чунки бунда тегиб кетилганда токдан шикастланиш хавфи пайдо бўлади. Бундай қурилмаларда электр тармоқ заминланиб қолганлиги тўғрисида

автоматик сигналлаш қўлланилади.



қатор ҳолларда, бунинг акси, занжирни ўрта нуқтаси заминланади: трансформаторни нейтрал, ўзгармас ток занжирини ўрта нуқтаси (11.5-расм). Бунда симларни ерга нисбатан кучланиши  $U/2$ -занжир кучланишидан икки марта кичик бўлади.

11.5-расм. Ўзгармас ток занжирини ўрта нуқтасини

заминлаш схемаси.

Одам танасидан ток оқиб ўтганда унда физикавий-кимёвий реакциялар юзага келади. Ток таъсирида бадан куйиши, шок, шол бўлиб қолиш холлари, баъзи пайтларда эса ўлимга олиб келиши мумкин. 0,1 А-га тенг ток ҳаёт учун хавфли ҳисобланади. Одамни ток уриши организмнинг холатига, тери юзаси ва холатига, контакт юзаси ва зичлигига, токнинг таъсирида бўлиш вақтига боғлиқ. Одам танасининг токка қаршилиги 0,6 кОм-дан 100 кОм-гача бўлиши мумкин.

Ток таъсирига тушиб қолмаслик учун электр қурилмаларини текшириш пайтида жадвал 4-даги масофалардан яқин турмаслик керак.

**МУАММО:** Кандай электр қурилмаларида химояловчи заминлаш бажарилиши керак?

*Муаммо ечимини маърузани диққат билан уқиб чиқиб топасиз.*

Одам танасидан ўтиши мумкин бўлган токнинг қийматини камайтириш учун заминлагичларнинг қаршилигини камайтириб,

одам танасининг қаршилигини ошириш зарур (резина гиламча, резина этик, қўлқоп ва бошқалар).

Жадвал 4.

қурилма кучланиши, кВ	Ток ўтказувчи қисмларгача масофа, м
1000 в-гача	0,6
6-35	0,6
35-110	1,0
150	1,5
220	2,0
330	2,5
400-500	3,5
750	5,0

### **11.2. Ерга туташтирувчи қурилмаларнинг вазифаси ва тузилиши.**

Нормал ҳолда кучланиш остида бўлмаган, бироқ изоляция бузилганда кучланиш остида бўлиши мумкин бўлган электр тизилмаларнинг ҳамма металл қисмлари ер билан ишончли туташтирилиши керак. Бундай ерга туташтириш химоявий ерга туташтириш деб юритилади, чунки унинг мақсади ишлаётган шахсни хавфли тегиш кучланишидан сақлашдан иборат. 500 В ва ундан юқори кучланишли ҳамма тизилмаларни, шунингдек, юқори хавфли, энг хавфли хоналарда ва ташқи қурилмаларда ўзгарувчан токнинг кучланиши 36 В дан юқори бўлганда ерга туташтириш шарт.

Электр тизилмаларда қуйидагилар ерга туташтирилади: электр машиналар, трансформаторлар, аппаратларнинг корпуслари, ўлчаш трансформаторларининг иккиламчи чўлғами, электр аппаратларининг юритмалари, тақсимлаш шчитлари, пульталар, шкафларнинг корпус (каркас) лари, тақсимлаш қурилмаларининг металл қурилмалари, кабель муфталарининг металл корпуслари, кабеллар, ўтказгичларнинг металл қобиғи ва бронлари, иморатлар ва иншоотларнинг металл конструкциялари ҳамда электр асбоб–ускуналарни ўрнатиш билан боғлиқ бўлган бошқа металл конструкциялар.

Ерга *иш туташтириши* деганда аппарат ёки электр тизилмаларнинг нормал ишлаш шароитини ҳосилқилувчи ерга туташтириш тушунилади. Ерга иш туташтиришга трансформаторлар, генераторлар, ёй сўндирувчи ғалтакларни ерга туташтириш киради. Аппарат ерга туташтирилмаган бўлса, ўз вазифасини бажара олмайди ёки электр тизилманинг ишлаш режими бузилади.

Асбоб–ускуналар яшин зарбидан бузилади. Бунинг олдини олиш учун ерга туташтиргичга уланадиган разрядниклар стерженли ва троссли яшин кайтаргичларнинг

ушқунли оралиғидан фойдаланиб, яшиндан ҳимояланади. Бундай *ерга туташтиришни яшиндан ҳимоя қилиш* деб юритилади.

Одатда, учала типдаги ерга туташтиришни тайёрлаш учун битта ерга туташтирувчи қурилмадан фойдаланилади.

Ерга туташтириш учун *табiiй* ва *сунъий* ерга туташтиргичлар қўлланилади. Табiiй ерга туташтиргич сифатида водопровод трубаси, кабеллар қобиғи, пойдеворлар ва иморатларнинг металл қисмлари, таянчлар пойдевори, шунингдек, тросс–таянч тизимлари қўлланилиб, улар ер билан ишончли туташган бўлади.

Сунъий ерга туташтиргич сифатида металл стерженлар, бурчакликлар, полосалар қўлланилиб, улар ер билан ишончли контакт ҳосил қилиш учун тупроққа кўмилади.

Ерга туташтиргич (труба, бурчаклик, стержень) ларнинг сони ерга туташтириш қурилмасининг керакли қаршилиғига ёки рухсат этиладиган тегиш кучлайишига қараб ҳисоблаб аниқланади. Сунъий ерга туташтиргичлар шундай жойланадики, бунда электр асбоб–ускуналар билан банд бўлган майдондаги электр потенциали мумкин қадар бир хил тарқалишини таъминланади. Шу мақсадда ОТҚ майдонида асбоб–ускуналар бўйлаб ҳамда кўндаланг йўналишда чуқурлиги 0,5–0,7 м гача бўлган ерга туташтирувчи тўр ҳосил қилиниб, ерга туташтирувчи полосалар ётқизилади ва унга ерга туташтирилиши лозим бўлган асбоб–ускуналар уланади.

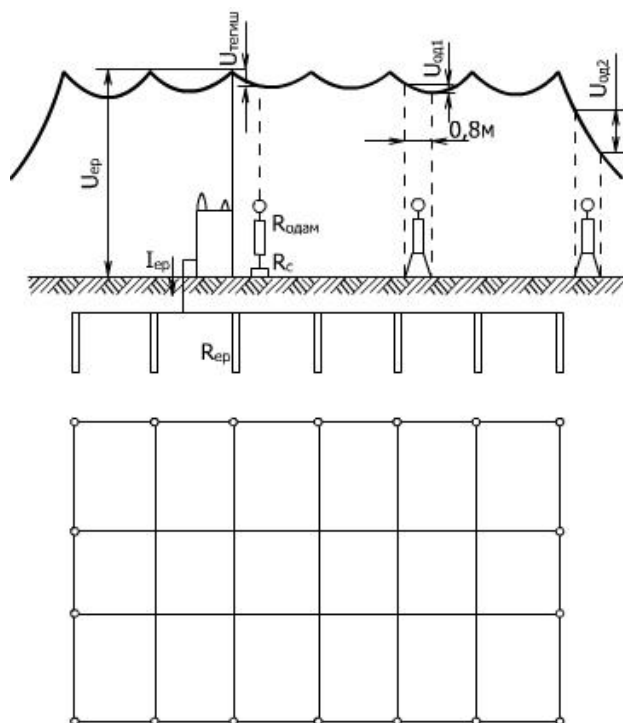
26.1–расмда очик тақсимлаш қурилмасида ерга туташтирувчи контурнинг жойлашиш режаи, шунингдек, ОТҚ территориясида потенциалларнинг ўзгариш эгри чизиғи кўрсатилган.

Аппаратлардан бирининг изоляцияси бузилса, унинг корпуси ва ерга туташтирувчи контур маълум  $U_3 = I_3 r_3$  потенциал остида бўлади.  $I_3$  токининг ерга туташтирувчи электродлар орқали оқиб ўтиши улар атрофидаги ер потенциалининг аста–секин камайишига олиб келади. Ерга туташтириш контури ичидаги потенциаллар тенглашади, шунинг учун бузилган ускунага теккан киши унча катта бўлмаган потенциаллар айирмаси  $U_{пр}$  (тегиш кучланиши) остида бўлиб, у ерга туташтиргичнинг потенциалининг маълум қисмини ташкил этади:

$$U_{пр} = k_n U_3$$

бунда  $k_n$  –тегиб кетиш кучланиши коэффиценти, унинг қиймати ерга туташтиргич билан одамдан токнинг ўтиш шароитига боғлиқ.

Одимий кучланиш, яъни 0,8 м оралиқдаги контурнинг ичида жойлашган икки нуқта орасидаги потенциаллар айирмаси катта бўлмайди ( $U_{од.1}$ ). Контурдан ташқарида потенциалларнинг тарқалиш эгри чизиғи янада қияроқ, шунинг учун одимий кучланиш ( $U_{од.2}$ ) гача ортади. Ерга туташадиган тоқлар катта бўлганда одимий кучланиш  $U_{од.1}$  ни камайтириш учун контурнинг кириш ва чиқиш четларига қўшимча пўлат полосалар ётқизилади. Ҳимоявий ерга туташтиришнинг вазифаси  $U_3$ ,  $U_{пр}$ ,  $U_{од}$  кучланишларини хавфсиз катталикларгача камайтиришдан иборат.



26.1–расм. Ерга туташтиргич майдонидаги ер юзаси бўйлаб потенциалнинг тақсимланиши.

Ерга туташтирилмаган ёки резонансли ерга туташтирилган нейтралли (6; 10; 35 кВ ли тармоқлар) тизилмаларда ерга туташтиргичлардаги потенциал ( $U_3$ ) катталиги чекланади, яъни ерга туташтирувчи қурилманинг қаршилиги  $R_3$  нормаланади. Чунки фаза ерга туташганда унча катта бўлмаган сиғим токининг ўтишига олиб келади ва бу режим узок давом этиши мумкин. Ерга туташган қисмларга тегилган пайтда кучланиш остида қолиш эҳтимоли ортади.

Ерга нейтралли эффектив туташтирилган 110 кВ ва ундан юқори тармоқлар тизилмаларда фаза ерга туташса, қисқа туташув бўлади ва релели ҳимоя уни тез узади. Бунинг натижасида кучланиш  $U_{пр}$ ,  $U_{од}$  остида қолиш эҳтимоли камаяди.

Бир фазали қ. т. тоқлари анча катта бўлганлиги учун ерга туташтиргичдаги потенциал кескин ортади. Бу тизилмалардаги  $U_{пр}$  миқдори нормаланади ва унинг катталиги одам танасидан токнинг ўтиш муддатига қараб аниқланади.

$U_{од}$  кучланиши нормаланмайди, чунки одам учун токнинг оёқдан ўтиш йўли, қўлдан–оёққача ўтган йўлга қараганда хавфсизроқ.

**Кучланиши 6-35 кВгача бўлган электр тармоқларининг ерлаткич қурилмасини ҳисоблаш.**

6–35 кВ ли ерга туташтирилмаган ёки резонансли–ерга туташтирилган нейтралли тизилмаларда [А. 1–12] га асосан ерга туташтирувчи қурилманинг йилнинг исталган вақтидаги қаршилиги қуйидагича бўлиши шарт:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3}, \quad (27-1)$$

бунда  $I_3$  – ерга туташгандаги ҳисобий ток, А.

Агар ерга туташтирувчи реактор нейтралга уланган бўлса, бу ҳолда у уланган ерга туташтирувчи қурилмалар учун ҳисобий ток номинал токнинг 125% ига тенг қилиб олинади. Реактор уланмаган ерга туташтирувчи қурилмалар учун ҳисобий токнинг миқдори ўрнида, энг кучли ерга туташтирадиган реактор узилишидан ҳосил бўладиган, компенсацияланмаган сиғим токининг катталиги олинади.

6–35 кВ ли тизилмалар учун ерга туташтирувчи қурилманинг қаршилиги 10  $\Omega$  дан ошмаслиги керак (ПУЭ 1.7–боб).

Изоляцияланган нейтралли 1000 В гача бўлган тизилмалардаги ерга туташтирувчи қурилмаларнинг йилнинг исталган вақтидаги қаршилиги қуйидагича бўлиши шарт:

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3}, \quad (27-2)$$

бунда  $I_3$ –ерга туташгандаги ҳисобий ток, А.

Манба қуввати 100 кВ А гача бўлса,  $R_3$  10  $\Omega$  дан ошмаслиги керак, қуввати катта бўлса,  $R_3=4$   $\Omega$  га тенг (ПУЭ, 1.7–боб) бўлади.

(27-1) ва (27-2) формулаларнинг суратидаги сонлар ерга туташтиргичдаги рухсат этиладиган кучланиш – 250 ва 125 В дир. Шунини таъкидлаш лозимки, ерга туташтирилган ускунага теккан одам кучланиш таъсирида бўлмай, балки ундан кичикроқ кучланиш таъсирида бўлади.

Нейтралли ерга мустаҳкам туташтирилган, кучланиши 1000 В гача бўлган тизилмаларнинг ерга туташтирувчи қурилмаларига қатор айрим талаблар қўйилади, уларни бу ерда кўрилмади.

Нейтралли ерга туташтирилмаган ёки резонанс ерга туташган тизилмаларнинг ерга туташтирувчи қурилмалари горизонтал ва вертикал ерга туташтиргичлардан тўғри тўртбурчак, айрим ҳолларда бир икки қатор горизонтал ва вертикал ерга туташтиргич кўринишида тайёрланади. Бундай қурилмаларни амалий мақсадлар учун етарли аниқликда, фойдаланиш коэффициенти бўйича ҳисоблаш мумкин, бунда тупрокни ҳамма қатламида бир жинсли деб қабул қилинади.

Ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади:

1. Ҳисобий ток  $I_3$  ва (27–2) ёки (27–1) бўйича  $R_e$  аниқланади (турли қучланишлардаги ерга туташтирувчи қурилмалар бирга қўшилган бўлса, унда талаб қилингандан кичикроқ миқдор олинади).

2. Табиий ерга туташтиргичлар қаршилиги аниқланади. Табиий ерга–туташтиргичлардан фойдаланилганда ерга туташтирувчи қурилма конструкцияси соддалашади, ерга сунъий туташтиргичлар электродларининг сони камаяди, айрим ҳолларда эса улар бутунлай қўлланилмайди.

Табиий ерга туташтиргичларнинг қаршилиги конкрет қурилмада ўлчаш нўли билан аниқланади. Уларнинг катталиги тахминан қуйидагича бўлиши мумкин: пўлат водопровод трубаси –2–4  $\Omega$ ; кабелнинг металл қобиғи –2–3  $\Omega$ ; тросс–таянч тизими учун 2,5–3  $\Omega$  олиш мумкин. Очiq ТҚ нинг таянч пойдеворларининг қаршилиги ҳисобланади.

Агар  $R_e < R_3$  бўлса, у ҳолда, вертикал ерга туташтиргичлар керак бўлмай, майдонга камида икки жойидан ерга табиий туташтиргич билан боғланадиган горизонтал ерга туташтиргич (одатда тасмадан иборат) ётқизилади.

Агар  $R_e > R_3$  бўлса, у ҳолда сунъий ерга туташтиргич қурилмаси қилиниб, унинг қаршилиги қуйидагига тенг бўлиши керак.

$$R_{\text{сун}} = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3} \quad (27-3)$$

Сунъий ерга туташтиргич сифатида узунлиги 3–5 м, диаметри 12–20 мм ли стержень – вертикал ерга туташтиргичлар ва 40 X 4 мм ли пўлат полосалар горизонтал ерга туташтиргичлар қилиб ишлатилади.

3. Тупроқнинг ҳисобий солиштирма қаршилиги аниқланади:

$$\rho_{\text{хис}} = k_c \rho, \quad (27-4)$$

бунда  $\rho$ –нормал намликдаги тупроқнинг ўлчанган солиштирма қаршилиги. 27.1–жадвалда  $\rho$  нинг айрим қийматлари келтирилган  $k_c$ –тупроқнинг қуриши билан музлашини ҳисобга олувчи мавсумий коэффициент. Ўртача иқлимли районлар (иккинчи, учинчи) –да узунлиги 3–5 м ли вертикал электродлар учун  $k_c=1,45 \div 1,15$ ; узунлиги 10–15 м ли горизонтал электродлар учун  $k_c=3,5 \div 2,0$  олинади.

7.1–жадвал

Тупроқ	Солиштирма қаршилик, $\Omega$ м	Тупроқ	Солиштирма қаршилик, $\Omega$ м
Қум	400–1000 ва кўп	Торф	20
Қумлоқ		Қора тупроқ	10–50
Қумоқ		Оҳактош, тупроқ	
Гил	8–70	оҳактош	1000–2000
Боғ экилган ер	40	Қояли грунт	2000–4000

4. Ажратилган майдонга ерга туташтиргични жойлаштиришни ҳисобга олиб, унинг тузилишини тахминан аниқланади, бунда вертикал ерга туташтиргичлар ораси улар узунлигидан кичик олинмайди. Ерга туташтирувчи қурилманинг режаи бўйича вертикал ерга туташтиргичларнинг тахминий сони ҳамда горизонтал ерга туташтиргичнинг узунлиги аниқланади.

5. Битта вертикал ерга туташтиргич стерженнинг қаршилиги  $\Omega$  ҳисобида аниқланади:

$$r_B = \frac{0,366 \rho_{\text{хис}}}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (27-5)$$



1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

бунда  $\eta_r$  – фойдаланиш коэффициенти, уни 27.3–жадвалдан оламиз.

8. Бирлаштирувчи полосадан фойдаланишни ҳисобга олиб вертикал ерга туташтиргичларнинг керакли қаршилиги аниқланади

$$R_B \leq \frac{R_2 R_3}{R_2 - R_3}. \quad (279)$$

9. Вертикал ерга туташтиргичларнинганиқ сони топилади:

$$n'_B = \frac{r_B}{R_B \eta'_B},$$

бундаги  $\eta'_B$  фойдаланиш коэффициентининг аниқ қиймати.

Ҳисоб натижалари асосида ерга туташтирувчи қурилма шакли аниқланади.

### HAZOPAT САВОЛЛАРИ:

1. Кучланиши 6–10 кВли тармоқлар учун рухсат этилган қаршилик қанча?
2. 35 x 25 мхм ўлчамли нимстанция учун ерлаткич қозиқлари тахминан қанча бўлиши мумкин?
3. Табиий ерлаткичнинг қаршилиги рухсат этилган ерлаткич қаршилигидан юқори бўлса бажариши тартиби қандай?
4. Тасма қанча чуқурликда жойлаштирилади?
5. Кучланиши 6–10 кВли тармоқда электродлар қанча оралиқда жойлаштирилади?



## ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. И.А.Каримов «Баркамол авлод –Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори» Тошкент «Ўзбекистон» 1998 й.
2. И.А.Каримов “Jahon moliyaviy–iqtisodiy inqirozi, o‘zbekiston sharoitida uni bartaraf etishning yo‘llari va choralari”. Toshkent, 2009 yil.
3. Ўзбекистон Республикаси Президенти Ислом Каримовнинг 2014-йилда мамлакатимизни ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш яқунлари ҳамда 2015-йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг мухим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамасининг мажлисидаги маърузаси 18.01.2013 22:44
4. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электр станция ва подстанцияларининг электр асбоб ускуналари. Тошкент: Ўқитувчи, 1986.
5. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций–М.: Энергия, 1976–552 б.
6. Электротехнический справочник: Т.3, Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии. /Под общ. ред. профессоров МЭИ. –М.: Энергоатомиздат, 1988, 880 с.
7. Электрическая часть станций и подстанций /Под ред. А. А. Васильева. Ч. П.–М.: Энергия, 1972–344 б.
8. Электрическая часть станций и подстанций (справочные материалы) /Под ред. Б. Н. Неклепаева. –М.: Энергия, 1978–336 б.
9. Правила устройства электроустановок–М.: Энергия, 1965–484б.
10. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. 13–е изд. – М.: Энергия, 1977–224 б.
11. Электрическая часть электростанций /Под ред С. В. Усова–Л.; Энергия. Ленингр. отд–ние, 1977–556 б.
12. Правила устройства электроустановок 5–е изд., I, II, III, IV–М.: Атомиздат, 1977, 1978–54 б; 43 б; 96 б; 48 б.
13. Вульман Г. Л. Эксплуатация генераторов на электростанциях–М.: Госэнергоиздат, 1963–344 б.
14. Турбогенераторы. Расчет и конструкция/ Под ред. Н. П. Иванова и Р. А. Лютера–Л.: Энергия. Ленингр. отд–ние, 1967–896 б.
15. Порудоминский В. В. Устройства переключения трансформаторов под нагрузкой. – М.: Энергия, 1974. –288 б.
16. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов.–М.: Энергия, 1976.–544б
17. Рябкова Е. Я Заземления в установках высокого напряжения.–М.: Энергия, 1978.– 224 б.

