

O'ZBEKISTON OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT ARXITEKTURA QURILISH -INSTITUTI

FAYZIYEV A., NAZAROV SH.

QURILISHDA ELEKTR TA'MINOTI

O'QUV QO'LLANMA

TOSHKENT-2014

MUNDARIJA

I-қисм

SO‘Z BOSHI. 3

Кириш. Қурилишда электр таъминоти фани 4

I BOB: Qurilishda elektr ta’minoti fani haqida. O‘zgarmas tok chiziqli elektr zanjirlari. 5

1.1. Электр занжири

1.2. Электр занжири классификацияси.

1.3. Баъзи топологик тушунчалар

**1.4. Электр занжиридаги асосий ходисалар ва уларни
характерловчи катталиклар11**

1.5. Ўзгармас ток электр занжирларининг асосий қонунлари

1.6. Жоуль-Ленц қонуни.15

1.7. Кирхгоф қонунларини бевосита қўллаш усули.....16

1.8 Суперпозиция принципи.....18

1.9. Контур токлари усули.20

1.10. Тугун кучланиши методи.....23

1.11. Эквивалент генератор усули.....

**1.12. Қаршиликларнинг юлдуз схемасини эквивалент учбурчак
схемаси билан алмаштириш.....**

**1.13. Қаршиликларнинг учбурчак схемасини эквивалент юлдуз
схемаси билан алмаштириш.....**

II BOB: Bir fazali o‘zgaruvchan tok elektr zanjirlari. 34

2.1. Асосий тушунчалар ва таърифлар.....34

**2.2. Синусоидал функцияларни турли кўринишда
тасвирлаш.....**

**2.3. Синусоидал функцияларни комплекс сонлар билан
ифодалаш.....**

2.4. Синусоидал ток занжири учун Кирхгоф қонунлари...

2.5. Комплекс шаклдаги Кирхгоф қонунлари.....

2.6. Синусоидал ток занжирининг асосий элементлари.

Резистив элементли синусоидал ток занжири.....

2.7. Индуктив элементли синусоидал ток занжири.....

2.8. Сигим элементли синусоидал ток занжири

**2.9. Элементлари кетма –кет уланган синусоидал ток
занжири.....**

2.10. Синусоидал ток занжиридаги ўтказувчанлик.....

III BOB: Электротаъминот системалари ва электроқурилмалар 56
ҳақида асосий маълумотлар.

- 3.1. Қурилишда электроприёмниклар, электр энергиясининг истеъмолчилари ва электр тармоқлар.....**
- 3.2. Асосий тушунчалар ва таърифлар..... 61**
- 3.3. Электротаъминот манбалари ва электроқурилмалар....**
- 3.4. Қурилиш ишлари технологияси.....**
- 3.5. Қурилиш объектларининг электротаъминот системаси.**
- 3.6. Қурилиш ишлаб чиқаришининг электротаъминот сиситемаларидаги истеъмолчилар ва электроприёмниклар.**

IV BOB: Elektr ta'minotining uch fazali sistemasi

- 4.1. Уч фазали ток ва уни ҳосил қилиш.....79**
- 4.2. Айланувчи магнит майдони.....82**
- 4.3. Генератор чулғамларини юлдуз шаклида улаш.**
- 4.4. Генератор чулғамларини учбурчак шаклида улаш**
- 4.5. Уч фазали токнинг қуввати.....95**

V BOB: Трансформаторлар. Qurilish transformator podstantsiyalari.....97

- 5.1. Бир фазали трансформатор.....**
- 5.2. Трансформациялаш коэффиценти.....**
- 5.3. Трансформаторнинг фойдали иш коэффиценти (ФИК).**
- 5.4. Трансформаторнинг салт ишлаш режими.**
- 5.5. Салт ишлаш тажрибаси.....102**
- 5.6. Трансформаторнинг киска туташув режими.....**
- 5.7. Киска туташув тажрибаси.**
- 5.8. Трансформаторнинг юклама режими.....**
- 5.9. Келтирилган трансформатор.....**
- 5.10. Трансформаторнинг эквивалент схемаси.**
- 5.11. Трансформаторнинг ташки характеристикаси.....108**
- 5.12. Уч фазали трансформатор.....**
- 5.13. Уланиш группаси.....**
- 5.14. Трансформатор чулғамларининг уланиш схемалари.**

5.15. Уч фазали трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти.....	113
5.16. Трансформаторларнинг параллел ишлаши.....	
5.17. Махсус трансформаторлар	
5.18. Автотрансформатор.....	
5.19. Пайвандлаш трансформатори.....	
5.20. Ўлчаш трансформаторлари.....	118
5.21. Қурилиш бош подстанциясининг схемаси.....	
5.22. Подстанциялардаги очик тақсимлаш мосламалари.	125
5.23. Ёпиқ тақсимлаш мосламалари.....	
5.24. Истеъмолчиларнинг трансформатор подстанциялари.	134
5.25. Қурилиш майдончалари подстанцияларининг трансформаторларини танлаб олиш.....	142
5.26. Трансформатор подстанциялари ўрнатиладиган жойни танлаб олиш.....	149

**В процессе подготовки написания и перевода II-қисм
во второй части:**

VI BOB: Qurilish maydonchalarining elektr tarmoqlari

VII BOB: Qurilishda elektr yuritma

VIII BOB: Qurilishda qoʻllaniladigan payvandlash qurilmalarining elektr uskunalari. Qurilish kranlari va yukkoʻtargichlarining elektr uskunalari. Elektrlashtirilgan qoʻl mashinalari va elektr asbob.

IX BOB: Qurilish maydonchalarida elektr yoritish. Qurilish maydonchalarida elektr xavfsizlik

Adabiyot.....
..

SO'Z BOSHI

“Kadrlar tayyorlash milliy dasturi”ning maqsadi ta’lim sohasini tubdan isloh qilish asosida rivojlangan demokratik davlatlar darajasida yuksak ma’naviy va axloqiy talablarga javob beradigan malakali kadrlar tayyorlashning Milliy tizimini yaratishdir. Ushbu maqsadni ro’yobga chiqarish uchun Respublika ta’lim jarayoniga yangi Davlat ta’lim standartlari hamda talabalar bilimini nazorat qilish va baholashning reyting tizimi joriy etildi. Shuningdek, fanlarni o’qitishda interafaol usullar, innovatsion, pedagogik va axborot texnologiyalardan foydalanish yo’lga qo’yildi.

Qabul qilingan yangi Davlat ta’lim standartlarida mustaqil ta’lim olish usuliga asosiy e’tibor qaratilgan bo’lib, o’quv rejalariga mustaqil ta’limga mos soatlar ajratilgan va har bir fanning, jumladan, qurilishda elektr ta’minoti o’quv dasturiga mustaqil ta’lim mazmuni kiritilgan. Shuningdek, baholashning reyting tizimida nazorat topshiriqlari oldindan ishlab chiqilishi va talabalarga yetkazilishi lozimligi qayd etilgan.

Talabalarga bilim berishda zamonaviy ta’lim texnologiyalarining ahamiyati to’g’risida so’z borganda Prezidentimiz I.A.Karimovning “O’quv jarayoniga yangi axborot va pedagogik texnologiyalarni keng joriy etish, bolalarimizni komil insonlar etib tarbiyalashda jonbozlik ko’rsatadigan o’qituvchi va domlalariga e’tiborimizni yanada oshirish, qisqacha aytganda, ta’lim-tarbiya tizimini sifat jihatidan butunlay yangi bosqichga ko’tarish diqqatimiz markazida bo’lishi darkor” degan so’zlarini ta’kidlash o’rinlidir.

Ushbu uslubiy qo’llanma oliy texnika o’quv yurtlari talabalari uchun elektrotexnika bo’yicha ma’ruza, amaliy va laboratoriya mashg’ulotlari va mustaqil ta’lim jarayonlarini ta’lim texnologiyalari asosida tashkil etishga mo’ljallangan bo’lib, u bakalavr ta’lim yo’nalishi uchun Davlat ta’lim standartlariga mos keladi.

Qo’llanmada keltirilgan har bir ta’lim texnologiyasida o’quv mashg’ulotini o’tkazish bo’yicha axborot materiallarini, pedagogik maqsad, vazifa va natijalarni, o’quv mashg’ulotning rejasi, o’qitishning usul va vositalarini mujassamlashtirgan. Har bir mavzu bo’yicha ma’ruza va laboratoriya mashg’ulotlar uchun pedagogik-texnologik xarita, tarqatma materiallar va test materiallari keltirilgan.

Кириш. Қурилишда электр таъминоти фани

Хозирги пайтда халк хужалиги, маъданият ва маиший ҳаётнинг турли соҳаларида электр энергияси энг кенг қулланишга эгадир. Фан ва ишлаб чиқариш барча тармоқларини электротехник қурилмаларсиз тасаввур этиб бўлмайди. Электроэнергетиканинг интенсив ривожланишига электр энергиясининг бошқа турларидан қуйидаги афзалликлари сабаб бўлди:

- 1) ишлаб чиқаришнинг осонлиги;
- 2) энергиянинг бошқа турларига осон айланиши (механик, иссиқлик, ёруғлик, химик);
- 3) электр қурилмаларининг бошқариш осонлиги ва ФИКнинг юқорилиги

Қурилишда ҳам электр энергияси жуда кенг қўлланилади. Замонавий қурилиш майдончаларини кранлар, бетон аралаштиргичлар, электрлаштирилган қўл асбоблари, пайвандлаш ускуналари, кўтариш мосламалари ва бошқа электр асбоб-ускуналарисиз тасаввур қилиб бўлмайди.

Қурилишда қўлланиладиган электротехник қурилмаларни электр энергияси билан таъминлаш ҳақидаги фан қурилишда электр таъминоти деб аталади. Бу фан даставвал электротехника фанининг бир бўлими сифатида пайдо бўлган бўлиб, у электротехника фани билан чамбарчас боғланган фандир. Қурилишда электр таъминоти фани қурилиш объектларидаги электротаъминот ва электроистеъмол, қурилишда электр энергиясини ва электротехник қурилмаларни қўллаш масалалари билан шуғулланади.

Электротехника, электротехнология ва электротаъминот – инсон билим ва амалиётининг тез ривожланиб бораётган соҳаларидир. Шу сабабли ҳар бир мутахассис, шу жумладан, қурилиш йўналишлари бўйича мутахассислар ҳам, электротехнологиялар ва электротаъминот соҳасидаги ўз билимларини доим тўлдириб боришлари зарурдир.

I BOB: Qurilishda elektr ta'minoti fani haqida. O'zgarmas tok chiziqli elektr zanjirlari.

1.1. Электр занжири

Электр энергиясини олиш, узатиш, ўзгартириш ва ишлатиш(фойдаланиш) учун мўлжалланган қурилмалар тўпламига электр занжири дейилади. Бошқача айтганда, электр токини ҳосил қилувчи қурилмалар тўпламига (бирикмасига) электр занжири дейилади. Электр занжири таркибига кирувчи ва унда маълум бир функцияни (вазифани) бажарувчи алоҳида қурилма электр занжири элементи деб аталади. Электр занжирининг асосий элементлари - электр энергияси манбалари ва қабул қилувчиларидир (истеъмолчилари)

Электр занжир умумий ҳолда қуйидаги элементларнинг бирикмаларидан иборат:

- 1)электр энергияси манбалари-генераторлар
- 2)электр қабул қилувчилар электр энергиясини бошқа турдаги энергияга айлантирадилар
- 3)электр энергияси манбаларини электр қабул қилувчилар билан боғловчи қурилмалар.

Электр занжири таркибига кирувчи ва унда маълум вазифани бажарувчи қурилма электр занжири элементи деб аталади.

Оддий электр занжирининг асосий элементларига электр энергияси манбалари ва қабул қилувчилар киради.

Манба ёрдамида энергиянинг бирор тури (ёкилги энергияси, тепадан тушаётган сув энергияси (механик энергия), атом,(термопара) ва ёруғлик (куёш батареялари)энергияси) электр энергиясига айлантирилади.

Электр энергияси қабул қилувчиларда тескари айланиш юз беради-электр энергияси бошқа турдаги энергияга айланади. Масалан химик (гальваник ванналар), механик (электр двигателлари), иссиқлик(иситгич элементлар), ёруғлик (лампадар).

Қурилишдаги электроприёмниклар – бу қурилиш машиналари ва механизмлари юритмаларининг электродвигателлари, бетонни электроиситиш технологик қурилмалари, иситгичлар, пайвандлаш агрегатлари, тўғрилаш мосламалари, юқоричастотали қурилмалар, ёритиш қурилмаларининг электр лампалари, электрон аппаратура.

Қурилишдаги электр энергиясининг истеъмолчилар – қурилиш майдончалари, бетон, эритма ва лакбўёқ ишлаб чиқариш ёрдамчи корхоналари, ремонт цехлари, ёритиш ва маиший қурилмалардир. Бу истеъмолчиларни биз қурилиш ишлабчиқаришининг корхоналари деб атаёмиз.

Электр занжири,бундан ташқари, ёрдамчи элементларга эга: резисторлар (реостатлар ток,кучланиш ва кувватни узгартириш учун) выключатель ва переключателлар,предохранителлар,улчов асбоблари, разъёмлар, химоя қурилмалари ва хоказо.

Электр занжирларини турли хилдаги схемалар кўринишида тасвирлаш қабул қилинган. Бу схемаларда асосий ва ёрдамчи элементлар ва уларнинг уланишлари кўрсатилади. Уч турдаги схемалар бошқаларидан кўра кўпроқ ишлатилади. Булар монтаж, принципиал ва алмаштириш схемаларидир. Монтаж схемаларида занжир элементларининг расмлари (эскизлари) ва бирлаштирувчи симлар тасвирланадилар. Электр қурилмалар ва занжирларни тайёрлаш, монтаж ва ремонт қилишда кўп ҳолларда монтаж схемалардан фойдаланилади. Принципиал схемаларда элементларнинг шартли график тасвирлари ва уларнинг уланишлари кўрсатилади. Электр занжир ва қурилмаларни ўрганишда, ремонт ва монтаж қилишда улардан фойдаланилади. Алмаштириш схемаси – бу электр занжирининг ҳисоблаш учун ишлатиладиган моделидир. Унда реал элементлар ҳисоблаш моделлари (идеаллаштирилган элементлар) билан алмаштирилади ва ҳисоблаш натижаларига таъсир кўрсатмайдиган ҳамма ёрдамчи элементлар схемадан олиб ташланади.

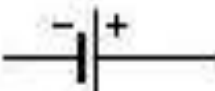
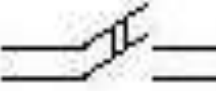
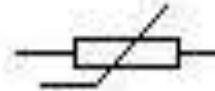
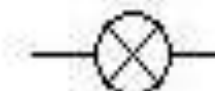
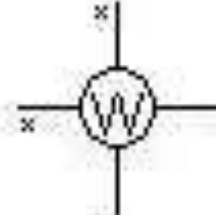
Электр энергиясини ишлаб чиқариш учун мўлжалланган электроқурилма электр станцияси деб аталади. Электроэнергияни ўзгартириш ва тақсимлаш учун мўлжалланган электроқурилма подстанция деб аталади (трансформатор ёки ўзгартириш подстанцияси).

Электроэнергияни узатиш ва тақсимлаш учун мўлжалланган ва подстанциялар, электроузатиш линиялари, тақсимлаш мосламаларидан иборат бўлган электроқурилмалар ва мосламалар тўплами электр тармоғи деб аталади. Электр тармоғига ҳаво ва кабель электроузатиш линиялари, трансформатор ва ўзгартириш подстанциялари, тақсимлаш пунктлари кирази.

Электростанцияларда электр энергиясини синхрон генераторлар ишлаб чиқарадилар. Қурилиш объектларининг электротаъминоти учун мўлжалланган электростанциялар, саноат корхоналарининг электростанциялари каби, иссиқлик ва гидравлик электростанцияларга бўлинадилар. Иссиқлик электростанцияларида генераторларнинг юритмаси учун, асосан, ички ёнув двигателлари қўлланилади, булар суюқ ёқилғида ишлайдилар (бензин, керосин, дизель ёқилғиси). Гидравлик электростанцияларда генераторларнинг юритмалари дарё ёки шаршараларнинг сув оқимлари энергияси ҳисобига амалга оширилади.

Ёнаётган ёқилғи энергияси ички ёнув двигателларида двигатель валидаги механик энергияга айланади, бу вал генератор вали билан бириктирилган бўлади. Иссиқлик электростанцияларида тез юрар генераторлар (турбогенераторлар) қўлланилади. Турбогенераторнинг мотори аниқмас қутбли бўлади. Гидравлик электростанцияларда сув оқимлари гидротурбинага келиб тушади. Гидротурбина синхрон гидрогенераторни айлантиради. Гидрогенераторда аниққутбли ротор бўлади. Гидравлик электростанциялар бир неча аҳоли пунктлари ва шу аҳоли пунктларида жойлашган турли вазифалар учун мўлжалланган бошқа объектларнинг электротаъминоти учун қурилади.

Аҳоли пунктида ёки унинг яқинида жойлашган қурилиш объектларининг электротаъминоти иссиқлик электростанциясидан ҳам, гидравлик электростанциядан ҳам амалга оширилиши мумкин.

Элементнинг номланиши	Шартли белгиси	Элементнинг номланиши	Шартли белгиси
электр энергия манбалари:		Электр занжири ўтказгичлари: ёлғиз битта ўтказгич	
кучланиш ёки ЭЮК манбаи (идеал)		кесишувчи, уланмаган	
ток манбаи(идеал)		кесишувчи, уланган	
гальваник элемент ёки аккумулятор		Виключателлар: биркутбли	
Резисторлар: регулировкаланмайдиган чизиқли		иккикутбли	
регулировкаланадиган чизиқли		Предохранитель эрувчан	
регулировкаланмайдиган чизиқлимас		Ўлчов асбоблари: амперметр	
ўзгармас ток генератори ёки двигатели ротори (якори)		вольтметр	
Чўғланиш лампалари: ёритиш лампаси		ваттметр	
сигнал лампаси			

--	--	--	--

1.4. Электр занжири классификацияси

- 2. Ток тури буйича классификация.** Ток тури бўйича занжирлар ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирларига бўлинадилар. Вақт ўтиши билан катталиги ўзгармайдиган ток ўзгармас ток деб аталади. Вақт ўтиши билан катталиги ўзгарадиган ток ўзгарувчан ток деб аталади. Ҳозирги замон электроэнергетик қурилмаларида катталиги ва

йўналиши синус қонуни бўйича ўзгарадиган ўзгарувчан тоқлар энг кўп қўлланадилар. Бу тоқлар синусоидал тоқлар деб аталадилар.

3. **Элементлар параметрларининг характери бўйича классификация.** Қаршилиги тоқ ва кучланишнинг катталиги ва йуналишига боглик бўлмаган элементлар чизикли элементлар деб аталади. Чизикли элементлардан ташкил топган занжирнинг қаршилиги тоқ ва кучланишнинг катталиги ва йуналишига боглик бўлмайди, шунинг учун бундай занжирлар чизикли занжирлар деб аталадилар.
4. **Электр энергияси манбаларининг борлиги ёки йўқлиги бўйича классификация.** Занжирнинг қисмлари актив ва пассивга булинадилар. Электр энергияси манбаи бор бўлган занжирнинг қисми занжирнинг актив қисми деб аталади. Электр энергияси манбаига эга бўлмаган занжирнинг қисми эса занжирнинг пассив қисми деб аталади.
5. **Мураккаблик бўйича классификация.** Содда занжирларга ҳамма элементлари кетма-кет уланган занжирлар киради. Мураккаб занжирларга тармокланган занжирлар киради.

1.3. Баъзи топологик тушунчалар

Тармок – элементлари кетма-кет уланган занжирнинг қисми.

Тугун – учта ва ундан ортик тармок уланган нукта.

Контур – занжирнинг тармоклари бўйлаб ўтувчи ва битта нуқтадан бошланиб шу нуқтада тугайдиган йўл.

Иккиқутблик – электр занжирининг иккита алохида килич чикарилган қисмларга эга булаги.

Туртқутблик – электр занжирининг икки жуфт алохида килич чикарилган қисмларга эга булаги.

1.4. Электр занжиридаги асосий ходисалар ва уларни характерловчи катталиклар

Манбада ноэлектромагнит табиатга эга кучлар таъсирида электромайдон ҳосил килинади (химиявий, механик, иссиқлик, атом ва бошқа). Манбанинг ичида чет майдон кучлари таъсирида мусбат ва манфий зарядлар бир-биридан ажратиладилар. Чет кучлар таъсирида мусбат электродда мусбат ва манфий электродда манфий зарядлар тўпланади. ЭЮК чет майдоннинг ток ҳосил қилиш қобилиятини характерлайдиган физик катталиқдир.

Электр токи эркин эркин электр заряди ташувчиларининг бир йўналишли ҳаракатидир. Металларда электр зарядининг ташувчилари электронлардир.

Кучланиш – электр майдони кучларининг бирлик мусбат зарядни икки нуқта орасида кўчиришда бажарилган иши.

Қаршилиқ – электр зарядларининг ҳаракатига ўтказгичнинг тўскинлик килиниш хусусиятини характерловчи катталиқ.

Ўтказувчанлик – қаршилиққа тесқари бўлган катталиқдир.

1.5. Ўзгармас ток электр занжирларининг асосий қонунлари

1. **Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни.** 1826 йилда немис физиги Георг Симон Ом (1787 – 1854) тажрибалар асосида электр занжирининг асосий қонуни – Ом қонунини яратган ва 1827 йилда бу қонунни назарий жиҳатдан асослаб берган. Бу қонунга биноан бир жинсли (пассив) металл ўтказгичдан ўтаётган ток кучи ўтказгичдаги кучланишга тўғри пропорционал бўлади

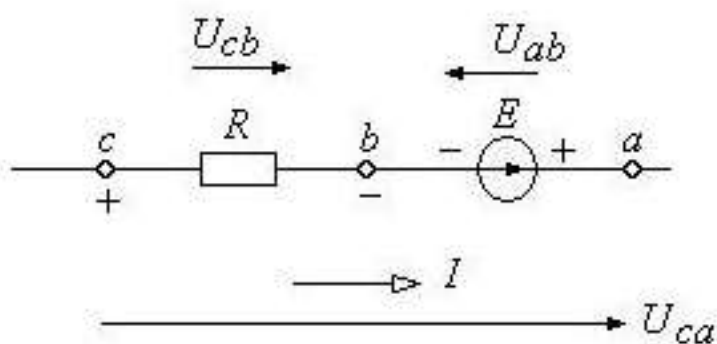
$$I = U/R$$

Бир жинсли ўтказгич деб, ичида ташқи кучлар таъсир этмайдиган (яъни ичида электр юритувчи куч мавжуд бўлмаган) ўтказгичга

айтилади. Бу холда U кучланиш ўтказгичнинг учларидаги $\varphi_1 - \varphi_2$ потенциаллар айирмасига тенг бўлади. R катталиқ ўтказгичнинг электр қаршилиги деб аталади.

2. Умумлашган Ом қонуни (занжирнинг актив қисми учун яъни ЭЮК манбаи бор занжир қисми учун).

Ом қонуни ЭЮК манбаига эга бўлган занжир қисми учун ҳам ёзилиши мумкин, яъни занжирнинг актив қисми учун. Расмда R қаршилиқдаги кучланиш $U_{cb} = \varphi_c - \varphi_b$ нинг мусбат йўналиши токнинг мусбат йўналиши билан мос тушадиган қилиб танлаб олинган. ЭЮК нинг идеал манбаи клеммалари орасидаги кучланиш U_{ab} нинг мусбат йўналиши мусбат клеммадан манфий клеммага қараб йўналган бўлади.



Расмдан кўришиб турибдики, U_{ca} кучланиш занжирнинг иккита қисмидаги кучланишларнинг айирмасига тенг:

$$U_{ca} = U_{cb} - U_{ab}$$

Занжирнинг бир қисми учун Ом қонунига асосан $U_{cb} = RI$,
 ва $U_{ab} = E$ бўлгани сабабли

$$U_{ca} = RI - E$$

$$\text{ёки} \quad I = \frac{U_{ca} + E}{R}$$

4. Ёпик электр занжири учун Ом қонуни.

$$I = \frac{E}{R+r}$$

R – истеъмолчи , приёмник , нагрузка қаршилиги

r – электр энергияси манбаининг ички қаршилиги.

5. Кирхгофнинг биринчи қонуни.

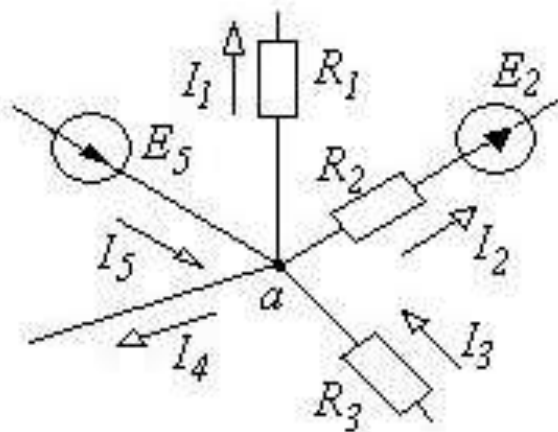
Машҳур немис физиги Густав Роберт Кирхгоф (1824-1887) ўзининг қонунларини 1847 йилда таърифлаб берган. Бу қонунлар асосида мураккаб электр занжирларни ҳисоблашнинг турли усуллари ишлаб чиқилган.

Кирхгофнинг биринчи қонуни электр занжирининг тугунларига қўлланилади . У шундай ифодаланади : тугунда учрашувчи тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг :

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

Кирхгофнинг биринчи қонуни асосида тенглама тузишда тугунга кирувчи тоқлар мусбат ишора билан , тугундан чиқувчи тоқлар эса манфий ишора билан ёзилади . Бу қонун ўзгармас ток чизиқлари доим берк бўлиши қонунидан келиб чиқади . Занжирдан ўзгармас ток оққанида занжирнинг исталган нуқтасида , шу жумладан тугунда ҳам , заряд ўзгармай қолиши керак . Ҳар қандай нуқтага қанча заряд олиб келинса , шунча заряд олиб кетилиши керак . Ўзгармас ток оққанида занжир тугунларида заряд тўпланмайди ва пайдо бўлмайди ҳам . Чунки бу тугун потенциалининг ўзгаришига ва натижада тоқларнинг ҳам ўзгаришига олиб келган бўлар эди (заряднинг сақланиш ва стационар

тоқларнинг берклигини қонуни). Кирхгофнинг биринчи қонуни тоқларнинг стационарлик шартидан бошқа нарса эмас .



1- расм.

1-расмда кўрсатилган электр занжирининг a тугуни учун Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тенглама ёзамиз :

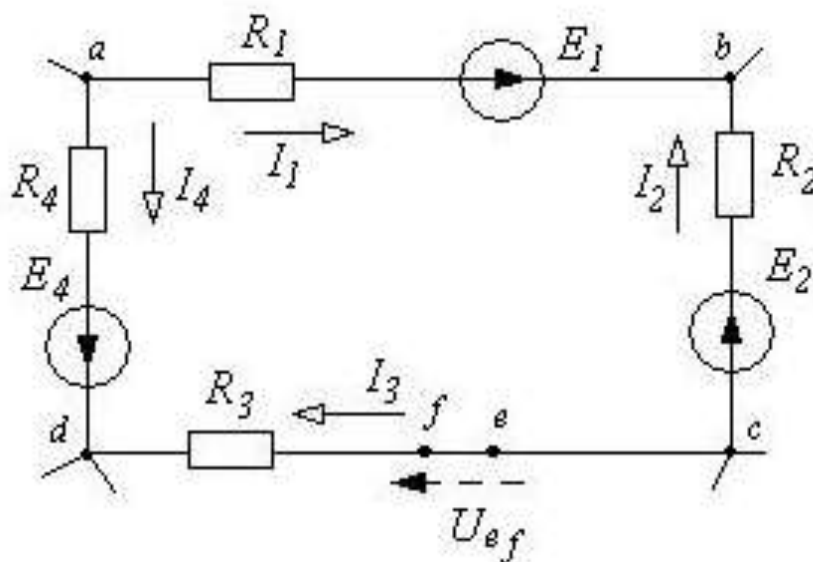
$$-I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

6. Кирхгофнинг иккинчи қонуни электр занжири контурларига қўлланилади. У шундай таърифланади : контурдаги кучланишлар пасайишларининг алгебраик йиғиндиси электр юритувчи кучларнинг алгебраик йиғиндисига тенг

$$\sum_{k=1}^n U_k = \sum_{k=1}^n U_k \quad \text{ёки} \quad \sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{k=1}^n E_k$$

Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича тенглама тузишда контурни айланиб чиқиш йўналиши ихтиёрий равишда танлаб олинади(масалан, соат стрелкасининг айланиш йўналишида) ва контурни айланиб чиқиш йўналишига мувофиқ ҳолда ток ва электр юритувчи кучларнинг ишоралари аниқланади .Йўналишлари айланиб чиқиш йўналиб билан бир хил бўлган ток ва электр юритувчи кучлар мусбат ишора билан ёзилади .Айланиб чиқиш йўналишига қарама-қарши бўлган ток ва электр юритувчи кучлар эса манфий ишора билан ёзилади . Кирхгофнинг иккинчи қонуни берк йўл бўйича потенциал ўзгариши

нолга тенглигидан , яни электростатик майдоннинг асосий хоссасидан келиб чиқади .



2-расм.

2-расмда кўрсатилган электр занжирининг контури учун Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича тенглама ёзамиз :

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 + U_{ef} - R_4 I_4 = E_1 - E_2 - E_4$$

Кирхгофнинг қонунлари асосида ишлаб чиқилган усуллар (контур токлари усули, тугун кучланиши усули) занжирларни ҳисоблашни осонлаштиради.

1.6. Жоуль-Ленц қонуни.

Ток ўтаётган ўтказгичнинг қизишидан ажралиб чиқадиган иссиқлик энергия миқдори $W(Q)$ ни белгиловчи ифода Жоуль-Ленц қонуни дейилади. Бу қонунга мувофиқ W нинг қиймати ток кучининг квадратиға, ўтказгич каршилиги R га ва t вақтга тўғри пропорционал, яъни

$$W = Q = I^2 R t = P t.$$

Бу ерда, $P = \frac{W}{t} = I^2 R$ – электр қуввати

(электр токининг R қаршиликли ўтказгичдан ўтиб, уни қизитишга сарфлаган иши). Бу қонунни рус физиги академик Эмилий Христианович Ленц (1804 – 1865) 1842 йилда ва инглиз олими Жеймс Прескотт Жоуль (1818 – 1889) 1841 йилда бир-биридан мустақил равишда аниқлаган. Жоуль-Ленц қонунидан электротехник қурилма, асбоб ва аппаратларни яратишда ва уларнинг қизиш жараёнларини ҳисоблашда кенг фойдаланилади.

1.7. Кирхгоф қонунларини бевосита қўллаш усули.

Немис физиги Густав Роберт Кирхгоф (1824-1887) ўзининг қонунларини 1847 йилда таърифлаб берган. Бу қонунлар ҳар қандай мураккаб электр занжирларни ҳисоблашда қўлланилиши мумкин бўлган асосий қонунлардир. Кирхгоф қонунлари – электр занжири режимини тасвирловчи энг умумий ва энг универсал қонунлардир. Бу қонунларга асосланган ҳисоблаш усуллари ҳар қандай электр занжирини ҳисоблашга яроқлидирлар.

Ҳисоблаш тартиби.

1. Тармоқлар сони аниқланади, яъни номаълум тоқлар сони. Тоқларнинг йўналишлари ихтиёрий равишда танлаб олинади ва стрелкалар ёрдамида схемада кўрсатиб қўйилади.
2. Нечта тенглама Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича ва нечтаси иккинчи қонуни бўйича тузилиши кераклиги аниқлаб олинади. Тенгламаларнинг умумий сони номаълум тоқларнинг сонига тенг бўлиши керак, яъни тармоқлар сони ν га тенг бўлиши керак.

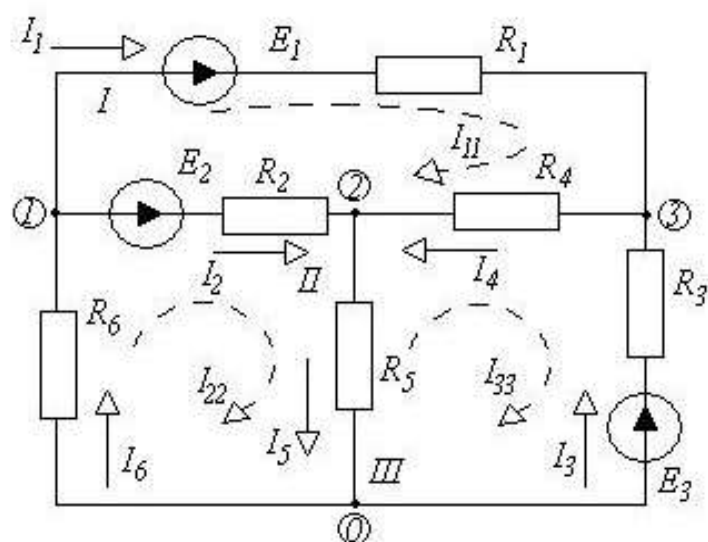
Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича $y - 1$ та тенглама тузилади, яъни тугунлар сонидан битта кам, бу ерда y – схемадаги тугунлар сони.

Тугунларнинг биттаси учун тузилган тенглама қолган тугунлар учун тузилган тенгламалардан келиб чиқади, яъни y мустақил тенглама эмас. U қолган $y - 1$ та тенгламани қўшиб

ҳосил қилиниши мумкин. Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича тузиладиган тенгламалар сони умумий тенгламалар сонидан Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тузилган тенгламалар сонинг айрилганига тенг. Яъни Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан $v - (y - 1)$ та тенглама тузиш керак. 1-расмдаги

схемада тармоқлар сони $v=6$, тугунлар сони $y=4$. Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича $y - 1 = 4 - 1 = 3$ та тенглама, иккинчи қонуни бўйича эса $v - (y - 1) = 6 - (4 - 1) = 3$ та тенглама тузиш керак.

3. Кирхгоф қонунлари бўйича тенгламалар тузилади. Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича $y - 1$ та тенглама тузилганда тугунга кирувчи тоқлар мусбат ишора билан, тугундан чиқувчи тоқлар эса манфий ишора билан ёзилади. Иккинчи қонун бўйича контурлар учун тенгламалар шундай тузиладики, ҳар бир кейинги контурда камида битта илгариги контурларга кирмаган тармоқ бўлсин. Контурни айланиб чиқиш йўналиши ихтиёрий равишда танлаб олинади (масалан, соат стрелкасининг айланиш йўналишида). Танлаб олинган йўналишда контурни айланиб чиқишда ток ва электр юритувчи кучлар мусбат ишора билан ёзиладилар, агар уларнинг йўналишилари айланиб чиқиш йўналиши билан бир хил бўлса. Акс ҳолда уларнинг ишоралари манфий бўлади. 1-расмдаги схемада тўртта тугун бор. Бу схема учун Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тузиладиган тенгламалар сони учта бўлиши керак (яъни тугунлар сонидан битта кам).



1-расм

1-расмдаги схема учун Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича учта тенглама тузамиз:

$$-I_1 - I_2 + I_6 = 0 \quad \text{тугун 1 учун}$$

$$I_2 + I_4 - I_5 = 0 \quad \text{тугун 2 учун}$$

$$I_1 - I_4 + I_3 = 0 \quad \text{тугун 3 учун}$$

Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича учта тенглама тузамиз:

$$R_1 I_1 + R_4 I_4 - R_2 I_2 = E_1 - E_2 \quad \text{контур I учун}$$

$$R_2 I_2 + R_5 I_5 + R_6 I_6 = E_2 \quad \text{контур II учун}$$

$$-R_3 I_3 + R_5 I_5 + R_4 I_4 = -E_2 \quad \text{контур III учун}$$

Тенгламаларни биргаликда ечиб, токларни топамиз. Агар бирорта токнинг сон қиймати манфий чиқиб қолса, бу шуни аниқлатадики: токнинг ҳақиқий йўналиши танлаб олинган ток йўналишига қарама-қарши экан.

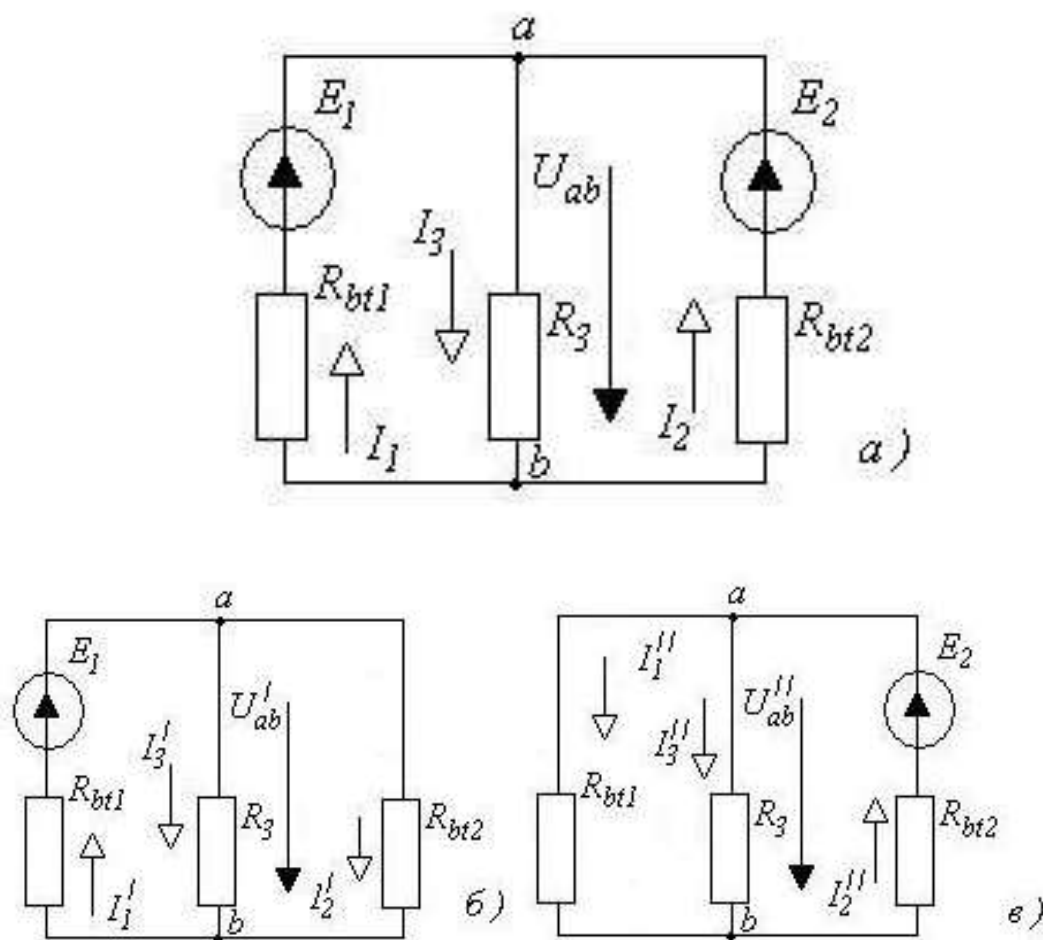
1.8. Суперпозиция принципи.

Бу принцип исталган физик табиатга эга бўлган чизикли системаларнинг асосий хоссаларидан бирининг ифодаланишидир. У чизикли электр занжирларга қўлланилганда қуйидагича ифодаланилади: Мураккаб электр занжирининг бирорта тармоғидаги ток занжирдаги

электр энергияси манбаларининг шу тармоқда алоҳида ёлғиз ҳосил қилган хусусий тоқларининг алгебраик йиғиндисига тенг.

Суперпозиция принципини қўллаш кўп ҳолларда мураккаб занжирни ҳисоблаш масаласини соддалаштириш имконини беради, чунки мураккаб занжир бир неча нисбатан содда бўлган занжирлар билан алмаштирилади ва бу содда занжирларда битта ток манбаи бор бўлади.

Суперпозиция методи ва ҳисоблаш тартиби. Ҳисоблаш тартибини 1-расм, *а* да берилган схемадаги тоқларни аниқлаш мисолида кўриб чиқамиз. Берилган схемани ёрдамчи схемаларга бўлиб чиқамиз. Ёрдамчи схемаларнинг сони электр манбаларига эга бўлган тармоқлар сонига тенг (бу мисолда ёрдамчи схемалар 1-расмда, *б* ва *в* да кўрсатилган).



1-расм

Ҳамма тоқларнинг мусбат йўналишларини ихтиёрий равишда танлаб оламиз ва бирорта ёрдамчи схемага тааллуқли ҳамма катталиқларни тегишли штрихлар сони билан белгилаймиз. Ёрдамчи схемалардаги тоқларни ҳисоблаймиз. Бу ёрдамчи схемаларда битта ЭЮК ни қолдириб, қолганларини чиқариб ташлаймиз. Қаршилиқларнинг ҳаммасини ёрдамчи схемада қолдирамыз, шу жумладан, ҳамма манбаларнинг ички қаршилиқларини ҳам (чиқариб ташланган манбаларнинг ички қаршилиқлари ҳам схемада қолдирилади).

1-расм, б даги схема учун:

$$I_1' = \frac{E_1}{R_{BT1} + R_{BT2}R_3/(R_{BT2} + R_3)}; \quad U_{ab}' = R_{ab}'I_1';$$

$$I_2' = \frac{U_{ab}'}{R_{BT2}}; \quad I_3' = \frac{U_{ab}'}{R_3}.$$

1-расм, в даги схема учун:

$$I_2'' = \frac{E_2}{R_{BT2} + R_{BT1}R_3/(R_{BT1} + R_3)}; \quad U_{ab}'' = R_{ab}''I_2'';$$

$$I_1'' = \frac{U_{ab}''}{R_{BT1}}; \quad I_3'' = \frac{U_{ab}''}{R_3}.$$

Суперпозиция принципага асосан берилган схеманинг тармоқларидаги тоқлар ёрдамчи схемалардаги тегишли тармоқларидаги тоқларнинг алгебраик йиғиндисига тенг:

$$I_1 = I_1' - I_1''; \quad I_2 = -I_2' + I_2''; \quad I_3 = I_3' + I_3''$$

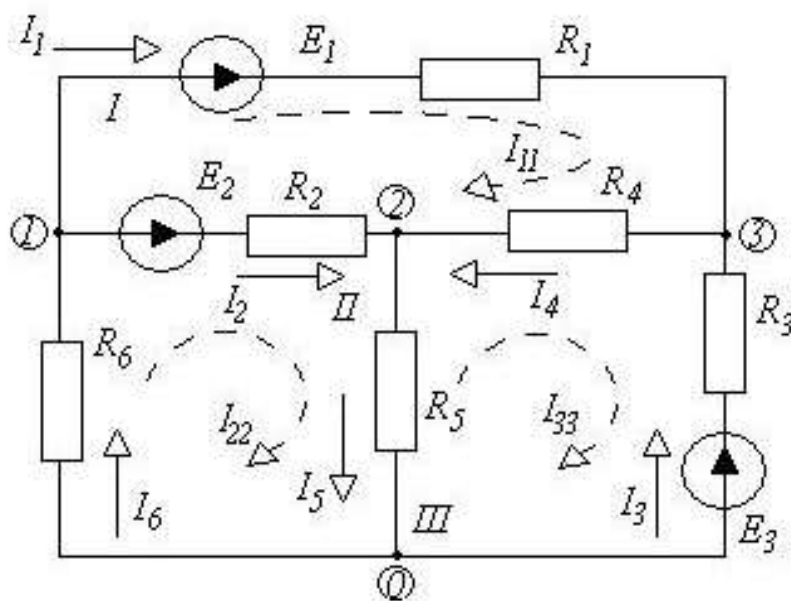
1.9.Контур тоқлари усули.

Бу бир неча контурли ва бир неча электр энергияси манбаига эга бўлган мураккаб электр занжирларини ҳисоблашнинг кенг тарқалган усулидир. Усул асосида Кирхгоф қонунлари ва иккита фараз ётади: ҳар

бир контурда бир-бирига боғлиқ бўлмаган контур токлари деб аталадиган ҳисоблаш токлари оқади, ҳар бир тармоқнинг токи эса шу тармоқ орқали оқиб ўтувчи контур тоklarининг алгебраик йиғиндисига тенг.

Ушбу фаразлар қўлланилганида, схемани ҳисоблаш учун фақат Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича контур токлари учун тенгламалар тузиш етарли, чунки контур токлари учун биринчи қонун қабул қилинган фаразлар сабабидан бажарилади (контур токи тармоқларининг бирида тугунга кирувчи, бошқа тармоқда эса шу тугундан чиқувчи бўлади).

Натижада, Кирхгоф қонунларини бевосита қўлланилганда ҳосил қилинадиган v та тенглама ўрнига $v - (y - 1)$ та тенглама тузиш етарли бўлади. Бу ҳол ҳисоблашни анча соддалаштиради. 1-расмда келтирилган схема мисолида ҳисоблаш усулини тушунтирамиз. Бу схема учун $v - (y - 1) = 3$. Контур токлари усули бўйича ҳисоблаш учун мураккаб занжир схемаси энг қисқа йўллар бўйича алоҳида мустақил контурларга – ячейкаларга (I, II, III) бўлиб чиқилади.



1-расм

Мустақил контурларнинг токлари I_{11} , I_{22} , I_{33} билан белгиланган. Контур токлари йўналишларини ихтиёрий равишда танлаб олиш мумкин, лекин кейинги формулалар ва ҳисоблашларнинг бир хил кўринишда бўлиши учун контур токлари йўналишини контурни айланиб чиқиш йўналиши билан бир хил қилиб олиш керак (агар мумкин бўлса). Ушбу ҳолда соат стрелкасининг айланиш йўналиши билан бир хил қилиб олиш керак. Контур токлари учун

Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича тенгламалар тузамиз.

$$(R_1 + R_2 + R_4)I_{11} - R_2I_{22} - R_4I_{33} = E_1 - E_2 \quad - \text{контур } I \text{ учун}$$

$$-R_2I_{11} + (R_2 + R_5 + R_6)I_{22} - R_5I_{33} = E_2 \quad - \text{контур } II \text{ учун}$$

$$-R_4I_{11} - R_5I_{22} + (R_3 + R_4 + R_5)I_{33} = -E_3 \quad - \text{контур } III \text{ учун}$$

Контурни айланиб чиқиш йўналиши шу контурдаги ток йўналиши билан бир хил бўлгани учун, бу токдан ҳосил бўлган кучланиш пасайиши мусбат ишора билан ёзилади. Умумий тармоқларда қўшни тармоқ токи контур токига қарама-қарши йўналган бўлгани учун қўшни контур токидан ҳосил бўлган кучланиш пасайиши манфий ишора билан ёзилади.

Юқоридаги тенгламаларни биргаликда ечиб, контур токлари I_{11}, I_{22}, I_{33} топилади. Тармоқларнинг токлари контур токларининг алгебраик йиғиндисига тенг. Алгебраик қўшиш пайтида контур токларининг ишоралари қуйидаги қоида асосида топилади: агар контур токининг йўналиши тармоқ токининг йўналиши билан бир хил бўлса, у мусбат ишора билан ёзилади, агар қарама-қарши бўлса минус ишора билан ёзилади.

Тармоқ токлари:

$$I_1 = I_{11}; \quad I_2 = -I_{11} + I_{22}; \quad I_3 = -I_{33};$$

$$I_4 = I_{11} - I_{33}; \quad I_5 = I_{22} - I_{33}; \quad I_6 = I_{22}.$$

1.10. Тугун кучланиши методи.

Кўп ҳолларда ҳисоблаётган схема иккита тугунга эга бўлади ёки шундай схема қилиб ўзгартириш мумкин. Бундай ҳолларда тугун кучланиши методи энг содда ҳисоблаш усули бўлади. Бу усул иккита тугун нуқтага уланган бир неча параллел тармоқдан иборат схемаларга қўлланилади.

Расмда умумлашган ҳолда n та тармоқдан иборат схема кўрсатилган.

Бу тармоқлар a ва b тугунларга уланган. Бу нуқталарнинг потенциаллар фарқини топамиз.

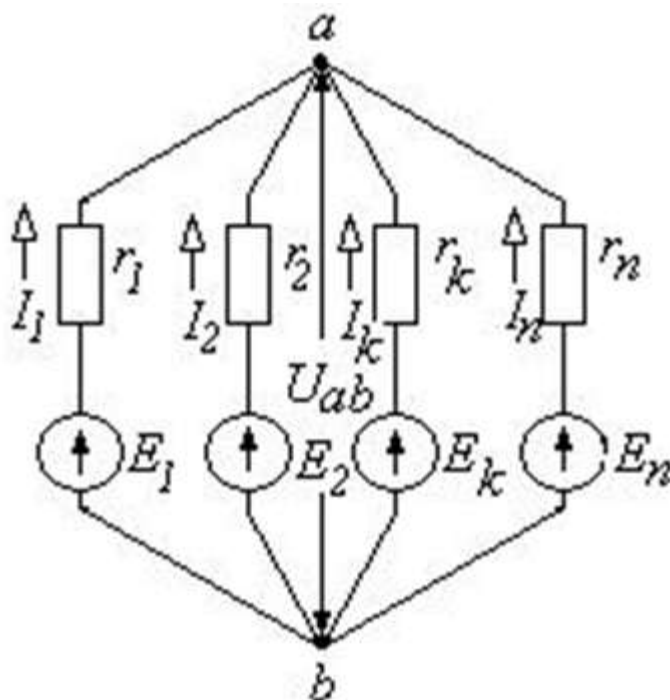
$$\varphi_b = \varphi_a + I_k r_k - E_k$$

$$\text{ёки } \varphi_a = \varphi_b = U_{ab} = E_k - I_k r_k; \quad (1)$$

Бу ерда U_{ab} - тугун кучланиши. Тармоқ токлари эса:

$$I_k = (E_k - U_{ab}) g_k;$$

$$(2) \text{ бу ерда } g_k = \frac{1}{r_k} \quad k\text{-тармоқнинг ўтказувчанлиги}$$



1-расм

Схемада ҳамма ток ва ЭЮК лар а тугунга йўналган. Агар уларнинг йўналиши тескари томонга бўлса, улар манфий ишора билан олинади кирхгофнинг биринчи қонунига мувофиқ.

$$I_1 + I_2 + \dots + I_k + \dots + I_n = \sum_{k=1}^n I_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^n (E_k - U_{ab}) g_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^n E_k g_k = \sum_{k=1}^n U_{ab} g_k,$$

$$U_{ab} = \frac{\sum_{k=1}^n E_k g_k}{\sum_{k=1}^n g_k}$$

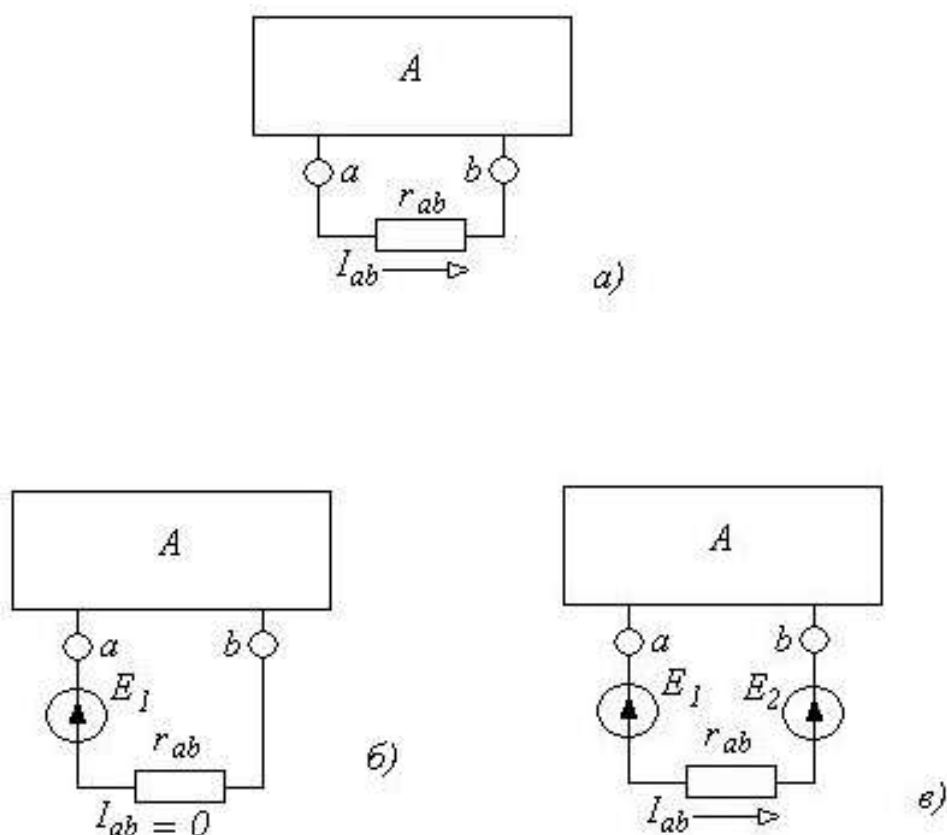
$E_k g_k$ кўпайтма минус ишора билан олинади агар E_k ЭЮК нинг йўналиши токнинг қабул қилинган йўналишига тескари бўлса. Тугун қўлланиш U_{ab} ни томонидан кейин (2) формула ёрдамида тоқларнинг қиймати топилади

1.11.Эквивалент генератор усули.

Мураккаб схеманинг фақат битта тармоғидаги (ab) токни ҳисоблаш талаб этилган пайтларда бу усулни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлади.

Электр юритувчи кучлар ва ўзгармас қаршиликларни ўзида жамлаган мураккаб занжир бирорта ab тармоққа нисбатан кучланиш манбаи бўлиб хизмат қилади. Мураккаб занжир ab тармоқ билан иккита зажим (иккита қутб) $a - b$ орқали уланган. Бу мураккаб занжир ab тармоққа нисбатан актив чизиқли иккиқутблик бўлиб хизмат қилади. Бундай иккиқутблик, ўзининг ички схемаси ва ичидаги электр энергияси манбалари сонига қарамай, аниқ ички қаршиликка эга

бўлган битта эквивалент электр юритувчи куч манбаи билан алмаштирилиши мумкин.



1 – расм.

Бу электр юритувчи куч ва ички қаршилик қуйидаги асосда аниқланади. ab тармоққа фикран манба киритамиз, унинг электр юритувчи кучи шундай катталиқка эга бўлиши керакки ab тармоқдаги ток йўқолсин. Бундай бўлиши учун ЭЮК ab тармоқдаги салт ишлаш кучланиши U_{ab0} га, яъни $r_{ab} = \infty$ бўлган пайтдаги ab зажимлар орасидаги кучланишга, сон жиҳатдан тенг ва йўналиши жиҳатдан қарама-қарши бўлиши керак. r_{ab} нинг ошиши билан U_{ab} кучланиш ҳам у ёки бу миқдорда ошади. Чунки I_{ab} токнинг камайиши иккиқутблик ичидаги кучланиш йўқотишларини камайтиради. Шу сабабли, U_{ab0} кучланиш U_{ab} кучланишнинг максимал қийматидир.

Кейин шу ab тармоққа иккинчи ЭЮКни $E_2 = U_{ab0}$ ни киритамиз (1-расм, в). У E_1 нинг таъсирини тўла компенсациялайди, ва тармоқда дастлабки ток I_{ab} қайта тикланади. Аммо суперпозиция принципига асосан, ток E_2 ЭЮК нинг мустақил таъсири натижасида ҳосил қилинган деб ҳисоблаш мумкин. Бу шундан келиб чиқадики, биринчи пайтда иккиқутблик электр юритувчи кучи $+I_{ab}$ ток ҳосил қилади, E_1 ЭЮК эса $-I_{ab}$ ток ҳосил қилади. Натижада

$$I_{ab} = \frac{E_2}{r_{ab} + r_k} \quad (1)$$

бу ерда r_k — иккиқутбликнинг a, b зажимларга нисбатан кириш қаршилиги, бунда ҳамма ички ЭЮК манбалари қисқа туташтирилган деб ҳисобланадилар. $E_2 = U_{ab0}$ алмаштиришни бажариб, I_{ab} токни иккиқутбликнинг салт ишлаш кучланиши ва қисқа туташув қаршилиги орқали аниқловчи формулани келтириб чиқарамиз:

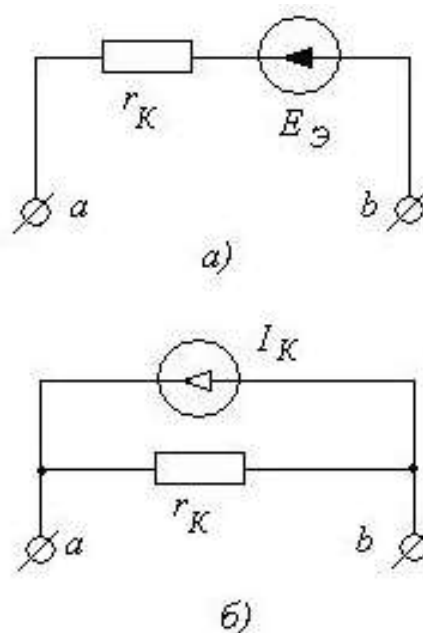
$$I_{ab} = \frac{U_{ab0}}{r_{ab} + r_k} \quad (2)$$

Шунга асосан баён этилган усул кўпинча салт ишлаш ва қисқа туташув усули деб аталади. Шу номга U_{ab0} ва r_k ларни топиш тажрибалари мос келади. U_{ab0} ни аниқлаш учун ab тармоқни узиб қўйиб a ва b зажимлар орасидаги кучланиш ўлчанади. r_k ни аниқлаш учун эса a, b зажимлар қисқа туташтирилади (хусусий қаршилиги жуда кам бўлган амперметр билан) ва ток I_{abk} ўлчанади.

(2) формулага $r_{ab} = 0$ ни қўйиб (қисқа туташув) r_k қаршилиқни аниқлаймиз:

$$r_k = \frac{U_{ab0}}{I_{abk}}$$

Бошқа ҳолларда $U_{ab0} = E_2$ деб ҳисоблаш ва ҳисоблаш схемаларида актив иккиқутбликни резистор билан кетма-кет уланган эквивалент генератор билан алмаштириш қулайроқ бўлади (2-расм, а).



2 – расм.

Резисторни эквивалент генераторнинг ички қаршилиги деб ҳисоблаш мумкин. $U_{ab0} = E_{\mathcal{E}}$ ва r_k ларни ҳисоблаш кўпинча нисбатан мураккаб. Шунга қарамай бу усулни қўллаш ҳисоблашларни анча камайтиради, айниқса, I_{ab} ток кучини r_{ab} қаршилиқнинг бир неча қийматлари учун топиш керак бўлган ҳолларда. Баъзида ҳисоблашларда актив иккиқутбликни эквивалент ЭЮК генератор билан эмас, эквивалент ток генератори билан алмаштириш мақсадга мувофиқ бўлади. Бу ҳолда генераторнинг ўзгармайдиган ток кучи:

$$I_k = \frac{E_{\mathcal{E}}}{r_k}$$

r_k қаршилиқ эса бу ток манбаига параллел уланади (2-расм, б).

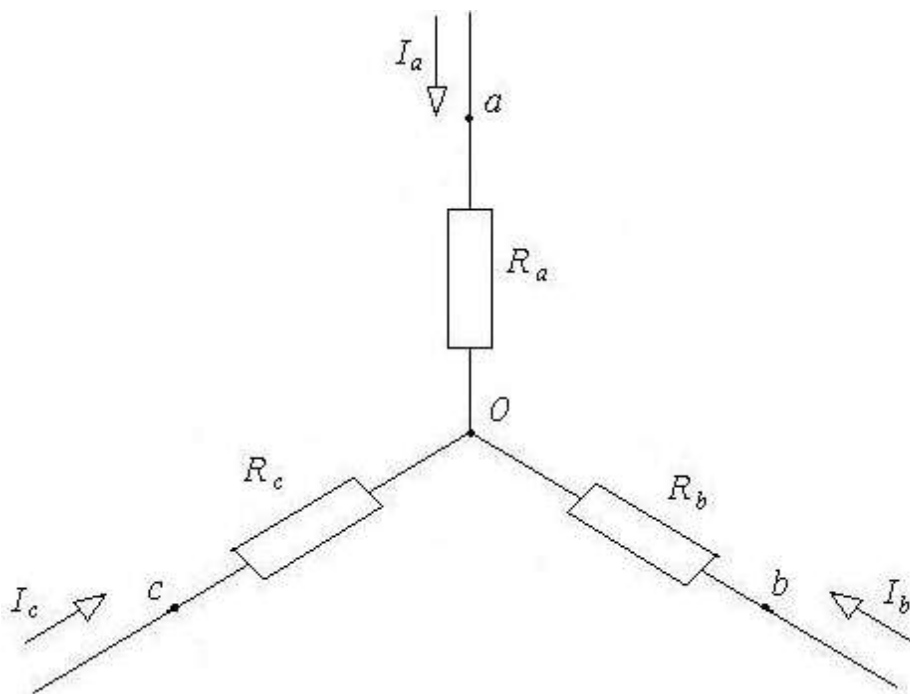
1.12. Қаршилиқларнинг юлдуз схемасини

эквивалент учбурчак схемаси билан алмаштириш.

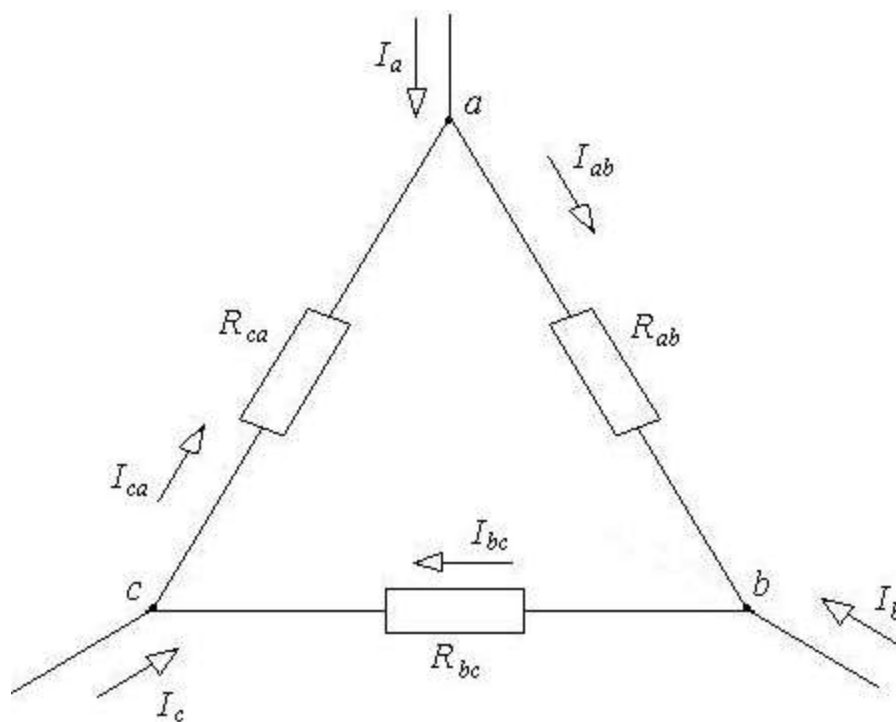
Мураккаб занжирларда шундай уланишлар учраб турадики, уларни на кетма-кет улашга ва на параллел улашга қўшиш мумкин. Бундай уланишларга қаршилиқларнинг учнурли юлдузи (1-расм) ва қаршилиқлар учбурчаги (2-расм) киради. Юлдуз ва учбурчакларни ўзаро бир-бири билан эквивалент қилиб алмаштириш кўп ҳолларда

схемани соддалаштириш имконини беради ва уни қаршиликларнинг аралаш уланиш схемасига олиб келади. Эквивалентлик шартига асосан I_a, I_b, I_c тоқлар ва U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} кучланишлар ($\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$ потенциаллар) алмаштиришдан кейин ўзгармасдан илгаригидек қолишлари керак.

Занжирнинг юлдуз схемаси бўйича уланган қисмини учбурчак схемаси бўйича уланган занжир билан алмаштирилганда занжирнинг қолган қисмидаги тоқлар ва кучланишлар ўзгармай сақланадилар. Бошқача айтганда, юлдуз ва учбурчакнинг эквивалентлиги шу маънода тушуниладики, юлдузнинг чиқишлари орасидаги кучланишлари мос равишда учбурчакнинг шундай исмли чиқишлари орасидаги кучланишларига тенг бўлганда, юлдуз ва учбурчакнинг бир хил исмли чиқишларидан чиқаётган тоқлари ҳам мос равишда тенг бўлади. Демак, юлдуз ва учбурчак схемаларда қувват бир хил бўлади.



1 – расм.



2 – расм.

1-расмда берилган юлдуз схемасидаги О тугун учун Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тенглама ёзамиз ва Ом қонунига асосан тоқларни o, a, b, c нуқталарнинг потенциаллари ва қаршилиқлар орқали ифодалаймиз:

$$I_a + I_b + I_c = 0 \quad (1)$$

$$I_a = \frac{\varphi_a - \varphi_o}{R_a}; \quad I_b = \frac{\varphi_b - \varphi_o}{R_b}; \quad I_c = \frac{\varphi_c - \varphi_o}{R_c} \quad (2)$$

$$\frac{\varphi_a - \varphi_o}{R_a} + \frac{\varphi_b - \varphi_o}{R_b} + \frac{\varphi_c - \varphi_o}{R_c} = 0$$

$$\frac{\varphi_a}{R_a} + \frac{\varphi_b}{R_b} + \frac{\varphi_c}{R_c} = \varphi_o \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c} \right)$$

$$\varphi_o = \frac{\frac{\varphi_a}{R_a} + \frac{\varphi_b}{R_b} + \frac{\varphi_c}{R_c}}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
I_a &= \frac{\varphi_a - \varphi_o}{R_a} = \frac{1}{R_a} \left(\varphi_a - \frac{\frac{\varphi_a}{R_a} + \frac{\varphi_b}{R_b} + \frac{\varphi_c}{R_c}}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}} \right) = \\
&= \frac{1}{R_a} \cdot \frac{\frac{\varphi_a}{R_a} + \frac{\varphi_a}{R_b} + \frac{\varphi_a}{R_c} - \frac{\varphi_a}{R_a} - \frac{\varphi_b}{R_b} - \frac{\varphi_c}{R_c}}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}} = \\
&= \frac{\frac{1}{R_a} \cdot \frac{1}{R_b} (\varphi_a - \varphi_b)}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}} + \frac{\frac{1}{R_a} \cdot \frac{1}{R_c} (\varphi_a - \varphi_c)}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}} \quad (4)
\end{aligned}$$

2-расмда берилган учбурчак схемасидаги a тугун учун Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан тенглама ёзамиз ва Ом қонунига асосан тоқларни a, b, c нуқталарнинг потенциаллари ва қаршилиқлар орқали ифодалаймиз

$$\begin{aligned}
I_a + I_{ca} &= I_{ab} \\
I_a = I_{ab} - I_{ca} &= \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_{ab}} - \frac{\varphi_c - \varphi_a}{R_{ca}} = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_{ab}} + \frac{\varphi_a - \varphi_c}{R_{ca}} \quad (5)
\end{aligned}$$

1-расм ва 2-расмлардаги юлдуз ва учбурчак схемалари бир-бирига эквивалент бўлишлари учун уларнинг a нуқталари (чиқишлари) орқали кираётган тоқлари бир-бирига тенг бўлишлари керак (b ва c нуқталарнинг тоқлари ҳам худди шу қоидага бўйсундилар). Яъни (4) формула билан аниқладиган юлдуз схеманинг I_a тоқи (5) формула билан аниқланадиган учбурчак схеманинг I_a тоқига тенг бўлиши керак. (4) ва (5) формулалар доим бир-бирига тенг бўлиши учун бу формулалардаги $(\varphi_a - \varphi_b)$ ва $(\varphi_a - \varphi_c)$ ифодаларнинг олдидаги коэффициентлар ҳам мос равишда бир-бирларига тенг бўлишлари керак. (4) ва (5) формулалардаги $(\varphi_a - \varphi_b)$ ифодаларнинг олдидаги коэффициентларни бир-бирларига тенглаб, R_{ab} ни аниқлаймиз

$$\frac{\frac{1}{R_a} \cdot \frac{1}{R_b}}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}} = \frac{1}{R_{ab}}$$

$$\frac{\frac{1}{R_a} \cdot \frac{1}{R_b}}{\frac{R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a}{R_a \cdot R_b \cdot R_c}} = \frac{1}{R_{ab}}$$

$$R_{ab} = \frac{R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a}{R_c} = R_a + R_b + \frac{R_a \cdot R_b}{R_c}$$

(4) ва (5) формулалардаги $(\varphi_a - \varphi_c)$ ифодаларнинг олдидаги коэффициентларни бир-бирларига тенглаб, R_{ca} ни аниқлаймиз.

$$\frac{\frac{1}{R_a} \cdot \frac{1}{R_c}}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c}} = \frac{1}{R_{ca}}$$

$$\frac{\frac{1}{R_a} \cdot \frac{1}{R_c}}{\frac{R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a}{R_a \cdot R_b \cdot R_c}} = \frac{1}{R_{ca}}$$

$$R_{ca} = \frac{R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a}{R_b} = R_c + R_a + \frac{R_c \cdot R_a}{R_b}$$

1-расм ва 2-расмлардаги юлдуз ва учбурчак схемаларнинг b нуқталари учун юқоридаги тартибда тенгламалар ёзиб, R_{bc} ни ҳам худди шу усулда аниқлаймиз

$$R_{bc} = R_b + R_c + \frac{R_b \cdot R_c}{R_a}$$

1.13. Қаршиликларнинг учбурчак схемасини

эквивалент юлдуз схемаси билан алмаштириш.

Қаршиликларнинг учбурчак схемасини юлдуз схемаси билан алмаштириш формулаларини келтириб чиқаришда олдинги параграфда келтириб чиқарилган қаршиликларнинг юлдуз

схемасини учбурчак схемаси билан алмаштиришда ишлатиладиган қуйидаги формулалардан фойдаланамиз:

$$R_{ab} = R_a + R_b + \frac{R_a \cdot R_b}{R_c} \quad (1)$$

$$R_{bc} = R_b + R_c + \frac{R_b \cdot R_c}{R_a} \quad (2)$$

$$R_{ca} = R_c + R_a + \frac{R_c \cdot R_a}{R_b} \quad (3)$$

(1), (2) ва (3) тенгламаларни биргаликда R_a , R_b ва R_c ларга нисбатан тенгламалар системаси қилиб ечиб, бизга керак бўлган формулаларни ҳосил қиламиз. Бу ишни қуйидагича амалга оширамиз. Аввал бу тенгламаларни қуйидагича ўзгартирамиз:

$$R_{ab} \cdot R_c = R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a \quad (4)$$

$$R_{bc} \cdot R_a = R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a \quad (5)$$

$$R_{ca} \cdot R_b = R_a \cdot R_b + R_b \cdot R_c + R_c \cdot R_a \quad (6)$$

(4), (5) ва (6) лардан қуйидаги тенглик келиб чиқади:

$$R_{ab} \cdot R_c = R_{bc} \cdot R_a = R_{ca} \cdot R_b \quad (7)$$

(7) формуладан фойдаланиб R_b ва R_c ларни R_a орқали ифодалаймиз:

$$R_b = \frac{R_{bc}}{R_{ca}} R_a \quad (8)$$

$$R_c = \frac{R_{bc}}{R_{ab}} R_a \quad (9)$$

(8) ва (9) ларни (1) га қўямиз ва R_a ни топамиз:

$$R_{ab} = R_a + \frac{R_{bc}}{R_{ca}} R_a + \frac{R_{ab}}{R_{ca}} R_a$$

$$R_{ab} \cdot R_{ca} = R_{ca} \cdot R_a + R_{bc} \cdot R_a + R_{ab} \cdot R_a$$

$$R_a = \frac{R_{ab} \cdot R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

R_b ва R_c ларни ҳам худди R_a каби, юқорида баён этилган тартибда аниқланади.

$$R_b = \frac{R_{bc} \cdot R_{ab}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

$$R_c = \frac{R_{ca} \cdot R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

II BOB: Bir fazali o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari.

2.1. Asosiy tushunchalar va ta'riflar.

Вақт бўйича синусоидал қонун билан ўзгарувчан барча даврий тоқлар синусоидал тоқлар деб аталади . Энергетикада синусоидал тоқ занжирлари энг кўп тарқалгандир. Синусоидал тоқ ўзгармас тоқдан бир мунча афзалликларга эгадир: ишлаб чиқариш, узатиш ва ишлатиш синусоидал тоқда энг тежамли бўлади. Синусоидал тоқ занжирларида кучланишни ўзгартириш нисбатан осон ва бунда кучланиш шакли ўзгармайди . Уч фазали синусоидал тоқ двигателлари – асинхрон двигателлар энг содда, ишончли ва тежамли двигателлар ҳисобланади. Вақтнинг синусоидал функциясини ҳақартерловчи асосий катталиқлар. Синусоидал тоқ чизикли занжирларида кучланиш, ЭЮК ва тоқ вақтнинг синусоидал функцияларидир:

$$u = U_m \sin (\omega t + \psi_u) , \quad e = E_m \sin (\omega t + \psi_e) ,$$

$$i = I_m \sin (\omega t + \psi_i)$$

u, e, i – кучланиш, ЭЮК ва тоқларнинг оний қийматлари, яъни қурилайётган вақт моментидаги қийматлари.

$\omega t + \psi_u, \omega t + \psi_e, \omega t + \psi_i$ – синусоидал функцияларнинг аргументлари фаза ёки фаза бурчаги деб аталади. Фаза синусоидал функциянинг нолдан мусбат қийматга ўтиш нуқтасидан ҳисобланади.

Амплитуда U_m, E_m, I_m – синусоидал функцияларнинг максимал қиймати;

ω – бурчак частота, яъни синусоидал функция аргументининг ўзгариш тезлиги радиусларда ўлчанади.

ψ_u, ψ_e, ψ_i – бошланғич фаза, яъни синусоидал функция аргументининг вақт ҳисоблаш бошидаги қиймати, яъни $t = 0$ даги радиан ёки градусларда ўлчанади.

Давр T – ўзгарувчан тоқ бир цикли учун кетган вақт . $T = \frac{2\pi}{\omega}$

Цикл — ўзгарувчан ток ўзгаришларининг тўла доираси.

Частота- $f = \frac{1}{T}$ бир секунддаги даврлар сони. ($\Gamma_{\text{ц}}=1 \text{ с}^{-1}$)

Кучланиш ва ток орасидаги фазалар фарки $\varphi = \psi_u - \psi_i$

Таъсир этувчи қиймати U , E , I — ўзгарувчан катталиқнинг бир давр оралиғидаги уртача квадратик қиймати. Синусоидал токнинг бир давр оралиғидаги иссиқлик ва куч эффектлари синусоидал токнинг таъсир этувчи қийматига тенг бўлган ўзгармас токнинг бир давр оралиғидаги эффектига тенг. Синусоидал токнинг бир давр давомидаги иссиқлик ва куч эффектлари қиймати синусоидал токнинг таъсир этувчи қийматига тенг бўлган ўзгармас токнинг шу вақт интервали давомидаги эффектига тенг бўлади. Синусоидал токда бир давр давомида қаршилиқда қанча электр энергияси иссиқлик энергиясига айланса, унинг таъсир этувчи қийматига тенг бўлган ўзгармас токда шунча электр энергияси иссиқлик энергиясига айланади

$$W_T = \int_0^T Ri^2 dt = RI^2 T$$

Синусоидал токнинг таъсир этувчи қиймати, яъни ўртача квадратик қиймати

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{\frac{1}{T} \int i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (I_m \sin \omega t)^2 dt} = \\ &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (1 - \cos 2 \omega t) dt} = \end{aligned}$$

$$= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{T} \left| t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right|_0^T} =$$

$$= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{T} \left(T - \frac{\sin 2\omega t}{2\pi f} \right)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 I_m$$

Худди шундай тартибда кучланиш ва электр юритувчи кучнинг таъсир этувчи қийматлари аниқланади $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 U_m$,

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 E_m$$

Ўртача қиймати $I_{ур}$, $U_{ур}$, $E_{ур}$. Синусоидал функциянинг бир давр оралиғидаги ўртача қиймати нолга тенг (синусоидал мусбат ва манфий ярим тўлқинларнинг юзалари тенг). Шунинг учун синусоидал функциянинг ўртача қиймати мусбат ярим давр оралиғидаги ўртача қиймати сифатида ҳисобланади.

$$I_{cp} = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} i dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t dt =$$

$$= -\frac{2I_m}{T\omega} \left| \cos \omega t \right|_0^{T/2} = \frac{2}{\pi} I_m \approx 0,637 I_m$$

Худди шундай U_{cp} ва E_{cp} лар аниқланади :

$$U_{cp} = \frac{2}{\pi} U_m \approx 0,637 U_m$$

$$E_{cp} = \frac{2}{\pi} E_m \approx 0,637 E_m$$

2.2. Синусоидал функцияларни турли кўринишда тасвирлаш

- 1) Синусоидал функцияларни аналитик тасвирлаш. Синусоидал функцияларни аналитик кўринишда қуйдагича тасвирлаш мумкин.

$$u = U_m \sin (\omega t + \psi_u) , \quad e = E_m \sin (\omega t + \psi_e) ,$$

$$i = I_m \sin (\omega t + \psi_i)$$

Электр занжирларни ҳисоблашда бундай ифодалардан фойдаланиш жуда ноқулай, чунки тригонметрик функциялар устида алгебраик амаллар бажарилганда жуда мураккаб ҳисоблашлар қилишга тўғри келади. Масалан: иккита синусоидал ток йиғиндиси ҳисоблаганда:

$$i_1 = I_{1m} \sin (\omega t + \psi_{i1})$$

$$i_2 = I_{2m} \sin (\omega t + \psi_{i2})$$

$$\begin{aligned} i = i_1 + i_2 &= I_{1m} \sin (\omega t + \psi_{i1}) + I_{2m} \sin (\omega t + \psi_{i2}) = \\ &= I_m \sin (\omega t + \psi_i) \end{aligned}$$

$$I_m = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{2m}^2 + 2I_{1m} I_{2m} \cos (\psi_{i1} - \psi_{i2})}$$

$$\psi_i = \frac{I_{1m} \sin \psi_{i1} + I_{2m} \sin \psi_{i2}}{I_{1m} \cos \psi_{i1} + I_{2m} \cos \psi_{i2}}$$

2) Синусоидал функцияларни векторлар орқали ифодалаш. Бу усул синусоидал ток занжиридаги миқдорий ва фазавий муносабатларни яққол кўрсатиш имкониятини беради. Бу усул физик жараёнларни тушунтиришда ва асосий муносабатларни чиқаришда кенг қўлланилади.

Тўғри чизиқли координаталар системаси xOy да вектор $\dot{I}_m$ ни қўямиз. Вектор узунлиги таъсир этувчи қиймат тенг, абциссалар ўқи билан ҳосил қилган бурчаги бошланғич фаза ψ_i

га тенг бўлсин. Унинг ординаталар ўқиға проекцияси $I_m \sin \psi_i$

$t=0$ моментидаги токнинг оний қийматиға тенг бўлади :

$$i(0) = I_m \sin \psi_i$$

$\dot{I}_m$ векторни ўзгармас бурчак тезлик ω билан координаталар боши атрофида соат стрелкаси ҳаракати йўналишиға қарши айлантирамиз.

Вақт t давомида $\dot{I}_m$ вектор ωt бурчакка бурилади ва абцисса ўқи билан ҳосил қилган бурчаги $(\omega t + \psi_i)$ га тенг бўлиб қолади.

Айланувчи векторнинг ордината ўқиға проекцияси $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$

синусоидал токнинг оний қийматига тенг бўлади. Электротехникада векторларни айланувчан кўринишда эмас, $t=0$ момент учун қўзғалмас кўринишда тасвирланади. Абцисса ўқи билан ҳосил қилган бурчаклари бошланғич фазаларга (ψ_i, ψ_u) тенг бўлади.

Шундай қилиб қўзғалмас векторлар синусоидал функциянинг иккита параметрини аниқлаб беради: таъсир этувчи қиймати ва бошланғич фазасини, учинчи параметр — бурчак частота маълум бўлиши лозим.

Кучланиш вектор ва ток вектори орасидаги бурчак фазалар силжишига тенг $\varphi = \psi_u - \psi_i$

, φ бурчак ток вектори $\dot{I}$ дан кучланиш вектори $\dot{U}$ га қараб қўйилади. Агар $\psi_u > \psi_i$ бўлса, унда $\varphi > 0$ ва кучланиш токдан фаза бўйича фазалар силжиш бурчагига олдинда юради. Акс холда $\varphi < 0$

бўлади ва кучланиш токдан фаза бўйича орқада юради.

ЭЮК кучланиш ва ток векторларининг умумий координаталари системасида тасвирланган мажмуаси вектор диаграммаси деб аталади.

2.3. Синусоидал функцияларни комплекс сонлар билан ифодалаш

Синусоидал функцияларнинг вектор тасвиридан уларни комплекс сонлар билан ифодалашга ўтиш мумкин. Электротехникада мавҳум

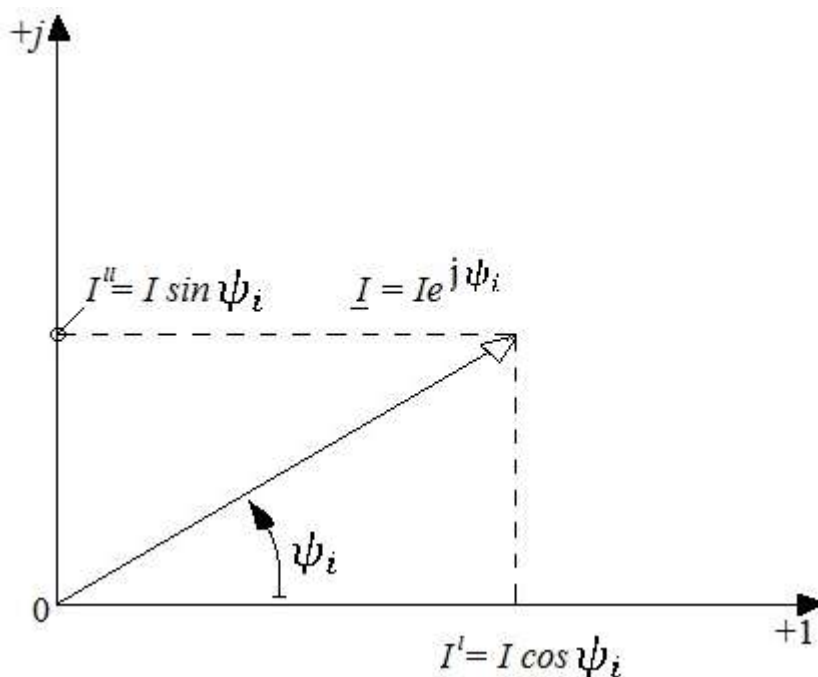
бирлик $\sqrt{-1}$ математикадан фаркли равишда j ҳарфи билан белгиланади .

Комплекс текисликдаги ҳар қандай нуқта ёки шу нуқтага координаталар бошидан ўтказилган вектор комплекс сон билан тасвирланади.

$\dot{A} = a + jb$, бу ерда a — нуқтанинг ҳақиқий сонлар ўқи бўйича координатаси, b — мавҳум сонлар ўқи бўйича координатаси. $\dot{I}$ векторнинг узунлигини токнинг таъсир этувчи қиймати I нинг қийматига тенг ва абциссалар ўқиға нисбатан ψ_i бурчак остида чизамиз.

Шунинг учун ток вектори $\dot{I}$ ни қуйидагича ёзиш мумкин $\dot{I} = I' + jI''$

Комплекс сонларни бу кўринишда ёзилиши алгебраик шаклда ёзиш деб аталади.



1-расм

Расмда кўриниб турибдики $I' = I \cos \psi_i$ $I'' = I \sin \psi_i$

$$\dot{I} = I \cos \psi_i + jI \sin \psi_i$$

Комплекс сонларни бу кўринишда ёзилиши тригонометрик шаклда ёзиш деб аталади.

Тригонометрик шаклни Эйлер формуласи $e^{j\psi_i} = \cos \psi_i + j \sin \psi_i$ дан фойдаланиб $\dot{I} = Ie^{j\psi_i}$ — кўрсаткичли шаклга айлантириш

мумкин. Шундай қилиб комплекс ток $\dot{I}$ ни уч хил комплекс шакли билан ёзиш мумкин.

$$\dot{I} = I' + jI'' = I \cos \psi_i + jI \sin \psi_i = Ie^{j\psi_i}$$

Алгебраик шакл кўрсаткичли ва тригонометрик шаклга ўтиш қуйидаги формулалар орқали амалга оширилади.

$$I = \sqrt{(I')^2 + (I'')^2}$$

$$\psi_i = \arctg \frac{I''}{I'} \quad \text{при } I' > 0$$

$$\psi_i = \arctg \frac{I''}{I'} + 180^\circ \quad \text{при } I' < 0$$

$\dot{I}_m, \dot{U}_m, \dot{E}_m$ ларни комплекс амплитудалар деб аталади .

$\dot{U}, \dot{I}, \dot{E}$ ларни комплекс таъсир этувчи қийматлар ёки қисқа қилиб комплекс ток, комплекс кучланиш, комплекс ЭЮК деб аталади. Комплекс сонларни қўшиш ва айрилишда алгебраик формадан фойдаланилади. Кўпайтириш бўлиш ва логарифмлашда кўрсаткичли шаклда фойдаланиш қулай

2.4. Синусоидал ток занжири учун Кирхгоф қонунлари

Ўзгарувчи ток занжирларидан физик процесслар ўзгармас ток занжирларидаги физик процесслардан принципиал фарқ қилади. Ўзгарувчан ток ва кучланишлар қўшимча ЭДС ва токларни ҳосил қилади. Масалан ўзгарувчан магнит майдони ўзиндукция ЭДС ни ҳосил қилади, электр майдонининг ўзгариши конденсаторнинг зарядка ва разрядка токини ҳосил қилади. Бу ЭЮК ва токларни занжирни

ҳисоблашда ҳисобга олиш керак, бу ҳисобни мураккаблаштиради. Ўзгармас ток занжиридаги резисторларда манба электр энергияси иссиқлик энергиясига айланади. Ўзгарувчан ток занжирларида электр энергиясининг иссиқлик энергиясига айланишдан ташқари магнит ва электр майдонларида энергия тупланиши содир бўлади, яъни занжир R параметрлардан ташқари L ва C параметрлар билан ҳам ҳарактерланади.

Синусоидал ток занжири учун частота катта аҳамиятга эга. Занжирдаги процессларга индуктивлик ва сиғимларнинг таъсири частотага боғлиқ син.ток занжирларининг хусусиятлари янги бу занжирлар учун ҳос ҳодисаларни келтириб чиқаради: фазалар фарқи, резонанс, реактив қувватлар ва ҳоказо.

Синусоидал ток занжирларини ҳисоблашда максимал равишда ўзгармас ток занжирларининг тушунчалари, формула ва методлари ишлатилади. Бу эса комплекс методни қўллаганда мумкин бўлади.

2.5. Комплекс шаклдаги Кирхгоф қонунлари.

1. Занжирнинг ҳар қандай тугун нуқтасида тоқларнинг оний қийматлари учун $\sum i_k = 0$ шарт бажарилади. Кирхгофнинг биринчи қонунини ифодаловчи бу муносабатга символик шаклдаги ушбу тенглама мос келади:

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

Демак, комплекс кўринишдаги Кирхгофнинг биринчи қонуни қуйидагича таърифланади: тугундаги комплекс тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

2. Занжирнинг ҳар қандай контурида кучланишларнинг ва ЭЮК ларнинг оний қийматлари учун $\sum e_k = \sum u_k$ (ёки $\sum e_k = \sum i_k R_k$) шарт бажарилади. Кирхгофнинг иккинчи қонунини ифодаловчи бу муносабатга символик шаклдаги ушбу тенглама мос келади:

$$\sum_{k=1}^n \dot{U}_k = \sum_{p=1}^m \dot{E}_p$$

Комплекс кўринишдаги Кирхгофнинг иккинчи қонуни қуйидагича таърифланади: контурдаги комплекс кучланишларнинг алгебраик йиғиндиси комплекс ЭЮК ларнинг алгебраик йиғиндисига тенг. Комплекс ЭЮК, кучланиш ва тоқлар плюс белги билан бу тенгламага ёзиладилар, агар уларнинг йўналишлари контурни айланиб чиқиш йўналиши билан мос келса. Акс ҳолда, яъни уларнинг йўналишлари контурни айланиб чиқиш йўналишига қарама-қарши бўлса, минус белги билан ёзиладилар.

2.6. Синусоидал ток занжирининг асосий элементлари.

Резистив элементли синусоидал ток занжири.

Агар 1-расм а да тасвирланган схемадаги резистив элементга синусоидал кучланиш $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$ берилган бўлса, унда оний қийматлар учун Ом қонунига асосан

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \sin(\omega t + \psi_u)}{R}$$

Бу ифодадан кўриниб турибдики, ток ҳам синусоидал қонун

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i) \text{ бўйича ўзгарар экан, бу ерда } I_m = \frac{U_m}{R}$$

токнинг амплитудаси. Охирги тенгликнинг ўнг ва чап томонларини

$\sqrt{2}$ га бўлиб, эффектив қийматлар учун қуйидаги муносабатни ҳосил қиламиз

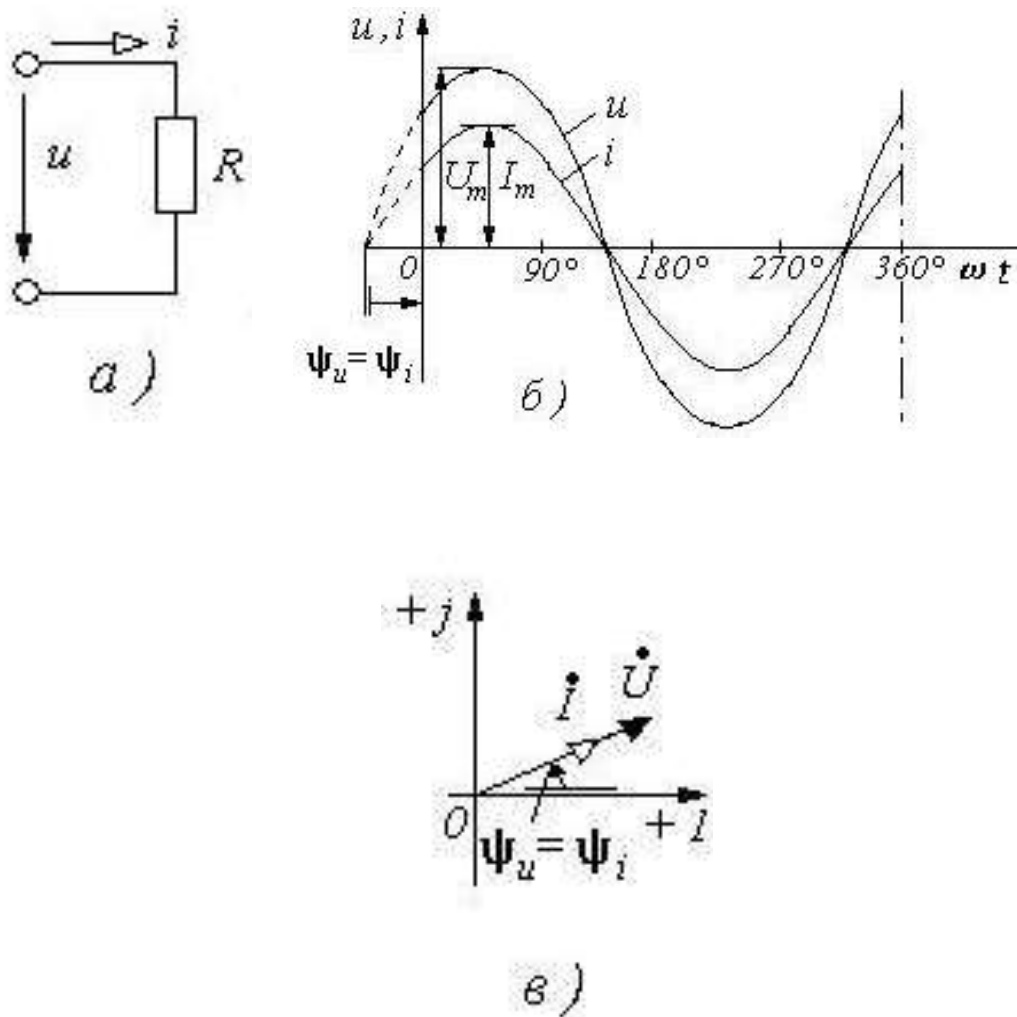
$$I = \frac{U}{R}$$

Токнинг бошланғич фазаси $\psi_i = \psi_u$, бундан келиб чиқадики фазалар фарқи $\varphi = \psi_u - \psi_i = 0$ га тенг, яъни занжирнинг резистив элементли қисмида кучланиш ва токнинг фазалари бир хил бўлар экан.

1-расм б ва в да оний қийматлар графиги ва вектор диаграмма тасвирланган.

u ва i оний қийматларни кўрсаткичли шаклдаги комплекс ифодалари билан алмаштирамиз

$$\dot{U} = U e^{j\psi_u} \quad \text{ва} \quad \dot{I} = I e^{j\psi_i}$$



1-расм

$\dot{U}$ ни $\dot{I}$ га бўлиб, қуйидагини оламиз

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U e^{j\psi_u}}{I e^{j\psi_i}} = \frac{U}{I} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = R e^{j0} = R$$

Бундан занжирнинг актив қаршиликли қисми учун комплекс кўринишдаги Ом қонуни келиб чиқади

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R}$$

Комплекс кўринишдаги кучланишнинг пасайиши эса

$$\dot{U} = R\dot{I}$$

2.7. Индуктив элементли синусоидал ток занжири

Индуктив элементли синусоидал ток занжирига (2-расм, а)

занжирнинг актив қисми учун Ом қонунини қўлаймиз . $i = I_m \sin$

$(\omega t + \psi_i)$ ток оқиши учун индуктив элементга қандай кучланиш берилиши кераклигини аниқлаймиз.

Занжирнинг актив қисми учун Ом қонунига асосан:

$$u = iR - E \quad (1)$$

бу ерда R — ғалтак симининг актив омик қаршилиги,

$E = -L \frac{di}{dt}$ — ўзиндукция электр юритувчи кучи.

Идеаллаштирилган ғалтакнинг актив қаршилиги бўлмайди, яъни идеаллаштирилган индуктив элемент учун $R=0$ бўлади. Идеаллаштирилган индуктив элемент фақат индуктивликдан иборат бўлиб, унинг омик қаршилиги бўлмайди (реал индуктивлик ғалтакларида ҳам актив омик қаршилик жуда ҳам кичик бўлганидан уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади). Идеаллаштирилган индуктив элемент учун (1) формулани қуйидагича ёзиш мумкин, $R=0$ ҳисоблаб:

$$u = -E = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

$i = I_m \sin (\omega t + \psi_i)$ ифодадан ҳосила олиб, охирги тенгликка қўямиз ва қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$u = L \frac{di}{dt} = I_m \omega L \cos(\omega t + \psi_i) =$$

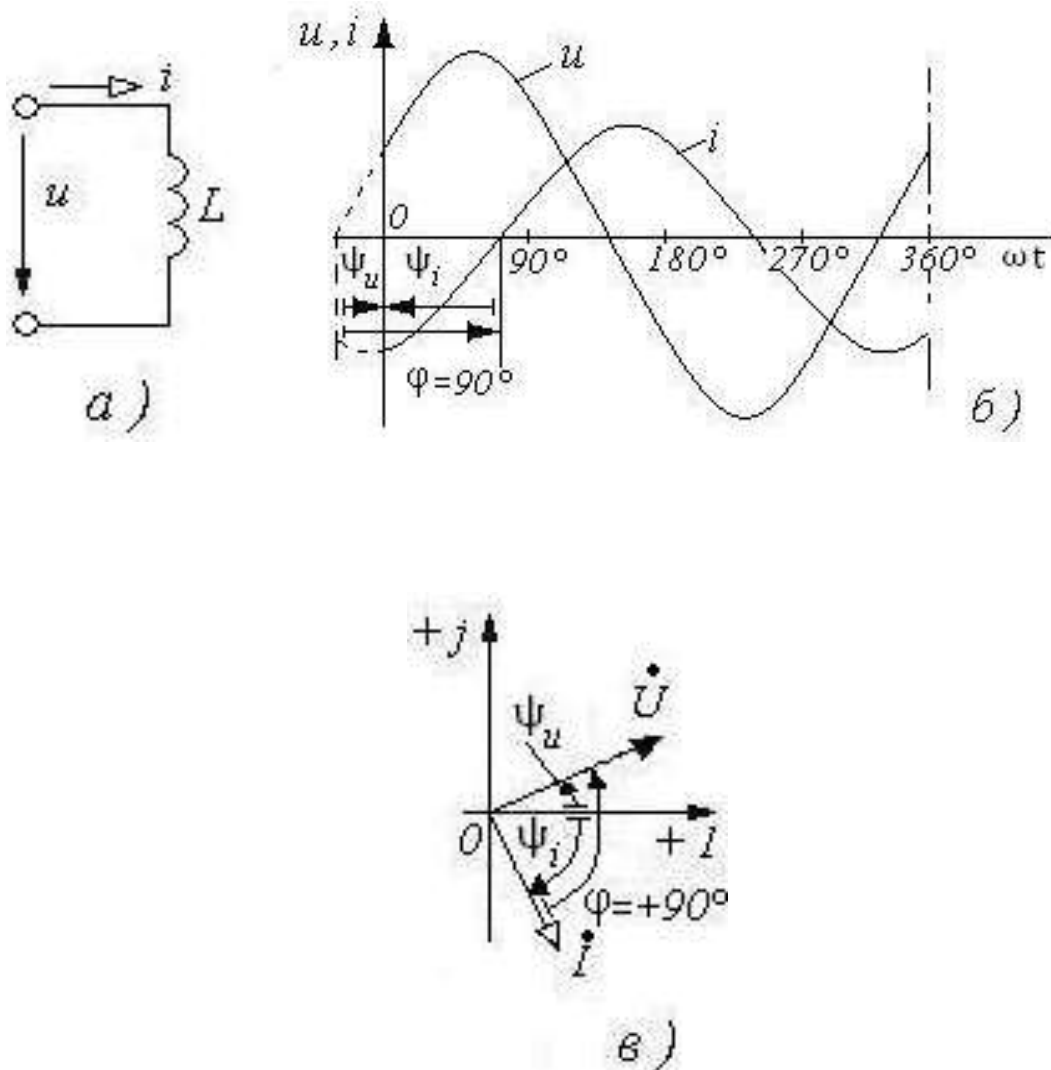
$$= I_m \omega L \sin(\omega t + \psi_i + 90^\circ) = U_m \sin(\omega t + \psi_u) \quad (3)$$

Бу (3) ифодадан кучланиш амплитудасини топамиз $U_m = I_m \omega L$.

Ток амплитудаси эса $I_m = \frac{U_m}{\omega L}$ га тенг.

$\frac{U_m}{I_m} = \omega L = X_L$ тенглик бўйича аниқланувчи катталиқ индуктив қаршилиқ деб аталади. Охирги тенгликнинг ўнг ва чап томонларини $\sqrt{2}$ га бўлиб, эффектив қийматлар учун қуйидаги муносабатни ҳосил қиламиз

$$\frac{U}{I} = \omega L = X_L \quad (4)$$



2-расм

(3) ифодадаги синусоидал функцияларнинг тенглиги бажарилиши учун уларнинг аргументлари ҳам бир-бирига тенг бўлиши керак

$$\omega t + \psi_i + 90^\circ = \omega t + \psi_u \quad (5)$$

(5) тенгликдан қуйидаги тенгликлар ҳосил бўлади

$$\psi_i + 90^\circ = \psi_u \quad \psi_u - \psi_i = 90^\circ \quad (6)$$

(6) формуладан кўриниб турибдики занжирнинг индуктив элементли қисмида кучланиш токдан фаза бўйича 90° га олдинда юрар экан. Ток эса кучланишдан фаза бўйича 90° га орқада қолади .

Ом қонунининг формуласини келтириб чиқариш учун кучланиш комплексини ток комплексига бўламиз

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U e^{j\psi_u}}{I e^{j\psi_i}} = \frac{U}{I} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = X_L e^{j90^\circ}$$

Эйлер формуласига асосан $e^{j90^\circ} = \cos 90^\circ + j \sin 90^\circ = j$ бўлгани учун , занжирнинг индуктив элементли қисми учун комплекс кўринишдаги Ом қонуни қуйидаги шаклларда ёзилиши мумкин

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = jX_L \quad \dot{I} = \frac{\dot{U}}{jX_L} \quad \dot{U} = jX_L \dot{I}$$

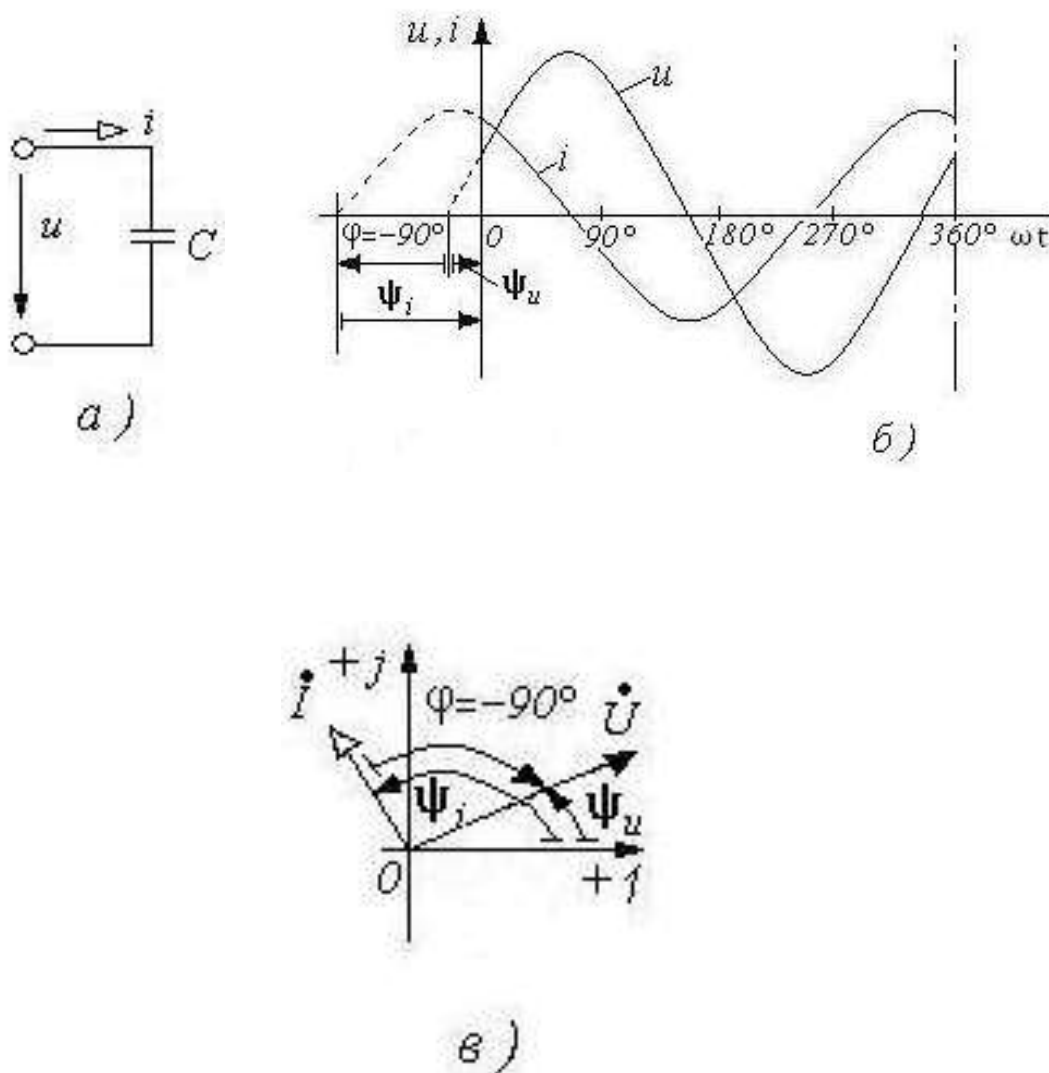
Бу ерда jX_L — комплекс кўринишдаги индуктив қаршилик деб аталади. Занжирнинг индуктив элементли қисмида кучланиш пасайишининг комплекс кўриниши қуйидагича ёзилади

$$\dot{U} = jX_L \dot{I}$$

2.8. Сифим элементли синусоидал ток занжири

Агар сифим элементга (3-расм а да тасвирланган схемадаги) синусоидал кучланиш $u_c = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$ берилган бўлса , унда сифимнинг зарядланиш-разрядланиш токи

$$\begin{aligned} i &= C \frac{du_c}{dt} = C \frac{d[U_m \sin(\omega t + \psi_u)]}{dt} = \\ &= \omega C U_m \sin(\omega t + \psi_u + 90^\circ) \end{aligned}$$



3-расм

Шундай қилиб, занжирнинг сиғим элементли қисмига синусоидал кучланиш берилган пайтда ундан синусоидал ток $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ оқар экан. Токнинг амплитудаси $I_m = \omega C U_m$, эффектив қиймати эса $I = \omega C U$.

ωC га тескари бўлган катталиқни сиғим қаршилик деб аталади ва у X_c кўринишида белгиланади.

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

Физик томондан бу тенглик зарядка ва разрядка токи чексиз катта бўла олмаслигини билдиради.

Токнинг бошланғич фазаси $\psi_i = \psi_u + 90^\circ$ га тенг, бундан келиб чиқадики, кучланиш ва ток орасидаги фазалар фарқи

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = -90^\circ$$

Формуладан кўриниб турибдики занжирнинг сиғим элементли қисмида ток кучланишдан фаза бўйича 90° га олдинда юрар экан. Кучланиш эса токдан фаза бўйича 90° га орқада қолади .

Кучланиш ва токнинг оний қийматлари графиклари ва вектор диаграммаси 3-расм б ва в ларда кўрсатилган

Кўрсаткичли шаклдаги кучланиш комплексини кўрсаткичли шаклдаги ток комплексига бўлиб Ом қонунини ҳосил қиламиз

$$\frac{\dot{U}}{i} = \frac{U e^{j\psi_u}}{I e^{j\psi_i}} = \frac{U}{I} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = X_c e^{-j90^\circ} = -jX_c$$

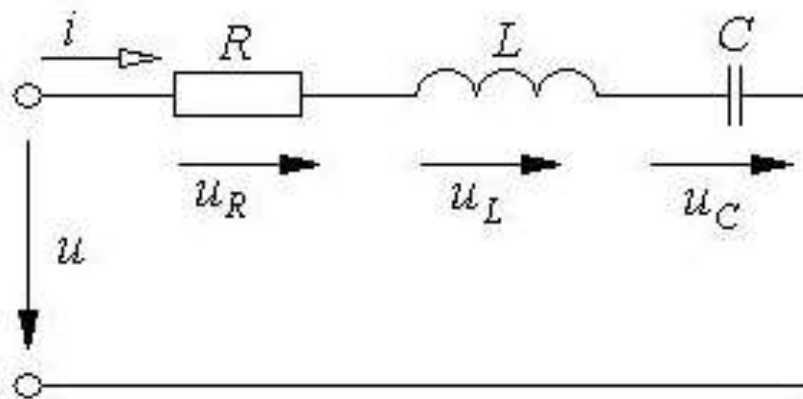
Эйлер формуласига асосан $e^{-j90^\circ} = \cos(-90^\circ) + j\sin(-90^\circ) = -j$ бўлгани сабабли , комплекс кўринишдаги Ом қонуни қуйидаги шаклга киради

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{-jX_c}$$

Занжирнинг сиғим элементли қисмидаги кучланиш пасайишининг комплекс кўриниши қуйидаги шаклда бўлади

$$\dot{U} = -jX_c \dot{I}$$

2.9.Элементлари кетма –кет уланган синусоидал ток занжири



1-расм

Занжирнинг R , L , C элементлар кетма-кет уланган қисми учун Ом қонуни формуласини келтириб чиқарамиз. Агар занжирнинг R , L , C элементлар кетма-кет уланган қисмига $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$ синусоидал кучланиш берилган бўлиб, ундан $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ синусоидал ток оқаётган бўлсин. Ҳар бир элементдаги кучланиш пасайишини u_R , u_L , u_C билан белгилаймиз. Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан

$$u = u_R + u_L + u_C \quad 1)$$

Оний қийматларни комплекс кўринишлари билан алмаштириб, қуйидагини ҳосил қиламиз

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C \quad (2)$$

Илгари қуйидаги формулалар олинган эди

$$\dot{U}_R = R\dot{I}, \quad \dot{U}_L = jX_L\dot{I}, \quad \dot{U}_C = -jX_C\dot{I}$$

Бу формулаларни (2) га қўйсак

$$\dot{U} = R\dot{I} + jX_L\dot{I} - jX_C\dot{I} \quad (3)$$

Ток комплексини қавсдан ташқарига чиқарамиз

$$\dot{U} = \dot{I}(R + jX_L - jX_C) \quad (4)$$

Комплекс кўринишдаги Ом қонунини ёзамиз

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{[R + j(X_L - X_C)]} \quad (5)$$

Синусоидал ток занжирини ҳисоблаганда вақтнинг санок бошиси ($t=0$) ихтиёрий танлаб олиниши мумкин. Вақтнинг санок бошиси ўзгарганда ҳамма катталикларнинг бошланғич фазалари ўзгаради, лекин улар орасидаги фазалар фарқи ўзгармайди. Синусоидал ток занжири режимини баҳолаш учун худди шу фазалар фарқи муҳимдир. Шунинг учун ҳисоблашларни соддалаштириш мақсадида бирорта катталиқнинг бошланғич фазасини нолга тенг деб олинади.

(5) формула маҳражидаги ифода $\dot{Z}$ ҳарфи билан белгиланади ва комплекс қаршилик деб аталади.

$$\dot{Z} = R + j(X_L - X_C) \quad (6)$$

Қавс ичидаги $X = X_L - X_C$ ифода эса реактив қаршилик деб аталади.

Комплекс қаршилик $\dot{Z}$ ни кўрсаткичли шаклда ёзамиз

$$\dot{Z} = Z e^{j\varphi} \quad (7)$$

Бу ерда $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ (8) — комплекс қаршиликнинг модули, у *тўла қаршилик* деб ҳам аталади.

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} \quad (9) \quad \text{— комплекс қаршиликнинг аргументи.}$$

Комплекс қаршилик $\dot{Z}$ ни кўрсаткичли шаклда ёзилган $\dot{U}$ ва $\dot{I}$ лар орқали ифодалаймиз

$$\dot{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U e^{j\psi_u}}{I e^{j\psi_i}} = \frac{U}{I} e^{j(\psi_u - \psi_i)} \quad (10)$$

(7) ва (8) лардан қуйидаги формулани ҳосил қиламиз

$$Z = \frac{U}{I} \quad (11)$$

$$\varphi = \psi_u - \psi_i \quad (12)$$

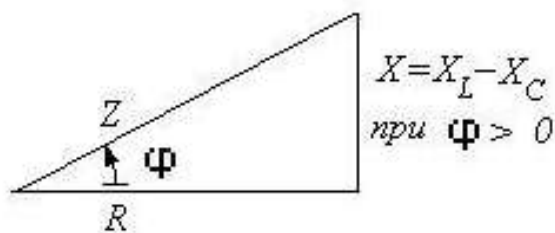
(5) – (12) формулалардан куйидаги хулосаларни чиқариш мумкин

1) R , L , C элементлар кетма-кет уланган занжирдаги токнинг эффектив қиймати (ёки амплитудаси) берилган кучланишнинг эффектив қийматига (ёки амплитудасига) тўғри пропорционал занжирнинг тўла қаршилигига эса тескари пропорционал (11).

2) кучланиш ва ток орасидаги фазалар силжиш бурчаги комплекс қаршилик аргументига тенг (7).

Фазалар силжиш бурчагининг ишораси реактив қаршилик X нинг ишораси билан аниқланади. Агар $X_L > X_C$ бўлса, занжир актив-индуктив характерга эга бўлади, яъни ток фаза бўйича кучланишдан $0 < \varphi < 90^\circ$ бурчакка орқада қолади. Агар $X_L < X_C$ бўлса, занжир актив-сиғим характерга эга бўлади, яъни ток фаза бўйича кучланишдан олдинда юради ($0 > \varphi > -90^\circ$). Агар $X_L = X_C$ ва $\varphi = 0$ бўлса, резонанс режими ҳосил бўлади, бунда занжир қаршилиги соф актив қаршилик бўлади.

(8) ва (9) формулаларни эслаб қолишни қулай қилиш мақсадида қаршиликлар учбурчаги чизилади, бу учбурчакдан юқоридаги формулалар осон ҳосил қилинади (2-расм).

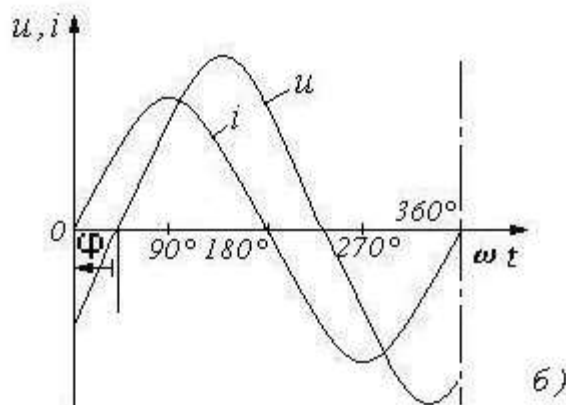
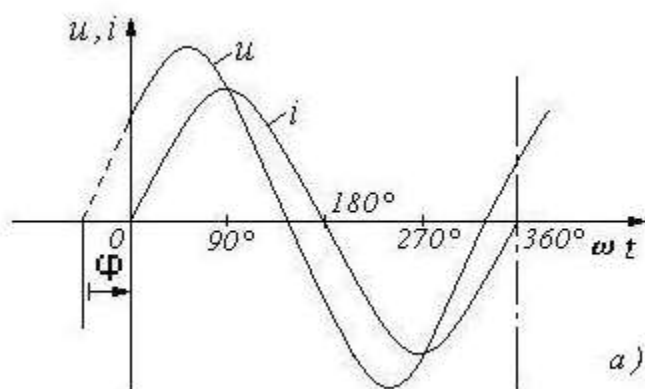


2-расм

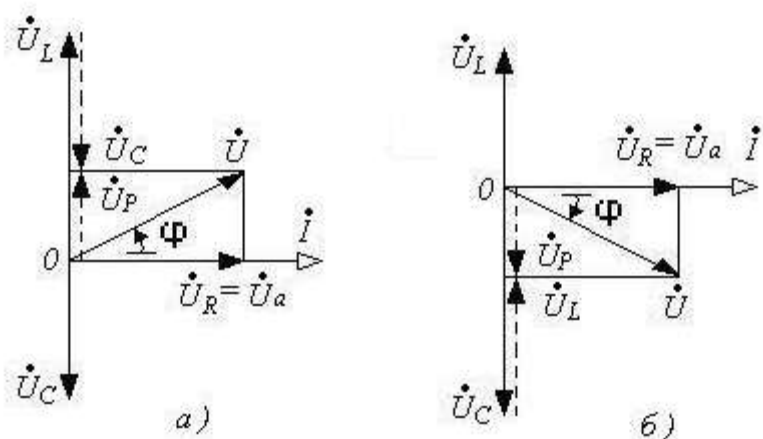
Оний қийматлар графиги ва вектор диаграмма. 3-расм а да актив-индуктив нагрузка ($X_L > X_C$, $\varphi > 0$) учун кучланиш ва токнинг оний қийматлари берилган, 3-расм б да эса актив сиғим ($X_L < X_C$, $\varphi < 0$) нагрузка учун

кучланиш ва токнинг оний қийматлари берилган. 4-расм *a, б* да эса ушбу ҳоллар учун вектор диаграммалар келтирилган. Токнинг бошланғич фазаси ψ_i иккала ҳолда ҳам нолга тенг қилиб олинган. Вектор диаграммалар Кирхгофнинг иккинчи қонунига мувофиқ равишда қурилган

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$$



3-расм.



4-расм.

Актив қаршиликдаги кучланиш вектори $\dot{U}_R$ йўналиш бўйича ток вектори $\dot{i}$ билан мос тушади (фазалар фарқи нолга тенг) ва умумий кучланиш $\dot{U}$ нинг актив ташкил этувчиси $\dot{U}_a$ аталади.

Индуктивликдаги кучланиш вектори $\dot{U}_L$ фаза бўйича ток векторидан 90° га олдинда юради ва сиғимдаги кучланиш вектори $\dot{U}_C$ фаза бўйича ток векторидан 90° га орқада юради

Схема қисмларидаги кучланиш векторларини қўшиб умумий кучланиш

вектори $\dot{U}$ ни ҳосил қиламиз:
$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$$

$\dot{U}_L$ ва $\dot{U}_C$ векторларни қўшсак кучланишнинг реактив ташкил этувчисини ҳосил қиламиз:
$$\dot{U}_P = \dot{U}_L + \dot{U}_C$$

Кучланишнинг реактив ташкил этувчиси индуктив характердаги нагрузка бўлганда токдан фаза бўйича 90° га олдинда юради. Сиғим характердаги нагрузка бўлганда эса токдан фаза бўйича 90° га орқада қолади. Томонлари

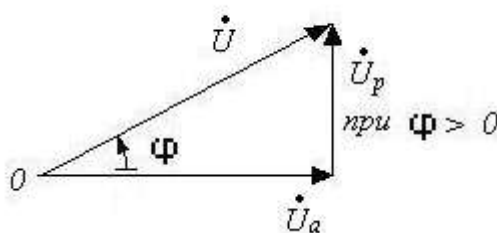
$\dot{U}_a$ ва $\dot{U}_P$ лардан иборат бўлган тўртбурчак диагонали умумий кучланиш вектори $\dot{U}$ га тенг бўлади (4-расм).

4-расмдаги вектор диаграммадан схеманинг қисмларидаги кучланишлар модуллари бир-бири билан боғловчи формулаларни олиш мумкин:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R} \quad (13)$$

(13) формулаларни эслаб қолишни осонлаштириш мақсадида кучланишлар учбурчагини курамиз :



2.10. Синусоидал ток занжиридаги ўтказувчанлик

Комплекс ўтказувчанлик деганда комплекс токнинг комплекс кучланишига нисбати тушунилади

$$\dot{Y} = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = \frac{1}{\dot{Z}} \quad \dot{Z} = R + jX \quad \text{бўлгани учун}$$

$$\dot{Y} = \frac{1}{R + jx} = \frac{R}{R^2 + X^2} - j \frac{X}{R^2 + X^2} = G - jB$$

Комплекс ўтказувчанликнинг ҳақиқий қисми

$$G = \frac{R}{R^2 + X^2} = \frac{R}{Z^2}$$

актив ўтказувчанлик деб аталади

Мавҳум қисми $B = \frac{X}{R^2 + X^2} = \frac{X}{Z^2}$ реактив ўтказувчанлик деб

аталади

Реактив қаршилиги $X = X_L - X_C$ бўлгани учун

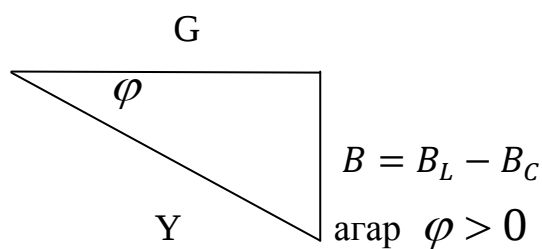
$$B = \frac{X}{Z^2} = \frac{X_L}{Z^2} - \frac{X_C}{Z^2} = B_L - B_C$$

B_L - индуктив ўтказувчанлик; B_C — сиғим ўтказувчанлик

$$\dot{Y} = G - jB \quad \dot{Y} = \frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{Ze^{j\varphi}} = \frac{1}{Z}e^{-j\varphi} = Ye^{-j\varphi}$$

Бу ерда $Y = \sqrt{G^2 + B^2} = \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2}$ тўла ўтказувчанлик

$$\varphi = \arctg \frac{B}{G} = \arctg \frac{B_L - B_C}{G} \text{ — ўтказувчанлик аргументи}$$



Комплекс ўтказувчанлик орқали ёзилган Ом қонуни

$$\dot{I} = \dot{Y}\dot{U}$$

3. Электротаъминот системалари ва электроқурилмалар хақида асосий маълумотлар.

3.1. Қурилишда электроприёмниклар, электр энергиясининг истеъмолчилари ва электр тармоқлар.

Электр энергияси бошқа турдаги энергияларга айланиш қобилияти сабабли инсон фаолиятининг ҳамма соҳаларида кенг қўлланишга эга бўлди.

Қурилишдаги электр энергиясининг истеъмолчилари (ЭЭИ)- қурилиш майдончалари, бетон, эритма ва лакбўёқ ишлаб чиқариш ёрдамчи корхоналари, ремонт цехлари, ёритиш ва маиший қурилмалардир. Бу истеъмолчиларни биз қурилиш ишлабчиқаришининг корхоналари (ҚИЧК) деб атаймиз. Электр энергиясининг истеъмолчилари электр энергиясини тақсимлаш тармоқлари бўйича энергетик системалардан, қурилиш майдончалари туташган саноат корхоналари ва шаҳарларнинг электротаъминот системасидан ва хусусий электростанцияларидан оладилар. Қурилиш объектларининг (ҚО) электротаъминоти асосан трансформатор подстанцияларидан (ТП) амалга оширилади. ҚО ларда электроэнергия истеъмолчилари бу қурилиш-монтаж кранлари, экскаваторлар, ремонт устaxonаларидаги станоклар. Қурилиш майдончалари (ҚМ) йирик (йирик корхоналар ёки уларнинг комплекслари қурилиши), ўртача (ўртача корхоналарнинг қурилиши), майда(яшаш биноларнинг, социал-маданий объектларнинг қурилиши) турларга бўлинади. Электроприёмниклар (ЭП) бу қурилиш машиналари ва меҳанизмлари юритмаларининг электродвигателлари, бетонни электроиситиш технологик қурилмалари, иситгичлар, пайвандлаш агрегатлари, тўғрилаш мосламалари, юқоричастотали қурилмалар, ёритиш қурилмаларининг электр лампалари, электрон аппаратура.

Хамма приёмниклар битта кучланишнинг тақсимлаш тармоғига ёки ҳар хил кучланишларнинг электр тармоғига (ЭТ) уланишлари мумкин. Қурилиш майдончаларининг электр тармоқлари (ҚМЭТ) ва қурилиш материалларини ишлаб чиқарувчи корхоналарнинг электр тармоқлари ишлатиладиган ва вақтинчалик ишлатиладиган бўлишлари мумкин.

Улар қуйидагиларни таъминлаб беришлари лозим:

- электротаъминотининг ишончлилигини;
- узатилаётган электроэнергиянинг сифатлилигини;
- электротехник ва электротехникмас персоналнинг хавфсизлигини тармоқлар ва электроқурилмаларни эксплуатация қилиш пайтида;
- тежамлилик, яъни тармоқлар ва қурилмаларни барпо қилиш ва эксплуатация қилиш пайтидаги харажатларни камайтириш;
- қурилиш ишлабчиқаришининг технологиясининг ўзгариши натижасида тармоқлар конфигурациясининг ўзгаришини;
- тармоқлардаги электро энергиянинг йўқотилишларини камайтириш;
- экологиклик, яъни атроф муҳитга зарарли таъсирнинг бўлмаслиги.

Янги корхоналарни қуриш ва ишлаб турган корхоналарни реконструкция қилиш прогрессив технологияни, замонавий электрлаштирилган жихозларни, машина ва механизмларни қўллаш асосида амалга оширилади.

Қурилиш материалларини ишлабчиқарувчи корхоналарнинг электр тармоқлари доимий ишлатиладиган тармоқларга киради ва саноат корхоналарининг тармоқларига қўйиладиган талаблар уларга ҳам қўлланилади. Бу корхоналардаги технологик процесслар асосан автоматлаштирилган бўлишлари керак. Саноат корхоналарининг электр тармоқлари (СКЭТ) доимий ишлатиладиган ва вақтинчалик ишлатиладиган бўлишлари мумкин. Қурилиш ишлаб чиқариши корхоналарининг электр тармоқларининг (ҚИЧКЭТ) подстанциядан ёки энергосистеманинг район тармоқларидан (ЭРТ) олиб келинганлари

доимий ишлатиладиган тармоқларга киради. Қурилиш майдончаларининг ТП ларидан электр тармоқлар, одатда, вақтинчалик тармоқлар бўладилар.

Электротаъминот ишончилиги бўйича электроприёмниклар учта категорияга бўлинадилар. Электротаъминотдаги танаффус катта зиён келтириши, асосий жиҳозларнинг зарарланишига, маҳсулотнинг ялпи яроқсиз бўлишига, технологик процесснинг ишдан чиқишига олиб келиши мумкин бўлган ЭП лар ва электроприёмниклар комплекси биринчи категорияга киради. Бу приёмниклар иккитадан кам бўлмаган мустақил ток манбаларидан электроэнергия билан таъминланиш имкониятига эга бўлишлари керак. Улардаги электротаъминотнинг бузилиши иккинчи манбадан электротаъминотнинг автоматик тикланиши вақтигагина руҳсат этилади.

Биринчи категория ичида электроприёмникларнинг алоҳида группаси ажратиб олинади. Бу группага энг жавобгар ЭП лар ва уларнинг комплекслари киради. Улар электротаъминотининг тўхтамаслиги, паст унумдорлик билан бўлса-да, технологик процессни иш режимида ушлаб туриш учун зарур ёки одамлар ҳаётига хавфни, портлашларни, ўт тушишларини, технологик жиҳоздаги аварияни бартараф қилиш мақсадида технологик процессни авариясиз тўхтатиш учун зарур. Бу приёмниклар нормал иш режимида учтадан кам бўлмаган мустақил ток манбаларидан электроэнергия билан таъминланиш имконига эга бўлишлари керак. Улар электротаъминотининг бузилишига электротаъминотининг автоматик тикланишини вақтигагина руҳсат этилади.

Электротаъминотидаги танаффус маҳсулотнинг ялпи кам чиқарилиши ишчилар ва меҳанизмларнинг туриб қолишига олиб келувчи ЭП лар ва уларнинг комплекслари иккинчи категорияга кирадилар. Улар иккита мустақил ток манбаларидан электроэнергия билан таъминланишлари керак. Электротаъминотдаги танаффус

иккинчи манбага автоматик ва оператив ўтказиш учун зарур бўладиган вақтгагина рухсат этилади.

Биринчи ва иккинчи категорияга кирмайдиган ЭП лар ва уларнинг комплекслари учинчи категорияга кирадилар. Уларнинг электротаъминоти битта ток манбаидан амалга оширилиши мумкин. Электротаъминотидаги танаффус тиклаш ишларини олиб бориш вақтигагина рухсат этилади, аммо бир суткадан кўп бўлмаслиги керак.

Истеъмолчиларнинг таркибига кирувчи ЭП ларнинг ишончилилик категориясига қараб, электротаъминотининг ишончилиги ва бетўхтовлиги бўйича электроэнергия истеъмолчилари классификацияланадилар. Бунда қайси категорияга кирувчи ЭП лар кўпроқ эканлиги ҳисобга олинади. ҚМЭТ электроэнергияни узатиш ва тақсимлаш учун қўлланиладиган электроқурилмалар тўпламидир. Бу электроқурилмалар электр линиялари ёрдамида боғланган трансформатор подстанциялари ва тақсимлаш мосламаларидан иборат, электр линиялари уларни электроэнергия приёмниклари билан боғланишини таъминлайди.

Электр тармоқлари ток тури, кучланиш, нейтрал режими, конструктив аломатлар бўйича фарқланадилар. ЭТлари ўзгарувчан ва ўзгармас ток тармоқларига бўлинадилар. Асосан тармоқлар 50 Гц частотали учфазали ўзгарувчан ток системаси бўйича қурилади. Бу система электроэнергияни трансформациялаш ва уни узоқ масофаларга узатишни амалга ошириш имконини беради.

Ўзгарувчан ток тармоқларида бирфазали электроприёмникларга кетувчи бир- фазали тармоқланишлар кенг қўлланилади. ЭТ ларига кўтарилган (10 кГц гача) ва юқори (10 кГц дан баланд) частотали қурилмалар уланишлари мумкин баъзи технологик қурилмаларнинг ишончли ишлашини таъминлаш мақсадида (тоблаш, болғалаш, штамповкалаш учун металлни қиздириш, металлларни эритиш). Баъзи технологик қурилмаларнинг (электролиз, гальваник, кўтариш-транспорт

механизмлари, станокларнинг электроюритмалари) электротаъминоти учун ўзгармас ток зарур. Ўзгармас токка айлантириш учун двигатель генераторлар, тўғрилагичлар хизмат қилади.

ҚМЭТларида асосан 1 кВ гача кучланишга кирувчи (паст кучланиш ёки паст вольтли кучланиш) 380/220 В ли кучланиш ва 1 кВ дан юқори кучланишга кирувчи (юқори кучланиш ёки юқори вольтли кучланиш) 6, 10, 35 ва 110 кВ ли кучланишлар қўлланилади.

ҚМЭТларида электроузатиш линиялар (ЭУЛ) ҳаво линиялари ёки кабель линиялари бўлиши мумкин.

Электротаъминот системасидаги (ЭТС) ЭТ ва электроқурилмаларда ерга уланган ёки изоляцияланган нейтрал бўлиши мумкин. Электр тармоқлари бўйича манбалардан ЭПларга бошқа турдаги энергияга айланадиган актив қувватдан ташқари реактив қувват ҳам узатилади. ҚМЭТ бўйича реактив қувватнинг узатилиши тармоқларда электроэнергия ёқотишларининг ошишига ва электро-энергия учун ҳақ тўлашда қўшимча ҳаражатларга олиб келади. Объектлар электро- таъминоти системаларини лойиҳалаш ва реконструкция қилиш пайтида электр тармоқларидаги электр нагрузкаларни билиш зарур. Электр тармоқлари, коммутацион ва ҳимоя аппаратлари, ток манбалари, ўзгартириш қурилмалари ва бошқа электротехник мосламаларни ҳисоблаш ва танлаб олиш электр нагрузкаларни ҳисоблаш асосида бажарилади. Қизиш ва кучланиш ёқотилиши бўйича электр тармоқларини ва электр мосламаларини танлаб олишнинг тўғрилигини текшириш, электроэнергия сифати кўрсаткичларини, электротаъминот системаси ишончилигининг кўрсаткичларини ҳисоблаш ҳам электр нагрузкаларини ҳисоблаш асосида олиб борилади.

ҚОларининг электротаъминоти асосан трансформатор подстанцияларидан (ТП) амалга оширилади. Шунинг учун трансформаторлар ва ТП жиҳозларини тўғри танлаб олиш муҳимдир.

ҚОларнинг электротаъминот ва электроистеъмол системаларида реактив қувватни компенсация қилишга катта эътибор қаратилади. Шу сабабли ўқув қўлланмасида электр тармоқларидаги реактив қувват режимларига алоҳида эътибор қаратилган.

ҚОларининг электротаъминоти системаларидаги авария режимлари, электротаъминот системаларидаги тармоқлар ва электрожиҳозларни ҳимоя қилиш кўриб чиқилади.

Электроэнергия сифати ва электротаъминот ишончилиги масалаларига эътибор берилган.

3.2. Асосий тушунчалар ва таърифлар.

Электр энергиясининг истеъмолчилари электротаъминот манбаларидан электроузатиш линиялари орқали электр энергиясини оладилар. Технологик процеслар билан бирлаштирилган ёки битта территорияда жойлашган электроприёмниклар тўпламига электр энергияси истеъмолчиси дейилади. Кўтариш крани, станок, цех, қурилиш корхонаси - энергия истеъмолчиларидир. Технологик қурилмаларда электр энергияси бошқа турдаги энергияга айлантирилади. Электр энергиясини бошқа турдаги энергияга айлантириш учун мўлжалланган электротехник мослама электроприёмник деб аталади (ёки электр энергиясининг приёмниги). Қуйидагилар приёмниклардир: электродвигатель, ёритиш лампаси, пайвандлаш трансформатори ва бошқалар. Манбадан истеъмолчига келаётган электр энергияси муносиб сифатга эга бўлиши керак. Кучланиш ва частотанинг стабиллиги, кучланиш ва токнинг синусоидаллиги, кучланиш ва токнинг симметрияси-электр энергияси сифатининг асосий кўрсаткичларидир.

Электроэнергияни ишлаб чиқариш ва узатишда вазифаси турлича бўлган электроқурилмалар иштирок этадилар. Электр энергиясини ишлаб чиқариш, трансформациялаш, узатиш ва тақсимлаш мақсадлари учун мўлжалланган машиналар, аппаратлар, асбоблар, ёрдамчи

жиҳозлар тўплами бино ва иншоотлар билан биргаликда электроқурилма (ЭК) деб аталади. Электроқурилмаларга электростанциялар, трансформаторлар подстанциялари, ўзгартириш қурилмалари киради. Электростанциядаги генератор кучланишининг тақсимлаш мосламаси ёки пасайтирувчи подстанциянинг иккиламчи кучланишининг тақсимлаш мосламаси таъминлаш манбаи деб аталади.

Электр энергиясини ишлаб чиқариш учун мўлжалланган электроқурилма электр станцияси деб аталади. Электроэнергияни ўзгартириш ва тақсимлаш учун мўлжалланган электроқурилма подстанция деб аталади (трансформатор ёки ўзгартириш подстанцияси).

Электроэнергияни узатиш ва тақсимлаш учун мўлжалланган ва подстанциялар, электроузатиш линиялари, тақсимлаш мосламаларидан иборат бўлган электроқурилмалар ва мосламалар тўплами электр тармоғи деб аталади. Электр тармоғига ҳаво ва кабель электроузатиш линиялари, трансформатор ва ўзгартириш подстанциялари (ЎП), тақсимлаш пунктлари киради. Электро- энергияни қабул қилиш ва тақсимлаш учун хизмат қиладиган ва коммутацион аппаратлар, йиғиш ва бирлаштириш шиналари, ҳимоя, автоматика ва ўлчаш мосламаларига эга бўлган электроқурилма тақсимлаш мосламаси (ТМ) деб аталади. Агар ТМнинг асосий жиҳози очик ҳавога жойлаштирилган бўлса, унда у очик тақсимлаш мосламаси деб аталади (ОТМ) ва агар бино ичига жойлаштирилган бўлса ёпиқ тақсимлаш мосламаси (ЙТМ) деб аталади. Тақсимлаш мосламаси ташқарида ўрнатиладиган (ТКТМ) ва ичкарида ўрнатиладиган (КТМ) комплект блоклардан иборат бўлиши мумкин.

3.3. Электротаъминот манбалари ва электроқурилмалар.

Қурилиш объектлари электротаъминотининг манбаи ёки электростанциядаги генератор кучланишининг тақсимлаш мосламаси, ёки подстанциядаги иккиламчи кучланишнинг тақсимлаш мосламаси бўлади. Асосан, қурилиш объектларининг электротаъминоти трансформатор подстанцияларидан амалга оширилади, бу

подстанциялар ўз навбатида, электроэнергияни энергосистеманинг электростанцияларидан оладилар.

Электростанцияларда электр энергиясини синхрон генераторлар ишлаб чиқарадилар. Қурилиш объектларининг электротаъминоти учун мўлжалланган электростанциялар, саноат корхоналарининг электростанциялари каби, иссиқлик ва гидравлик электростанцияларга бўлинадилар. Иссиқлик электростанцияларида генераторларнинг юритмаси учун, асосан, ички ёнув двигателлари қўлланилади, булар суюқ ёқилғида ишлайдилар (бензин, керосин, дизель ёқилғиси). Гидравлик электростанцияларда генераторларнинг юритмалари дарё ёки шаршараларнинг сув оқимлари энергияси ҳисобига амалга оширилади.

Ёнаётган ёқилғи энергияси ички ёнув двигателларида двигатель валидаги механик энергияга айланади, бу вал генератор вали билан бириктирилган бўлади. Иссиқлик электростанцияларида тез юрар генераторлар (турбогенераторлар) қўлланилади. Турбогенераторнинг мотори аниқмас кутбли бўлади. Гидравлик электростанцияларда сув оқимлари гидротурбинага келиб тушади. Гидротурбина синхрон гидрогенераторни айлантиради. Гидрогенераторда аниқкутбли ротор бўлади. Гидравлик электростанциялар бир неча аҳоли пунктлари ва шу аҳоли пунктларида жойлашган турли вазифалар учун мўлжалланган бошқа объектларнинг электротаъминоти учун қурилади.

Аҳоли пунктида ёки унинг яқинида жойлашган қурилиш объектларининг электротаъминоти иссиқлик электростанциясидан ҳам, гидравлик электростанциядан ҳам амалга оширилиши мумкин.

Синхрон генераторларнинг уйғотилиши генератор билан битта валда жойлаштириладиган уйғотгичдан [8] (ўзгармас ток генераторидан) ёки тўғрилагичдан амалга оширилади.

Электр тармоқларининг кучланишлари ва нейтралларнинг режимлари. Электроприёмникнинг нормал ишлашини таъминлаб берувчи кучланиш номинал кучланиш $U_{ном}$ деб аталади. Қурилиш

майдончаларининг 1 кВ гача электр тармоқларида 380/220В кучланиш қўлланилади. Учфазали электроприёмникларнинг электротаъминоти 380 В линия кучланишида амалга оширилади, бирфазали электроприёмникларнинг электротаъминоти эса — 220 В фаза кучланишида амалга оширилади. Манбаларнинг кучланишлари 5% га баланд қилиб қабул қилинган — 400/230В. 380/220В кучланишнинг асосий афзаллиги шундаки, бу билан куч ва ёритиш приёмникларини, учфазали ва бирфазали электроприёмникларни биргаликда таъминлаш имконияти бор.

Қурилиш объектларининг электротаъминоти учун мўлжалланган 1 кВдан юқори тармоқларда қуйидаги кучланишлар қабул қилинган: 6, 10, 35 ва 110 кВ. Қурилиш объектлари билан қўшни бўлган саноат корхоналари ва шаҳарларнинг яшаш кварталларининг электротаъминоти учун мўлжалланган 1 кВдан юқори тармоқларда ҳам худди шу кучланишлар қабул қилинган. Электростанциялардаги генераторларнинг кучланишлари — 6,3; 10,5; 21 кВ. Трансформаторларнинг кучланишлари: бирламчи чулғамлар — 6,3; 10,5; 37; 115 кВ, иккиламчи чулғамлар — 6 ва 10 кВ. Янги тармоқларни лойиҳалашда 6 кВли кучланиш тавсия қилинмайди. Бу кучланиш электр тармоқларида қолган, уларни 10 кВли кучланишга ўтказиш кам эффектив бўлади трансформаторларни алмаштириш туфайли. Агар саноат корхоналарининг электротаъминоти учун мўлжалланган 35 ёки 110 кВ кучланишли электроузатиш линиялари яқин орада бор бўлса, 35 ва 110 кВли кучланишларни ишлатиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Кучланишни танлашда қуйидаги тавсиялардан фойдаланиш мумкин:

— агар ташқи электротаъминот системасида таъминловчи линияни иккита бир хил узоқликдаги турли номинал кучланишли электроузатиш

линияларига улаш имконияти бор бўлса, унда юқорироқ номинал кучланишни танлаш керак;

— агар ташқи электротаъминот системасида таъминловчи линияни иккита турли номинал кучланишли ва электротаъминот объектидан турли узоқликда жойлашган электроузатиш линияларига улаш имконияти бор бўлса, унда яқинроқ масофада жойлашган электроузатиш линиясининг номинал кучланишни танлаш мақсадга мувофиқдир.

Таъминланиш манбалари чулғамларининг уланиши. Электростанциялардаги синхрон генераторлар, подстанциялардаги трансформаторлар учтадан мустақил фаза чулғамларига эга бўладилар. Фаза чулғамлари ўзаро бир-бири билан ёки юлдуз усулида, ёки учбурчак усулида уланган бўлишлари мумкин.

Юлдуз усулида уланган чулғамларнинг умумий нуқтаси нейтрал (нейтрал нуқта ёки нолинчи нуқта) деб аталади. Нейтралнинг режимига қараб электр тармоқлари учта гурппага бўлинадилар:

- ерга уланмаган (ердан изоляцияланган) нейтралли тармоқ;
- резонанс-ерга уланган (компенсацияланган) нейтралли тармоқ;
- ерга маҳкамлаб уланган нейтралли тармоқ.

Нейтрал нуқтани ер билан бирлаштириш пайтида ишчи ерга уланиш таъминланади. Тармоқдаги нейтралнинг ерга уланиш усули тармоққа хизмат кўрсатиш хавфсизлиги, электроприёмниклар электротаъминотининг ишончлилиги ва тежамлилиқ билан аниқланади.

Курилма ишнинг нормал шароитлари томонидан назарда тутилмаган ҳолатда турли фазаларнинг икки ёки ундан ортиқ нуқталарининг ўзаро уланиб қолиши ёки битта исталган фазанинг икки ёки ундан ортиқ нуқтасининг ер билан уланиб қолиши қисқа туташув деб аталади. Бунда қисқа туташув токи кескин ошиб кетади.

6 – 110 кВ кучланишлардаги нейтралларнинг режимлари. Нейтраль — генератор ёки трансформатор учта чулғамининг умумий

бирикиш нуқтаси. Бу нуқта нейтраль нуқта ёки ноль нуқта деб ҳам аталади. Ўзбекистонда ва у билан бир хил номинал кучланишлар ишлатадиган мамлакатларда изоляцияланган ёки ерга уланган нейтралли электр тармоқлар қўлланилади.

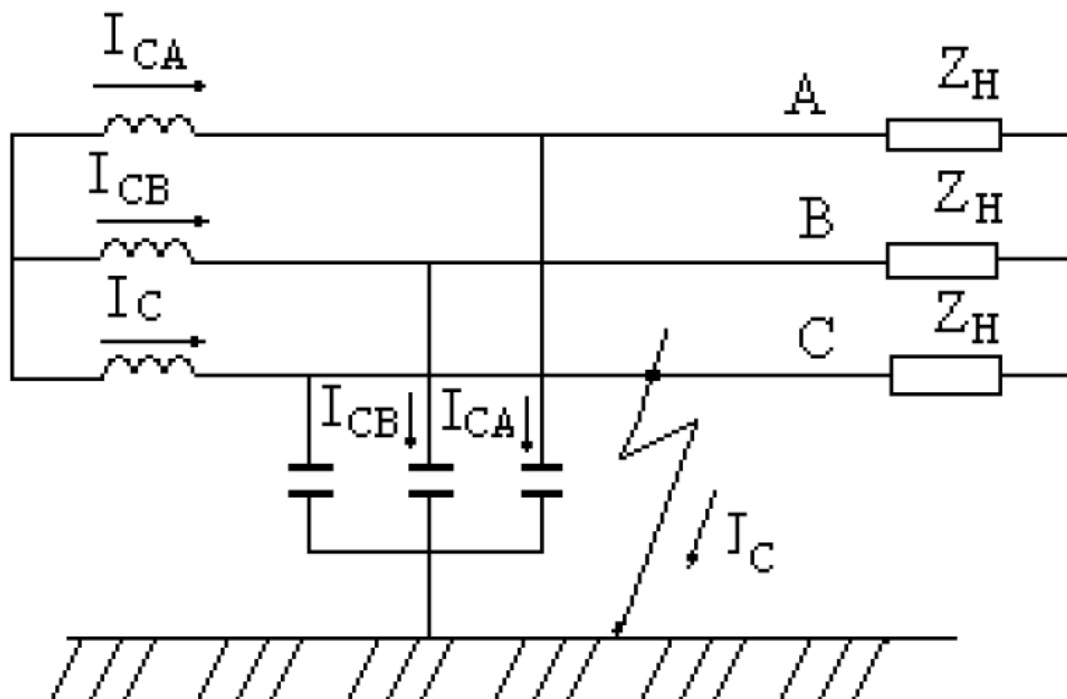
6 – 35 кВ кучланишли тармоқларда, асосан, изоляцияланган нейтралли қурилмалар қўлланилади. Бу қурилмаларда нейтрал ер ёки унинг эквиваленти билан боғланган эмас. Линияларда учта фаза симлари ишлатилади. Изоляцияланган нейтралли тармоқлардаги фазалардан бирининг ер билан туташуви қисқа туташув эмасдир. Ерга туташув токи катта бўлмайди, чунки ток оқиши учун яққол берк контур йўқ. Фаза ерга туташганида тармоқда авария режими пайдо бўлмайди, нормаль режим пайдо бўлади. Бу режим реле ҳимояси томонидан ўчирилмайди, лекин унинг пайдо бўлганлиги ҳақидаги сигнал берилади. Агар изоляцияланган нейтралли тармоқда уч фазали системанинг фазаларидан бирида ерга туташув содир бўлса, унда бу фазанинг ерга нисбатан кучланиши нолга тенг бўлади, бошқа фазаларнинг ерга нисбатан кучланиши линия кучланишига тенг бўлади, яъни $\sqrt{3}$ марта ошади. Бу ҳолда ҳамма фазаларнинг изоляциясини линия кучланишга мўлжаллаб бажариш талаб қилинади, бу эса электр тармоқларининг қимматланишига олиб келади. Ток линия бўйлаб тақсимланган сиғимлар орқали туташади. Процесс анализини соддалаштириш мақсадида тақсимланган сиғимларни линия ўртасида тўпланган сиғимлар билан шартли равишда алмаштириш мумкин. Ерга туташув токи сиғим характерга эга бўлади ва қуйидаги формулалар бўйича аниқланиши мумкин:

$$\text{ҳаво линиялари учун} \quad I_{\text{е.т.}} = \frac{Ul}{350}$$

$$\text{кабель линиялари учун} \quad I_{\text{е.т.}} = \frac{Ul}{10}$$

бу ерда U - тармоқнинг номинал кучланиши; -электр жиҳатидан боғланган линияларнинг йиғинди узунлиги.

3.1-расмда изоляцияланган нейтралли тармоқ схемаси келтирилган.

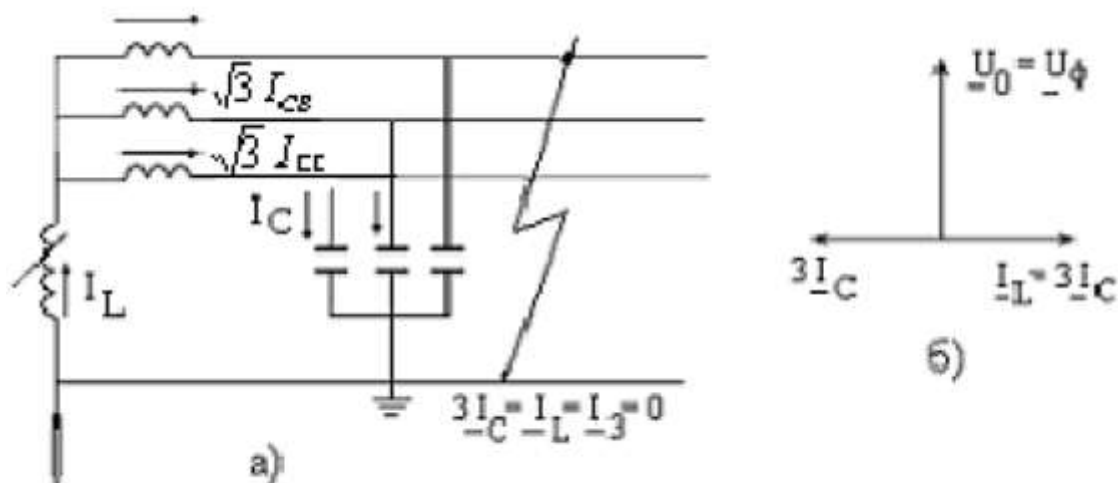


3.1-расм. Тармоқнинг изоляцияланган нейтралли учфазали схемаси *C* фаза ерга туташган пайтда.

Ерга туташув токи $I_{\text{е.т.}}$ линиянинг номинал кучланишига боғлиқ ҳолда нормаланади, 6 кВ кучланишда $I_{\text{е.т.}}=30\text{A}$, 10 кВ кучланишда – 20А, 20 кВ кучланишда – 15А, 35 кВ кучланишда – 10А.

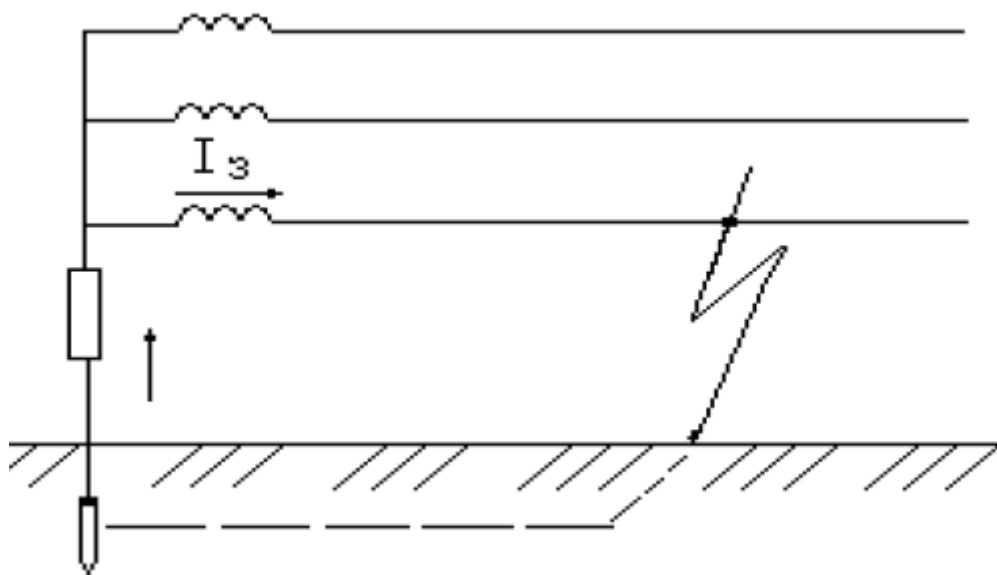
6-35 кВ тармоқларда ерга туташув токлари йўл қўйиладиган қийматлардан ортиқ бўлса, унда ерга оқувчи сиғим тоқларининг компенсацияси ерга уловчи реактор ёрдамида амалга оширилади. Реактор нейтраль нукта ва ер орасига уланади. (3.2-расм).

Ерга уловчи реактор бор бўлган пайтда фазанинг ерга туташув жойидан сиғим тоқлардан I_C ташқари, реактор орқали туташувчи индуктив тоқлар I_L ҳам оқиб ўтади. Бундай тармоқлар резонанс – ерга уланган (компенсацияланган) нейтралли тармоқлар деб аталади.



3.2-расм. Компенсацияланган нейтралли учфазали тармоқ а-ерга бирфазали туташуш пайтида сизим тоқларининг оқиш схемаси; б-тоқлар ва кучланишларнинг вектор диаграммаси.

Индуктив ва сизим тоқлари бир-биридан фаза бўйича 180° га фарқ қиладилар, шу сабабли улар ерга туташув жойида бир-бирларини компенсациялайдилар. 110 кВ кучланишли электр тармоқларида ерга туташув тоқлари кўпаядилар, шунинг учун эффектив – ерга уланган нейтраллар қўлланиладилар, яъни токчекловчи қаршилиқ орқали ерга уланган нейтраллар (3.3-расм). Ерга бир фазали туташув пайтида шикастланмаган фазалардаги ерга нисбатан кучланиш нормал режимдаги кучланишнинг нормал режимдаги кучланишнинг $0,8 U_L$ қисмини ташкил этади.



3.3-расм. Эффе́ктив – ерга уланган нейтралли учфазали тармоқ.

Битта фазанинг ерга туташганида ер ва манбанинг нейтралли орқали қисқа туташган контур ҳосил бўлади. Ток чекловчи қаршилик ерга туташув токини пасайтиради. Реле ҳимояси қурилмалари зарарланган қисмни ўчиради. Кўп ҳолларда ерга қисқа туташувлар ўзи бартараф бўлувчи бўладилар, шу сабабли тармоқларда автоматик қайта ёқиш қўлланилади.

110 кВ ва ундан юқори кучланишли тармоқларда нейтралнинг маҳкамлаб ерга уланиши (манбанинг нейтрал нуқтаси ва ер орасидаги ток чекловчи қурилмаларсиз) қўлланилади. Бу тармоқларда ёйли ҳаддан ошиқ кучланиш пайдо бўлишининг эҳтимолиятини камайтиради ва изоляция даражасини пасайтириши имкониятини беради.

1 кВ гача кучланишларда нейтралларнинг режимлари.

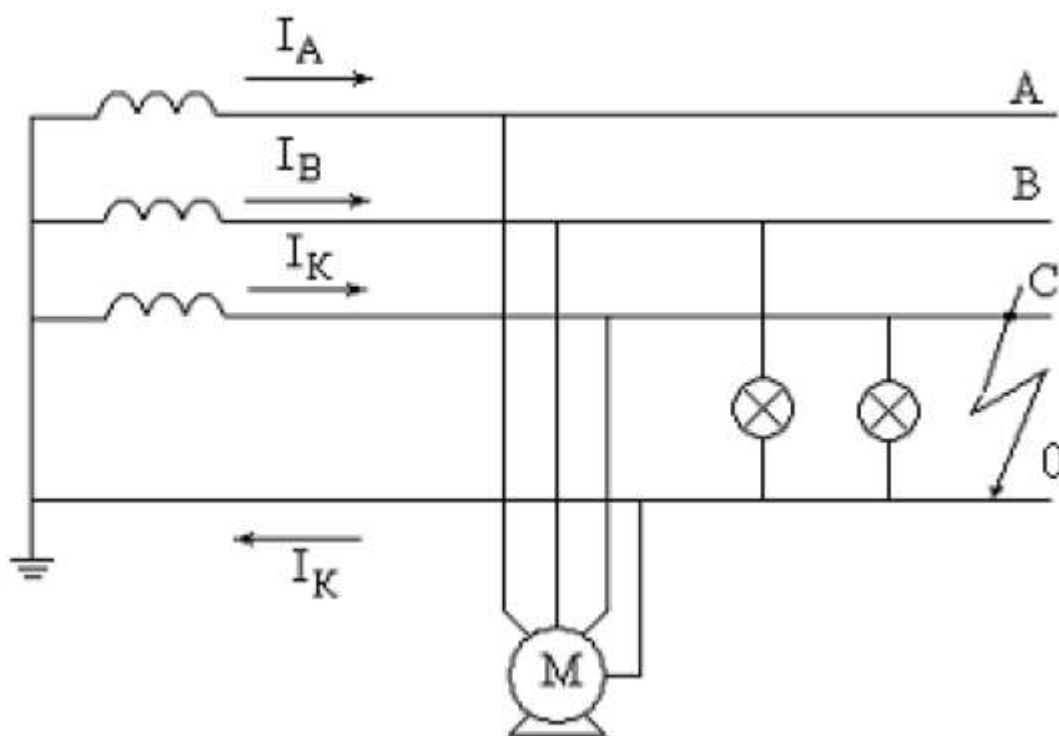
1 кВ гача кучланишли ҚМЭТ ларида маҳкамлаб ерга уланган нейтралли ўзгарувчан ток қурилмалари қўлланилади. Генератор ёки трансформаторнинг ерга уловчи мосламага бевосита уланган нейтралли маҳкамлаб ерга уланган нейтрал деб аталади. Электр тармоқлар, асосан, тўртсимли бўладилар: учта фаза сими ва битта нол сим. Нейтрал режимини танлаш асоси бу тежамлилик, ишончлилик ва тармоқларга

хизмат кўрсатиш хавфсизлигидир. 10/0.4 кВ ли трансформаторлар “юлдуз-нолли юлдуз” усулида чулғамларни улаш схемаси билан қўлланилади.

Маҳкамлаб ерга уланган нейтралли тармоқларда фаза симининг ерга хар қандай туташуви зарарланган қисмнинг авариявий ўчирилишига ва электроэнергиянинг кам берилишга олиб келади, шу сабабли жиҳозларнинг тўхтаб туриши рўй беради.

Токолибборувчи қисмларга одам текканида таркиби қуйидагича бўлган занжир вужудга келади: манба фазаси – одам танаси – нейтралнинг ерга уланиши. Одам танаси орқали ўтувчи ток ушбу формула билан аниқланади:
$$I_{од} = \frac{U_{ф}}{R_{од}} \quad (3.1)$$

бу ерда $U_{ф}$ – тегиш кучланиши, у фаза кучланишига тенг; $R_{од}$ - одамнинг қаршилиги, у 1000 Ом га тенг деб қабул қилинади.



3.4-расм. Маҳкамлаб ерга уланган нейтралли 1кв гача кучланишли учфазаги тўртсимли тармоқ.

Изоляция тешилганда одам, масалан, электродвигателнинг корпусига текканида ҳам кучланиш остида қолиши мумкин. Шунинг учун электроқурилмаларнинг изоляцияси зарарланганда хавфсизликни таъминлаш учун жиҳозлар ҳам ерга уланишлари лозим. Тўртсимли тармоқда шунингдек нолинчи сим кўп марта ерга уланади.

3.4. Қурилиш ишлари технологияси.

Қурилиш бу индустриал методлар базасида бино ва иншоотларни барпо этиш ва реконструкция қилишдан иборат бўлган ишлаб чиқариш соҳасидир. Бино ва иншоотларни барпо қилиш нолинчи цикл ишларидан бошланади. Бу ишларда жуда кўп турли ҳилдаги машина ва меҳанизмлар ишлатилади.

Котлован экскаватор ёрдамида қазилади. Экскаватор, одатда, ички ёнув двигателига эга бўлади. Ер ишларининг хажми катта бўлганида электродвигателли юритмали экскаваторлар ишлатилиши мумкин. Қиш пайтида ер ишларини бажариш учун баъзида грунтни иситишга тўғри келади. Зарур бўлган ҳолларда сувни чиқариб ташлаш учун насослар ишлатилади.

Ер ишлари тугатилгандан кейин фундаментни монтаж қилишга киришилади. Қозик оёқли фундаментни монтаж қилишда дизель-болға, виброжойлаштиргич ёки чиғирли копёр қурилмаси қўлланилади. Лентали фундамент фундамент блокларидан монтаж қилинади ёки кранлардан фойдаланиб бетонланади.

Қурилиш майдончаларида монтаж крани сифатида пневмоғилдиракли, гусеничали ва рельсли кранлар қўлланилади. Ишлаётган цехларда қурилиш ишлари бажарилаётган пайтда кўприксимон кранлар ишлатилади. Рельсли кранларга минорали, кўприксимон кранлар киради. Бу кранлар, қоида бўйича, кўпдвигателли электроюритмага эга бўладилар. Бино ва иншоотларни қуриш процессида бетон ишлари бажарилади. Бетонни зичлаштириш мақсадида вибраторлар қўлланилади. Вибраторлар электр тармоғига

трансформаторлар ёки частота ўзгартиргичлари орқали уланадилар. Қурилиш материаллари ва жиҳозлари иш жойларига асосан минорали кран ёрдамида узатилади. Сочилувчан, бурдаланган, майда донали материалларни кўчириш учун электроюритмали лентали транспортёрлар қўлланилиши мумкин.

Пўлат ва темирбетон конструкцияларни монтаж қилиш пайвандлаш йўли билан амалга оширилади. Темирбетон конструкциялар, қоида бўйича, темирбетон конструкциялар заводида тайёрланадилар. Баъзида бунақа конструкцияларни қурилиш майдончасида тайёрлашади. Бу пайтда турли хилдаги арматура станоклари ва букиш станоклари ишлатилади. Опалубкадаги конструкцияларни яхшилаб буғлаш ёки электроқиздириш керак бўлади. Қурилиш майдончларида ишни субподредчи монтаж ташкилотлари олиб борадилар (санитария-техник ишлар, электротехник ишлар, махсус жиҳозларни монтаж қилиш). Бу ташкилотлар зарур бўлган электрланган жиҳозлар ва асбобларга эга бўлади. Жиҳозлар ва асбоблар электр энергиясини талаб қиладилар.

Бино ва иншоотларнинг барпо қилиб бўлингандан кейин пардозлаш ишларига киришилади. Ҳаракатланадиган ёки кўтариб юриладиган қуриштиш мосламалари ёрдамида сиртлар қуриштилади. Қоронғи вақтда иш бажарилганда электроёритиш қурилмалари қўлланилади.

3.5. Қурилиш объектларининг электротаъминот системаси.

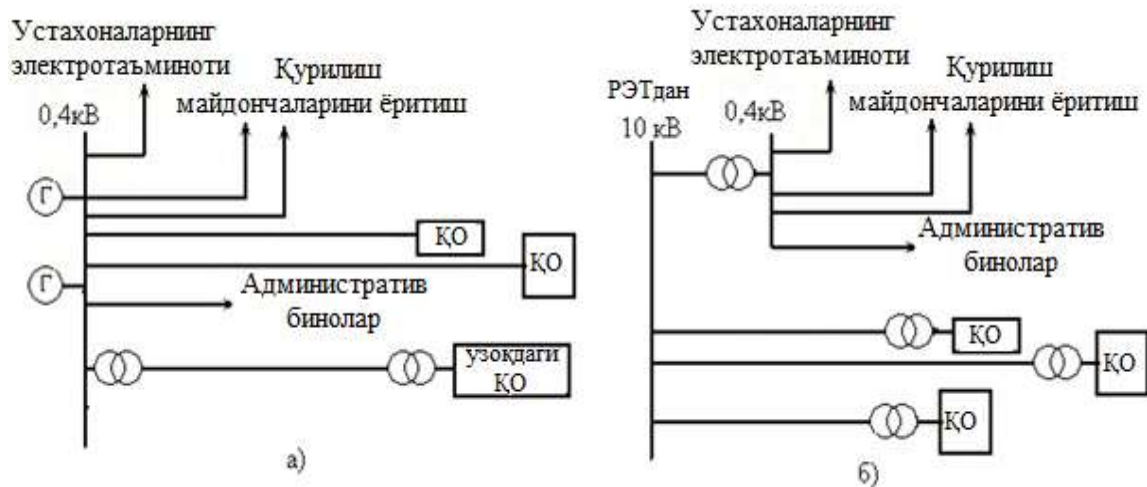
Қурилиш ишлабчиқариш объектларининг электротаъминот системаси — электроэнергия ишлабчиқариш, узатиш ва тақсимлаш, унинг ҳисобини олиш ва сифат кўрсаткичларини назорат қилиш учун мўлжалланган электр қурилмалар ва мосламалар тўпламидир. Электроэнергияни ишлаб чиқариш ва узатиш учун мўлжалланган электроқурилмалар қурилиш ишлаб чиқариш корхонасининг мулки

бўлиши мумкин ёки бошқа корхона ёки бирлашмага тааллуқли бўлиши мумкин.

Қурилиш корхоналари хусусий электростанцияларига эга бўлишлари ва ҳамма технологик қурилмалар ва процессларни электроэнергия билан таъминлашлари, электроэнергияни хусусий электр тармоқлари орқали узатишлари мумкин. Корхоналар электроэнергияни энергосистемага ёки қўшни саноат корхонасига тегишли электроқурилмалардан (электростанциялардан ва подстанциялардан) олишлари мумкин. Регионал энергосистеманинг район электр тармоқларидан корхонанинг электроэнергия олиш схемаси энг кўп тарқалган схема ҳисобланади.

Қурилиш объектларининг технологик қурилмаларининг, қурилиш майдончаларининг маиший қурилмаларининг кўпчилик электроприёмниклари 1 кВгача кучланишда ишлашга мўлжалланган бўладилар. Электроэнергияни ўзгартириш исътемолчилар подстанцияларида амалга оширилади, уни тақсимлаш эса – 0.4 кВ кучланишдаги тақсимлаш тармоқлари бўйлаб амалга оширилади.

3.5-расмда қурилиш объектларининг электротаъминоти схемаси келтирилган: а – хусусий электростанция генераторларидан; б – район электротармоғидан



3.5-расм. *Қурилиш тармоқларининг электротаъминот системалари: а – хусусий электростанция генераторларидан; б – район электротармоғидан.*

Корхоналарнинг келтирилган электротаъминот системаси мураккаб системадир. Уни ташқи электротаъминот системасига (подсистемасига), ички электротаъминот системасига ва цехичи электроистеъмоли системасига бўлиш мумкин. Худди шундай, қурилиш ишлаб чиқариши корхонасининг электротаъминот системаси энергосистеманинг подсистемасидир ва шу корхонадаги ишлаб чиқариш технологик системасининг подсистемасидир. Қурилиш ишлаб чиқариш корхонасининг ЭТС га район электр тармоқлари орқали узатиладиган электроэнергияга ишлаб чиқариш процессини ташкил этувчиларидан бири сифатида қаралади ҳам ашё, материаллар, меҳнат сарфлари билан бир қаторда.

Қурилиш ишлаб чиқариш корхонасининг ташқи электротаъминот системасига энергосистеманинг тугун тақсимлаш пункти билан корхонанинг ўзининг пасайтирувчи трансформатор подстанцияси орасидаги электроқурилмалар ва мосламалар тўплами киради. Қурилиш ишлаб чиқариш корхонасининг ташқи электротаъминот системасида, асосан, 6-35 кВ кучланишлар қўлланилади.

Саноат корхонасига (темирбетон конструкциялари заводлари) тенглаштирилган йирик қурилиш ишлаб чиқариш корхонасининг ички электротаъминот системасидаги тақсимлаш тармоғи катта тармоқланишларга эга бўлади. Бу тақсимлаш тармоғи ҳаво линияларига ва, асосан, кабель линияларига, кўп сондаги тақсимлаш пунктлари, трансформатор подстанциялари, коммутацион аппаратларга эга бўлади. Ички электротаъминот системасида электроэнергияни тақсимлаш 6, 10 кВ кучланишларда амалга оширилади. Майда қурилиш объектларининг ички электротаъминот системасига электростанция ёки трансформатор

подстанциясидан олинадиган паст кучланиш электр тармоғи киради цехларга ёки технологик қурилмаларга олиб кириш жойига.

Қурилиш майдончасининг объектичи электротаъминоти системаси – 380/220 В кучланишли электр тармоғидир.

Ишлаб чиқариш устахоналарининг цехичи электротаъминоти системаси ўз ичига тақсимлаш шитидан (пунктидан) электроприёмникларгача бўлган цех тармоқларини олади. Бу цех тармоқлари коммутацион ва химоя аппаратларига эга бўлган кабеллар ва симлардан иборат бўлади. Цехичи электротаъминоти системасида электроэнергияни тақсимлаш 380/220 В кучланишларда бажарилади.

3.6. Қурилиш ишлаб чиқаришининг электротаъминот сиситемаларидаги истеъмолчилар ва электроприёмниклар.

Электроэнергияни энергиянинг бошқа турларига айлантириш учун мўлжалланган мослама электр энергиясининг приёмниги ёки электроприёмник деб аталади (электродвигатель, ёритгич, пайвандлаш трансформатори). Истеъмолчи бу электроприёмниклар ёки битта технологик қурилмага тегишли ва аниқ территорияда жойлашган электроприёмниклар тўпламидир (станок, агрегат, бетономешалка, цех, корхона).

Кўп ҳолларда электроприёмниклар технологик қурилманинг бир қисми бўладилар. Технологик қурилмалар орасидан қуйидагиларни ажратиб олиш мумкин:

- ишлаб чиқариш машиналари ва механизмлари, шу жумладан турли ишларга мўлжалланган станоклар, ер казиш машиналари, қурилиш-монтаж кранлари. Бу қурилмаларнинг электроприёмниклари – электр энергиясини механик энергияга айлантириб берувчи электродвигателлардир;

- термик қурилмалар. Булардаги приёмниклар – электр энергиясини иссиқлик энергиясига айлантириб берувчи иситгичлардир;

- электрохимиявий қурилмалар;
- электростатик ва электромагнит майдон қурилмалари, электрофильтрлар;
- металлларга электроучқунли ишлов бериш қурилмалари;
- электрланган қўл асбоблар (электр дреллар, арралар, гайка бурагичлар, бетонни жойлаштирадиган вибраторлар, краскопультлар ва бошқалар);
- электроёритиш қурилмалари;
- контрол ва диагностика қурилмалари (рентген аппаратлар, ультра товуш аппаратлар ва бошқалар).

Баъзи қурилмаларда электр энергияси энергиянинг бир неча бошқа турига айланади. Электроёй қурилмаларда (электропайвандлаш), электроёритиш қурилмаларида электр энергия бир вақтда ёруғлик ва иссиқлик энергияларига айланади [3];

Турли ишларга мўлжаллаган технологик қурилмаларда қўлланиладиган электроприёмникларнинг асосий турларини кўриб чиқамиз.

Электродвигателлар. Турли ҳилдаги ишлаб чиқариш механизмларининг юритмаларида электродвигателлар қўлланилади. Электродвигателлар механизмларнинг ишчи органларини ҳаракатга келтирадилар. Бу пайтда двигатель ёки ўзгармас частота билан, ёки бошқариладиган частота билан айланиши талаб қилинади. Тезликни бошқариш талаб қилинмайдиган юритмаларда турли айланиш частотасига эга бўлган ўзгарувчан ток асинхрон двигателлари ишлатилади. Уларнинг конструкциялари оддий ва эксплуатация пайтида уларга хизмат кўрсатиш ҳам оддий.

Электротермик қурилмаларнинг иситгичлари. Электротермик қурилмалар қуйидаги группаларга бўлинадилар: қаршилик электр печлари (ремонт устахоналарида қўлланилади); метал ва қотишмаларни эритиш ва термоишлов бериш учун ишлатиладиган индукцион

қиздириш қурилмалари; электропайвандлаш қурилмалари; бетонни иситиш қурилмалари; термик коммунал- маиший асбоблар.

380 В кучланишли тармоққа уланадиган тўғри ва четдан қиздиришли *қаршилиқ электр печлари* қўлланилади.

Индукцион эритиш печлари «тинч» режимдаги электр нагруккаларга кирадилар, бу режим иш процессида кам ўзгаради. Улар 50 Гтс саноат частотасида, 0.5-10 кГтс ли оширилган частотада ва бир неча юз килогерцли юқори частотада ишлайдилар. Улар тиристорли ёки электромашинали частота ўзгартиргичларидан ток билан таъминланадилар.

Ёйли ва контактли пайвандлашнинг электропайвандлаш қурилмалари тармоққа трансформаторлар орқали уланадилар ва ўзлари билан бир фазали нотекис нагруккани намоён қиладилар. Улар тармоқда носинусоидал режимлар ҳосил қиладилар.

Бетон ва грунтни иситиш қурилмалари қиш пайтида бетон ишларини бажаришда қўлланиладилар. Электр тармоғига улар уч фазали ва бир фазали трансформаторлар орқали уланадилар.

Термик коммунал-маиший асбобларга иситиш плиталари, қовуриш шкафлари, духовкалар кирадилар. Улар бир фазали нагруккани ҳосил қиладилар.

Электростатик ва электромагнит майдон қурилмалари электробўяш, газдаги қаттиқ зарраларни электрофилтрлар ёрдамида тутиб қолиш, аралашмалардаги ферромагнит заррачларни ажратиш учун технологик қурилмалар сифатида қўлланилади.

Электрохимиявий ва электролиз қурилмалари (сув ва эритмалар электролизи учун электролитик ванналар, гальваник қопламалар учун ванналар) ўзгармас токда ишлайдилар. Ўзгармас ток ўзгартириш подстанцияларида ўзгарувчан токни тўғрилаш йўли билан олинади. Қурилмалар аккумуляторларни зарядлаш учун қўлланилади;

Электр ёритиш қурилмалари ички ва ташқи ёритиш учун қўлланилади. Бу мақсадлар учун чўғланиш лампалари, люминесцент лампалар; симобли, натрийли, ксенонли лампалар қўлланилади. Ёруғлик оқимини концентрациялаш қайтаргичлар ёрдамида амалга оширилади.

Ташқи ёритиш учун прожекторлар ва тунги вақтларда ёки қоронғи хоналарда қурилиш ишларини бажариш учун ишлатиладиган кўтариб кўчириладиган ёритиш қурилмалари қўлланилишлари мумкин.

Қурилиш майдончаларидаги электроприёмникларнинг характерли группалари: қурилиш — монтаж кранларининг, транспортёрларнинг, элеваторларнинг, норияларнинг электроюритмаси; экскаваторларнинг электроюритмаси; сувни чиқариб ташлаш ва етказиб бериш насосларининг электроюритмаси; маиший хоналардаги сув иситгичлари, электрланган қўл асбоблари.

Ремонт устахоналаридаги ва ёғочга ишлов бериш устахоналаридаги электроприёмникларнинг характерли группалари: металл кесувчи станокларнинг электроюритмаси; ёғочга ишлов бериш станокларининг электроюритмаси; пайвандлаш трансформаторлари; металлларга электроучқунли ишлов бериш қурилмалари; гальваник ванналар.

4. Elektr ta'minotining uch fazali sistemasi

4.1. Уч фазали ток ва уни ҳосил қилиш

Ўзгарувчан ток М. О. Доливо-Добровольский уч фазали ток системасини ихтиро қилганидан кейин бутун дунёда кенг ишлатиладиган бўлди.

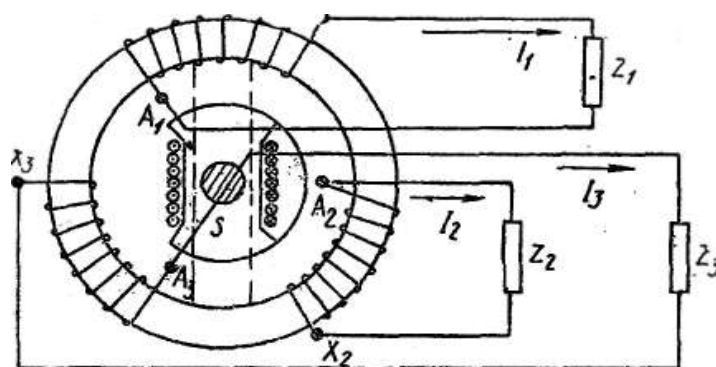
Уч фазали токнинг асосчиси М. О. Доливо-Добровольский дунёда биринчи бўлиб- уч фазали генератор, уч фазали электр двигателъ, уч фазали трансформаторларни яратган ва уч фазали ток энергиясини узатишни амалга оширган.

Уч фазали токнинг бир фазали токка нисбатан қуйидаги афзалликлари бор:

- 1) электр узатиш линияларида рангли металллар 25% гача тежалади,
- 2) уч фазали асинхрон двигателларнинг тузилиши содда, ишлатилиши қулай;

3) юлдуз шаклида улаб ҳосил қилинадиган тўрт симли система бўлган ҳолда иккита иш кучланиши бўлади.

Уч фазали ток системасини кўп фазали токнинг хусусий холи деб қараш мумкин. ЭЮ калари бир хил частоталари ва бир-бирига нисбатан фаза бўйича – $1/3$ даврга силжиган учта электр занжирнинг тўплами **уч фазали система деб** аталади.



4.1- расм. Уч фазали ток генераторининг тузилиши

Уч фазали системани ташкил этувчи айрим занжирлар унинг фазалари дейилади. Симметрик уч фазали системада ЭЮК лар ўзаро фаза бўйича тенг бўлакларга (120° га) силжиган. Уч фазали токнинг энг содда генератори (4.1-рasm) бир фазали генератордан якoriga цилиндр айланаси бўйлаб бир-бирига нисбатан 120° бурчакка силжиган учта чулғам жойлаштирилганлиги билан фарк қилади. Генераторнинг чулғамлари фазалар деб аталади. 4.1- рasmда статор чулғамларининг учлари • A_1, A_2, A_3 харфлари билан, охирлари X_1, A_2, X_3 харфлари билан белгиланган.

Уч фазали ток генератори роторининг конструкцияси эса бир фазали ток генератори ротори конструкциясининг худди ўзидир.

Ротор айланганда хамма чулғамларда частота ва амплитудалари бир хил бўлган ЭЮК лар ҲОСИЛ бўлади, аммо булар ўзларининг максимум қийматига бир вақтда эришмайди. Максимал ЭЮК ротор шимолий кутбининг маркази чулғам бошидан ўтганда ҳосил бўлади, деб ҳисоблаганимизда, иккинчи чулғамда эса ўша йўналишдаги ЭЮК максимуми ротор 120° бурилганда, учинчи чулғамда эса ўша йўналишдаги ЭЮК максимуми ротор биринчи чулғамга нисбатан 240° бурилганда юз беришини кўриш осон.

Ротор айланганда биринчи чулғамда ҳосил бўлган ЭЮК

$$e_1 = E_{1m} \sin \omega t$$

Иккинчи чулғамда ҳосил бўлган ЭЮК

$$e_2 = E_{2m} \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right)$$

Шунингдек, учинчи чулғамдаги ЭЮК

$$e_3 = E_{3m} \sin\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right)$$

бунда e_1 , e_2 ва e_3 – айрим чулғамларда ҳосил бўлган ЭЮК ларнинг амплитуда қийматлари:

агар ғалтакларнинг чулғамларига истеъмолчилар уласак, ёпиқ занжирлар бўйлаб қуйидаги тоқлар ўтади.

$$i_1 = I_{1m} \sin(\omega t - \Psi_1)$$

$$i_2 = I_{2m} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi - \Psi_2)$$

$$i_3 = I_{3m} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi - \Psi_3)$$

бунда i_1 , i_2 , ва i_3 – айрим чулғамлардаги тоқларнинг оний қийматлари. I_{1m} , I_{2m} ва I_{3m} – чулғамлардаги тоқларнинг амплитуда қийматлари. Ψ_1 , Ψ_2 ва Ψ_3 – айрим чулғамлардаги ЭЮК ва тоқ орасидаги фазалар силжиш бурчаги.

Агар учала фазадаги ЭЮК бир хил амплитудада бўлса, бундай уч фазали система **симметрик система** деб юритилади.

$$E_{1m} = E_{2m} = E_{3m} = E_m$$

ЭЮК ларни символик кўринишда ёзишда, агар А фазанинг ЭЮК E_A га-тенг бўлса, у. ҳолда В ва С фазаларнинг ЭЮК лари қуйидагиларга тенг бўлади:

$$E_B = E_A e^{-i 120^\circ}$$

$$E_C = E_A^{-240^\circ} = E_A e^{i 120^\circ} \quad (2.3)$$

E_{mA} , E_{mB} ва E_{mC} ЭЮК ларнинг вектор диаграммаси уч нузли симметрик юлдуздан иборат (2- расм, б). Бундай система учун

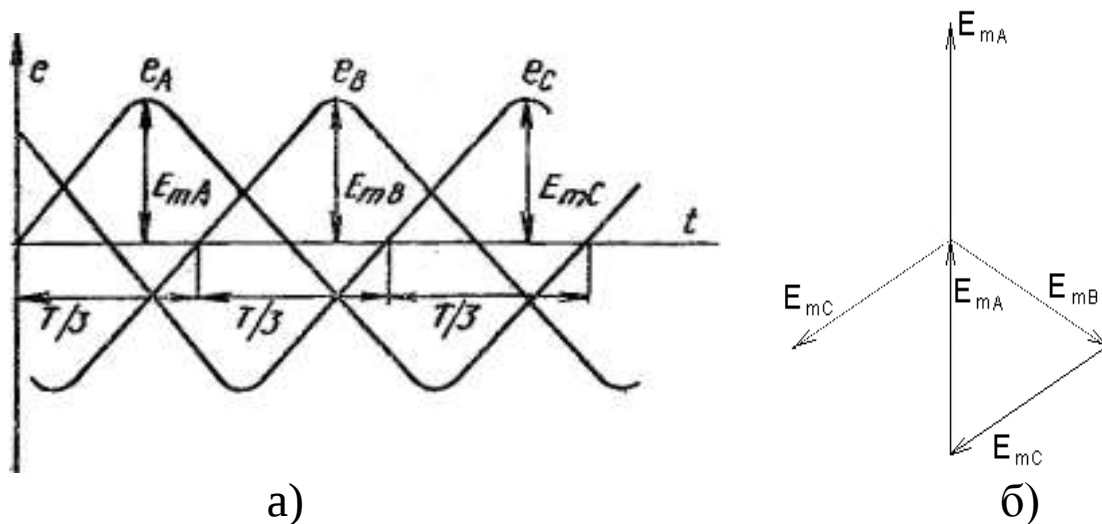
$$E_{mA} + E_{mB} + E_{mC} = 0$$

$$E_A + E_B + E_C = 0 \quad (2.4)$$

Ҳақиқатдан, 4.2- расм, б дан кўриниб турибдики, катталиклари ўзаро тенг ва фаза бўйича 120° га силжиган учта векторнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг. Ифодадан ЭЮК ларнинг оний қийматларининг йиғиндиси нолга тенглиги келиб чиқади:

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0 \quad (2.5)$$

Бу тенгликни расмдан ҳам кўриш мумкин



4.2-расм. ЭЮКларнинг графиги

4.2. Айланувчи магнит майдони

Уч фазали токнинг энг аҳамиятли хоссаларидан бири айланувчи магнит майдони ҳосил қилишидир. Шунинг учун ўзгарувчан ток машинаси уч фазали чулғамининг айланувчи магнит майдонини текширамыз.

Статор ичига ўқлари бир-бирига нисбатан 120° бурчак ҳосил қилиб жойлаштирилган учта индуктив чулғам жойлаштирилган бўлсин. (4.3- расм). Чулғамларнинг учларини А, В ва С, охирларини эса Х, Y, Z ҳарфлари билан белгилаймиз .

Чулғамларни юлдуз шаклида уланганда уларнинг охирги Х, Y, Z учларини бир-бирига улаб, нейтрал нукта ҳосил қилинади, чулғамларнинг А, В, С учлари эса уч фазали ток тармоғига уланади.

Бу учта чулғам орқали фазалари $1/3T$ га силжиган, бир хил амплитудали ва бир хил частотали синусоидал токлар ўтади.3- расм. Уч фазали токнинг айланувчи магнит майдони.

Бу токлар ҳосил қилган магнит майдон Лариннинг магнит индукциялари қуйидагича бўлади:



4.3-расм

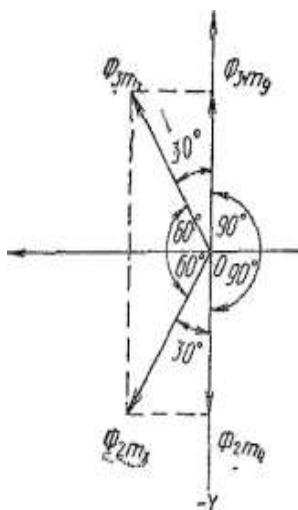
$$B_A = B_m \sin \omega t$$

$$B_B = B_m \sin\left(\omega t \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$B_C = B_m \sin\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right) \quad (2.6)$$

бу ерда B_m — хар бир чулғам ўқи бўйлаб йўналган магнит индукциянинг максимал қиймати.

Учала магнит майдони учала чулғамлар системасида бирданига таъсир этиб туради: Натижада айрим-айрим магнит майдонлари эмас, балки тенг таъсир этувчи ягона. магнит майдони ҳосил бўлади.



4.4-расм

Токлар ҳосил қилган магнит майдони оқимларини топиш учун магнит оқимларини геометрик қўшамиз. Бунинг учун магнит майдони оқимни X ва Y ўқларда олайлик (4.4- расм).

$$\Phi_{1mx} = \Phi_{1m} \cos 0^\circ = \Phi_{1m}$$

$$\Phi_{2mx} = -\Phi_{2m} \cos 60^\circ = -\frac{\Phi_{2m}}{2}$$

$$\Phi_{3mx} = -\Phi_{3m} \cos 60^\circ = -\frac{\Phi_{3m}}{2}$$

ва

$$\Phi_{1my} = \Phi_{1m} \cos 90^\circ = 0$$

$$\Phi_{2my} = -\Phi_{2m} \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{2m}$$

$$\Phi_{3my} = \Phi_{3m} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{3m}$$

Магнит майдон оқимлари синусоидал қонун бўйича ўзгарганлиги учун уларнинг оний қийматлари қуйидагича ифодаланади:

$$\Phi_{1x} = \Phi_{2mx} \sin \omega t$$

$$\Phi_{2x} = \Phi_{2mx} \cdot \sin\left(\omega t \frac{2\pi}{3}\right) = -\frac{\Phi_{2mx}}{2} \sin\left(\omega t \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$\Phi_{3x} = \Phi_{3mx} \cdot \sin\left(\omega t \frac{4\pi}{3}\right) = -\frac{\Phi_{3mx}}{3} \sin\left(\omega t \frac{4\pi}{3}\right) \quad (2.7)$$

Магнит майдони оқимларининг натижавий қийматини топиш учун (2.7) ифодани алгебраик қўшамиз:

$$\begin{aligned} \Phi_{0x} &= \Phi_m \sin \omega t - \frac{\Phi_m}{2} \sin\left(\omega t \frac{2\pi}{3}\right) - \frac{\Phi_m}{2} \sin\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right) = \\ &= \Phi_m \left[\sin \omega t - \frac{1}{2} (\sin \omega t - \cos 120^\circ - \cos \omega t - \sin 120^\circ) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} (\sin \omega t - \cos 240^\circ - \cos \omega t - \sin 240^\circ) \right] = \\ &= \Phi_m \left(\sin \omega t + \frac{1}{4} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \omega t + \frac{1}{4} \omega t - \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \omega t \right) \end{aligned}$$

ёки

$$\Phi_{0x} = 1,5\Phi_m \sin t$$

Бунда Φ_{0x} х бўйлаб йўналган натижавий магнит майдони оқимидир. у ўқи бўйлаб йўналган магнит майдони оқимини ҳам шу тарзда ҳисоблаш мумкин.

$$\Phi_{1y} = \Phi_{1my} \sin \omega t = 0$$

$$\Phi_{2y} = \Phi_{2my} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) = \frac{\sqrt{2}}{4} \Phi_{2m} \sin \omega t - \frac{2}{3}\pi$$

$$\Phi_{3y} = \Phi_{3my} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{3m} \sin \omega t - \frac{4}{3}\pi$$

Шунингдек,

$$\Phi_{0y} = \Phi_{1y} + \Phi_{2y} + \Phi_{3y} = 0 - \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) + \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi)$$

ёки

$$\begin{aligned} \Phi_{0y} &= \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m [\sin(\omega t - 240^\circ) - \sin(\omega t - 120^\circ)] = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m (\sin \omega t - \\ &- \cos 240^\circ - \cos \omega t - \sin 240^\circ - \sin \omega t - \cos 240^\circ + \cos \omega t - \sin 120^\circ) = \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m (1 - \frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t) \end{aligned}$$

бундан,

$$\Phi_{0y} = 1,5\Phi_m \cos \Phi_0$$

Демак, натижавий магнит майдони оқимларининг амплитудаси $\Phi_0 = 1,5\Phi_m$ га тенг экан.

Тенг таъсир этувчи магнит майдонининг оқими

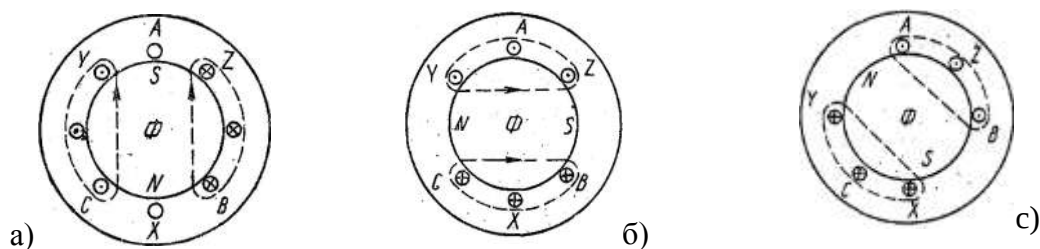
$$\Phi_0 = \sqrt{\Phi_{0x}^2 + \Phi_{0y}^2} = \sqrt{(1,5\hat{\Phi}_m \sin \omega t)^2 + (1,5\hat{\Phi}_m \cos \omega t)^2}$$

ёки

$$\Phi_0 = 1,5 \Phi_m$$

Демак, вақт ўтиши билан бу магнит оқимининг миқдори ўзгармас экан.

Энди уч фазали чулғам ҳосил қилган. магнит майдонининг ҳар хил пайтлардаги йўналишини аниқлайлик. $t = 0$ бўлган пайтда A — x чулғамда ток нолга тенг, B — 2 чулғамда ток манфий S — Y чулғамда эса ток мусбат. Демак, бу пайтда A ва x ўтказгичларда ток бўлмайди, S ва Y ўтказгичларда ток мусбат ўналишда, B ва Z ўтказгичларда манфий йўналишда бўлади. (4.5-расм, а).



4.5-расм, а, б, с — турли вақт оралиғида уч фазали чулғамнинг магнит майдони.

Шундай қилиб, $t = 0$ пайтда, C ва Y ўтказгичларда ток биз томонга, B ва Z ўтказгичларда эса бир томондан чизма текислигига қараб йўналади.

Ток бундай йўналганда ҳосил бўлган магнит майдонининг магнит чизиқлари парма қоидасига мувофиқ, пастдан юқорига қараб йўналади, яъни статор ички айланасининг пастки қисмида шимолий қутб, юқори қисмида эса жанубий қутб жойлашади.

t_1 пайтда ток A фазада мусбат, B ва C фазаларда манфийдир. Демак,

Y , A ва Z ўтказгичларда ток биз томонга, C , x ва B ўтказгичларда эса биз томондан чизмага қараб йўналади (4.5- расм, б) ва магнит майдонининг магнит чизиқлари ўзининг бошланғич йўналишига нисбатан соат стрелкаси айланиши йўналишида 90° га бурилган бўлади.

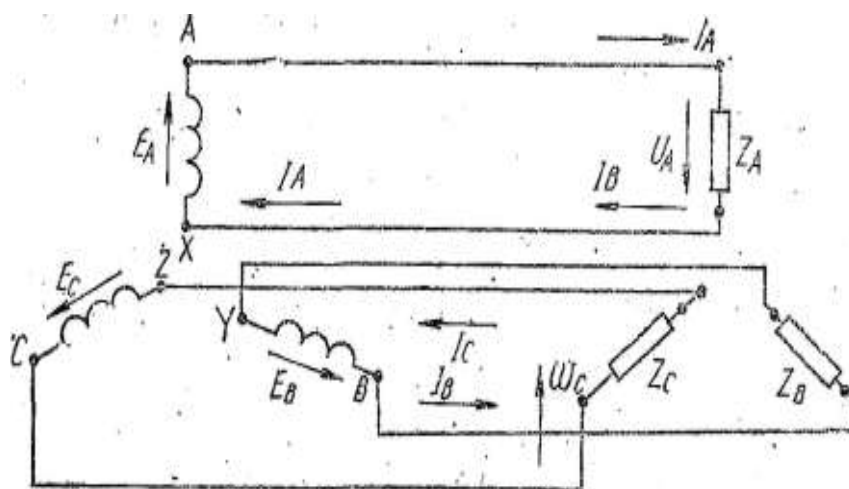
t_2 пайтда A ва B фазаларда ток мусбат, C фазада эса манфийдир. Демак, A , B ва Z ўтказгичларда ток биз томонга, C , x ва Y ўтказгичларда эса биз томондан чизмага йўналган ва магнит майдонининг магнит чизиқлари ўқининг бошланғич йўналишига нисбатан янада каттароқ бурчакка бурилган бўлади (4.5- расм, с).

Шундай қилиб, уч фазали чулғам ҳосил қилган магнит майдони магнит куч чизиқларининг йўналиши вақт ўтиши билан узлуксиз равишда бир текис ўзгаради, яъни бу магнит майдони ўзгармас тезлик билан айланади.

Агар уч фазали чулғам фазаларининг навбатлашиши ўзгартирилса, яъни учта чулғамдан хоҳлаган иккитасининг электр тармоғига уланиши ўзгартирилса, магнит майдонининг айланиш йўналиши ўзгаради.

4.3. Генератор чулғамларини юлдуз шаклида улаш.

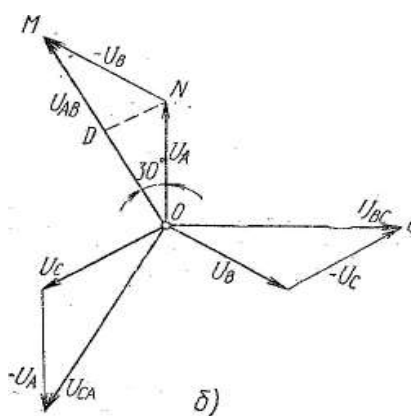
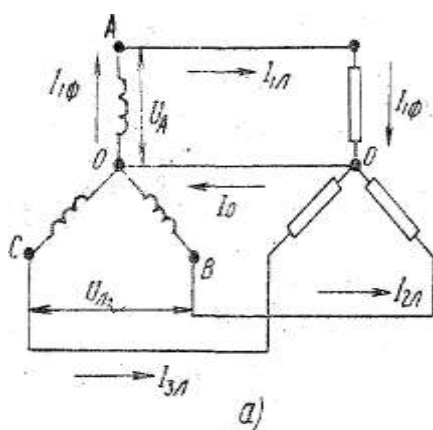
4.6- расмда учта мустақил бир фазали занжирга эга бўлган генераторнинг схемаси кўрсатилган. Бу занжирларда ЭЮК лар бир хил, яъни бир хил амплитудага эга ва фазаси жиҳатидан $\frac{1}{3}T$ даврга силжиган бўлади. Генератор статори чулғамларининг айрим жуфт қисқичларига линия симлари орқали истеъмолчилар уланган ва улар ўзаро боғланмаган уч фазали системага бўлиши мумкин.



4.6- расм-. Боғланмаган уч фазали система схемаси.

Генератор чулғамларини юлдуз шаклида улашда (4.7-рasm, а) учала фазанинг охирги учлари умумий O нуктага уланади, бош учларига эса энергияни истеъмолчиларга элтувчи ўткизгичлар уланади.

Шу усулда ҳосил қилинган учта сим **линия симлари** деб, исталган икки линия сими орасидаги кучланиш эса **линия кучланиши** деб аталади. Генератор чулғамларининг охирги учлари уланган умумий нуктадан истеъмолчиларга **нол сим** деб аталувчи тўртинчи сим тортилган бўлиши ҳам мумкин. Учта линия симларининг исталган бири



4.7- рasm, а — генератор чулғамларини юлдуз шаклида улаш схемаси в — линия ва фаза кучланишларининг вестор диаграммаси

в — линия билан нол сим орасидаги кучланиш бир фазанинг бош учи билан охирги учлари орасидаги кучланишга тенг ва у **фаза кучланиши** деб аталади.

Одатда, генератор чулғамларининг ҳамма фазалари бир хил, фазалардаги ЭЮК нинг эффектив қийматлари тенг, яъни $E_A = E_B = E_C$ бўладиган қилиб уланади. Агар генераторнинг ҳар бир фазаси занжирига истеъмолчи (нагрузка) уланса, бунда шу занжирлар бўйлаб ток ўта бошлайди. Истеъмолчининг учала фазасида қаршилиқнинг катталиги ва характери бир хил бўлса, яъни нагрузка тенг тақсимланса, фазалардаги тоқларнинг кучи бир хил ва ўз кучланишларига нисбатан бир хил φ бурчакка силжиган бўлади. Фазадаги нагрузкалар тенг

бўлганда фаза кучланишларининг максимал қийматлари ҳамда ҳақиқий қийматлари ўзаро тенг бўлади, яъни $U_A = U_B = U_C$. Бу кучланишлар вектор диаграммасида кўрсатилганидек (4.7-расм, б) фазаси бўйича 120° бурчакка силжиган бўлади. Схеманинг исталган нуқталари орасидаги кучланиш (4.7-расм, а га қаранг) шу нуқталар орасидаги векторларга мос келади (4.7-расм, б). Масалан, схеманинг A ва O нуқталари орасидаги кучланиш (фаза кучланиши U_A) диаграмманинг OH векторига мос бўлади, схеманинг A ва B линия симлари орасидаги кучланиш (линия кучланиши U_{AB}) эса диаграмманинг OM векторига мос келади. OMN учбурчакдан

$$OM \cdot 2OD = 2ON \cos 30^\circ = \sqrt{3} ON$$

лекин, $OM = U_{AB} = U_L$, $ON = U_A = U_\phi$

демак,

$$U_L = \sqrt{3} U_\phi$$

Шундай қилиб, генератор чулғамлари юлдуз шаклида уланганда фаза кучланишларининг симметрик системаси учун линия кучланишининг эффектив қиймати фаза кучланишининг эффектив ийматидан $\sqrt{3}$ марта катта бўлар экан.

Генератор чулғамлари юлдуз шаклида уланганда линия симидаги ток генератор фазаларидаги токка тенг, яъни $I_L = I_\phi$ бўлади.

Кирхгофнинг биринчи қонунига кўра генератор фазаларидаги токларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг, яъни

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

Буни қуйидагича исбот қилиш мумкин. Бунинг учун токнинг оний қийматларини қўшиб чиқамиз:

$$i_1 + i_2 + i_3 = I_m [\sin \omega t + \sin(\omega t - 120^\circ) + \sin(\omega t - 240^\circ)] =$$

$$\begin{aligned}
&= I_m (\sin \omega t + \sin \omega t - \cos 120^\circ - \cos \omega t - \sin 120^\circ + \sin \omega t - \cos 240^\circ - \\
&- \cos \omega t - \sin 240^\circ) = I_m \left(\sin \omega t + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t + \right. \\
&\left. + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t \right] = 0
\end{aligned}$$

Демак, фазалардаги нагрузкалар тенг бўлганда (юлдуз шаклида улашда) тоklar оний қийматларининг алгебраик йиғиндиси ҳам нолга тенг экан.

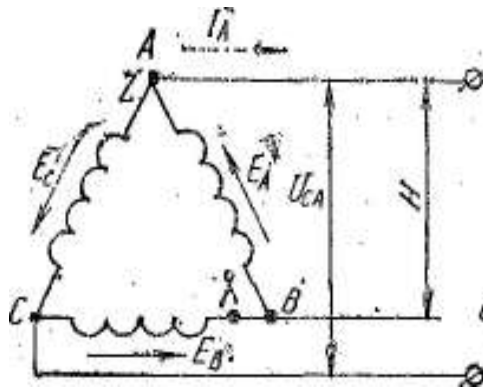
4.4. Генератор чулғамларини учбурчак шаклида улаш

Агар уч фазали ток генераторлари, биринчи фазасининг охириги учи иккинчи фазасининг боши билан, иккинчи фазасининг охириги учи учинчи фазанинг боши билан, учинчи фазанинг охириги учи биринчи фазанинг боши билан уланса, бундай улаш учбурчак шаклида уълаш деб юритилади (4.8- расм). A, B, C — чулғамларнинг боши x, y, z — чулғамларнинг охири.

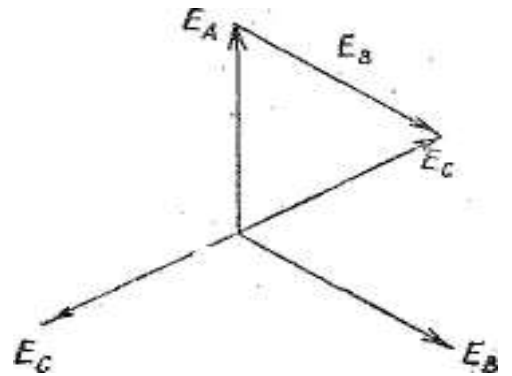
Учбурчак шаклида улашда линия кучланишлари, яъни линия кучланишлари орасидаги кучланиш фаза кучланишга тенг бўлади:

$$U_{AB} = U_A, \quad U_{BC} = U_B \quad \text{ва} \quad U_{CA} = U_C$$

Учта симметрик ЭЮК ларнинг йиғиндиси нолга тенг (4.9-расм), чунки фазалардаги ЭЮК ларнинг икки векторини, масалан



4.8-расм. Учбурчак шаклида улаш диаграммаси

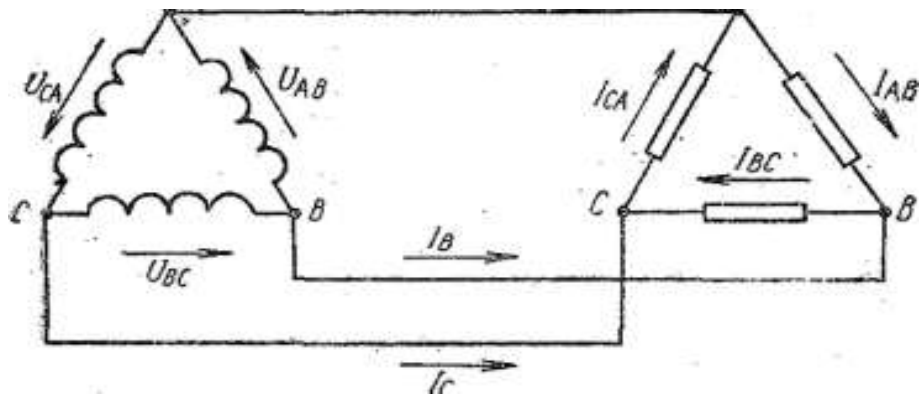


4.9-расм. ЭЮК ларнинг вектор

E_A билан E_B ни қўшганимизда катталиги жихатидан учинчи векторга тенг, бироқ ишораси тескари бўлган E_C вектор ҳосил бўлади:

$$E_{AB} + E_B + -E_C; -E_C + E_C = 0$$

Шундай усул билан генератор ва истеъмолчилар уланади (4.10-расм).



4.10-расм. Генератор чулғамлари ва истеъмолчиларни учбурчак шаклида улаш

Чулғамлар учбурчак шаклида уланганда линия ва фаза кучланишлари ўзаро тенг бўлади, яъни

$$U_{\text{л}} = U_{\phi}$$

Линия ва фаза токлари орасидаги муносабатни аниқлаш учун тоklar стрелкалар билан кўрсатилган. Линия тоklarининг генератордан истеъмолчига қараб йўналишини мусбат йўналиш деб қабул қиламиз (4.10-расм). Фаза тоklarининг йўналишини ҳам мусбат деб оламиз.

Кирхгофнинг биринчи қондасига кўра А, В, С тугунчаларда тоklarнинг оний қийматларини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$A \text{ тугун учун } i_A + i_{CA} = i_{AB}$$

$$B \text{ тугун учун } i_B + i_{BA} = i_{BC}$$

$$C \text{ тугун учун } i_C + i_{BC} = i_{CA}$$

Бундан
$$i_A = i_{AB} - i_{CA}$$

$$i_B = i_{BC} - i_{BA}$$

Демак, линия тоklarининг оний қиймати фазалардаги тоklar оний қийматларининг алгебраик айирмасига тенг экан.

Токлар окий қийматларининг алгебраик йиғиндиси уларнинг эффектив қийматларининг геометрик йиғиндисига мос келади. Шунинг учун қуйидагича ёза оламиз:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

тенгламалар еистемаси ва 4.8-расмдан қуйидаги хулосаларни чиқариш мумкин.

- 1) ҳар бир линия токи фаза токлари векторларининг айирмасига тенг;
- 2) фаза токларининг ҳар қандай қийматида ҳам линия токларини геометрик йиғиндиси нолга тенг бўлади.

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

4.11-расмда симметрик нагрускада фаза ва линия токларининг вектор диаграммаси кўрсатилган,

Бу диаграммада линия токлари симметрик, диаграмма ҲОСИЛ қилган бўлиб, у фаза токларининг диаграммасига нисбатан 30° силжиган,

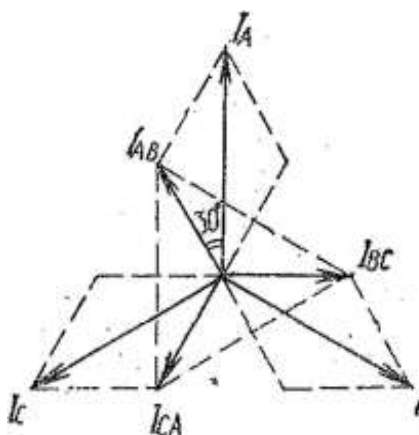
$$\frac{I_A}{2} = I_{AB} \cos 30^\circ$$

ёки $I_A = I_{AB} \sqrt{3}$, $I_B = I_{BC} \sqrt{3}$, $I_C = I_{CA} \sqrt{3}$.

Шунинг учун $I_A = I_B = I_C = I_l$

Лекин $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_\phi$

Демак, $I_l = \sqrt{3} I_\phi$



4.11-расм. Симметрик нагрускада уланганда фаза ва линия токларининг вестор диаграммаси

Шундай қилиб, генератор чулғамларининг учбурчак шаклида уланганда линия токлари фаза токларидан марта катта бўлар экан.

4.5. Уч фазали токнинг қуввати

Нагрузкалардаги уч фазали токнинг актив қуввати занжирнинг айрим қисмларидаёқ актив қувватларнинг йиғиндисига тенг, яъни

$$P = P_{\phi 1} + P_{\phi 2} + P_{\phi 3}$$

ёки

$$P = I_{\phi 1} U_{\phi 1} \cos \varphi_1 + P = I_{\phi 2} U_{\phi 2} \cos \varphi_2 + P = I_{\phi 3} U_{\phi 3} \cos \varphi_3$$

Нагрузкалар симметрик бўлганда фазаларнинг актив қувватини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P = 3 U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi$$

Агар истеъмолчилар юлдуз шаклида уланган бўлиб, нагрузкалар симметрик яъни;

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} ; I_{\phi} = I_{\text{л}}$$

бўлса, уч фазали занжирнинг қуввати қуйидагича бўлади;

$$P = 3 \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} I_{\text{л}} \cos \varphi = \sqrt{3} U_{\phi} I_{\text{л}} \cos \varphi$$

чунки

$$U_{\phi} = U_{\text{л}} ; I_{\phi} = \frac{I_{\text{л}}}{\sqrt{3}}$$

уч фазали токнинг реактив қуввати

$$Q = \sqrt{3} \sqrt{3} \sin \varphi$$

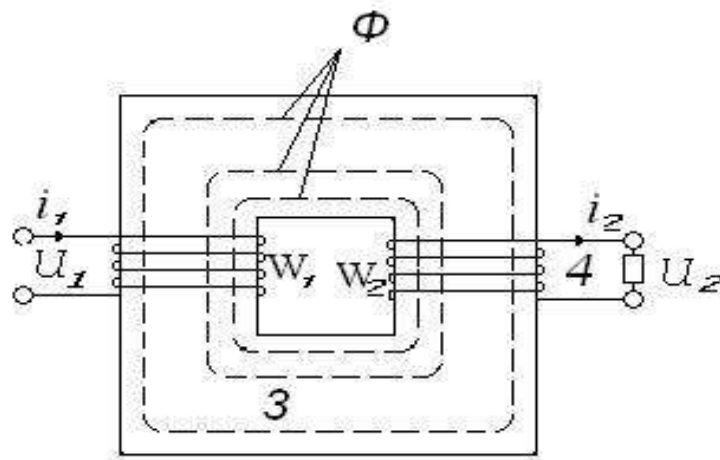
тўла қуввати

$$S = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\phi}$$

5. Трансформаторлар

5.1. Бир фазали трансформатор.

Ўзгарувчан ток кучланишини ўзгартирувчи статик электромагнит аппарат трансформатор дейилади. Трансформаторлардан жуда кўп мақсадларда фойдаланилади. Хусусан электр энергиясини узок масофаларга узатишда ва истеъмолчиларга тақсимлашда республика, ҳатто бир неча мустақил давлат микёсида умумий энергетик системалар яратишда трансформаторлар бекиёс катта аҳамиятга эга. 5.1- расмда



5.1-Расм

Бир фазали трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш принципига доир схема берилган. Бундай оддий трансформатор берк пулат узакка ўралган бирламчи W_1 ва иккиламчи чулғамлардан иборат булади. Бундай трансформаторнинг электр тармоғига уланадиган чулғами ва унга тегишли параметрлар бирламчи, истеъмолчиларга уланадиган чулғами ва унга тегишли параметрлар эса иккиламчи деб юритилади. Бирламчи чулған берилган узгарувчи u_1 кучланишдан i_1 ток ва пулат ўзак орқали ёпилувчи Φ магнит оқими ҳосил булади. Электромагнит индукция қонунига мувофиқ ўзгарувчан Φ магнит оқими билан кесилувчи бирламчи

чулғамда ўзиндукция ЭЮК. $e_1 = -W_1 \frac{d\phi}{dt}$ иккиламчи чулғамда эса ўзароиндукция ЭЮК $e_2 = -W_2 \frac{d\phi}{dt}$ юзага келади. Бу ЭЮК ларнинг эффектив кийматлари куйидагича бўлади: $E_1 = 4,44 W_1 f \Phi_m$ ва $E_2 = 4,441 W_2 f \Phi_m$ Бунда ток частотаси, Φ_m — ўзакдаги магнит оқимнинг максимал қиймати. Агар иккиламчи чулғамга юклама уланса, i_2 юклама токи ва иккиламчи кучланиш U_2 хосил бўлади.

5.2. Трансформациялаш коэффиценти.

Юқори кучланишли чулғамдаги ЭЮК кийматининг паст кучланишли чулғамдагига нисбати трансформаторнинг трансформациялаш коэффиценти дейилади ва K билан белгиланади. Агар юқори кучланишли чулғам бирламчи бўлса $K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$ акс холда $K = \frac{E_2}{E_1} = \frac{W_2}{W_1}$ бўлади Трансформациялаш коэффиценти трансформаторга берилган кучланишнинг неча марта кучайтирилганлиги ёки пасайтирилганлигини ифодалайди. Шунга кўра, $K = \frac{E_2}{E_1}$ булганда трансформатор кучайтирувчи, $K = \frac{E_1}{E_2}$

бўлганда эса пайтирувчи дейилади. Электр энергиясини узок масофаларга узтяшда кучайтирувчи трансформаторлар кулланилади. Бунда юқори энергетик курсаткичларга эришиш учун узатиш линиясининг ҳар бир км масофасига 1 кВ кучланиш туғри келиши керак. Дарҳақиқат. Жоуль-Ленц конунига мувофик электр энергиясини узатишда линиянинг кизитишга сарфланадиган кувват исрофи $I^2 R_a$ булади. Демак, трансформатор ёрдамида иккиламчи кучланиш U_2 ни купайтириб, линиядаги токни пропорционал равишда камайтириш керак. Натижада линияни кизитишга кетадиган кувват исрофи кескин камаяди. Шу билан бирга линияга кетадиган рангли металл анча

тежалади ҳамда кичикрок тоқларга мулжалланган кичкарок (енгил) сим ишлатиш имкони тугилади. Бунда линияни қуриш ишлари ҳам бирмунча осонлашади. Электр станцияларидаги уч фазали синхрон генераторларнинг номинал қучланиши (0,4÷21 кВ) етарли даражада юқори эмас. Шу сабабли бундай қучланишли энергияни узок масофаларга узатишда қучайтирувчи, истеъмолчиларга тақсимлашда эса пасайтирувчи трансформаторлардан фойдаланилади. Хозир қучланишни 1000 кВ дан ҳам юқори тайтира оладиган трансформаторлар яратилган.

5.3. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти (ФИК).

Трансформатордан олинган актив P_2 қувват унга электр тармоғидан берилган актив P_1 қувватга нисбати $\frac{P_2}{P_1}$ -трансформаторнинг трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти дейилади ва η билан белгиланади, яъни

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_n + P_M} \text{ ёки } P_2 \text{ ўрнига унинг номинал қиймати } P_{2H} = S_n \cos \varphi_2$$

қўйилса, η нинг номинал қиймати $\eta = \frac{P_{2H}}{P_{2H} + P_n + P_M}$ бўлади. Бунда S

трансформаторнинг тўла қуввати, P_{II} - трансформаторнинг пулат ўзагини қизитишга, P_M эса чулғамларнинг қизитишга сарфланадиган қувват исрофи. Турли юкламалардаги η ни аниқлаш учун трансформаторнинг

юкланиш коэффициенти $K_{ю} = \frac{P_2}{P_{2H}}$ дан фойдаланилади, яъни

$$\eta = \frac{K_{ю} S_n \cos \varphi_2}{K_{ю} S_n \cos \varphi_2 + P_{II} + K_{ю}^2 P_M} \text{ Бу ифодадан } \eta \text{ нинг максимал қийматини}$$

аниқлаш учун ундан $\frac{d\eta}{dK_{ю}}$ ҳосиласи топилади ва нолга тенгланади.

Сунгра бу тенгламадан $P_{II} = K_{ю}^2 P_M$ бўлгандаги $\eta = \eta_{ма}$ аниқланади.

Бундан $K_{ю}$ нинг оптимал киймати $K_{ю} = \sqrt{\frac{P_{II}}{P_M}}$ - топилади.

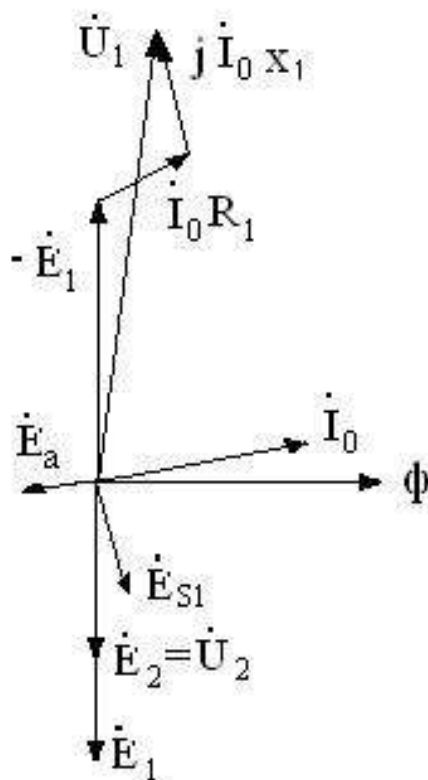
Трансформаторнинг салт ишлаш ва қисқа туташув тажрибаларидан фойдаланиб, P_n ва P_M кийматлари ва уларнинг нисбати

аниқланади. Одатда $\frac{P_n}{P_M} \approx \frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$ бўлади. Демак, $K_{ю} = 0,5 \div 0,58$ бўлганида

ФИК $\eta = \eta_{макс}$ га эришади. $K_{ю}$ га 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1 кийматлари берилиб, η нинг турли юкламалардаги кийматлари топилади. Трансформаторлар амалда 60÷70 % юкламада ишлатилади. Катта кувватли трансформторларда ФИК 98÷99 % га етади.

5.4.Трансформаторнинг салт ишлаш режими.

Трансформаторнинг бирламчи чулғағамига номинал кучланиш берилиб, иккиламчиси юкласиз булган режими унинг салт ишлаш режими дейилади. Бу режимнинг векторлар диаграммасини яшаш учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига мувофик трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларидаги ЭЮК лар тенгламаси тузилади: $u_1 + e_1 + e_{s1} = i_o R_1$ бундан $u_1 = -e_1 + e_{s1} = i_o R_1$ ёки $U_1 = -E_{s1} + I_o R_1$ ва $E_2 = U_2$ бўлади. Бунда $E_{s1} = jI_o x_1$ - сочилма магнит оқими Φ_s дан бирламчи чулғамда ҳосил булган ЭЮК x_1 — индуктив сочилма қаршилик. 5.2- расмда бу тенгламалар

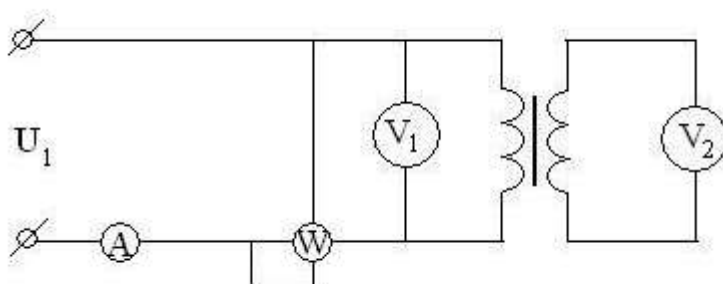


5.2-Расм

асосида ясалган вектор диаграммаси кўрсатилган. Салт иш режимидагн токнинг киймати бирламчи чулғам номинал токининг $2 \div 10$ фоизини ташкил қилади. Шу сабабли $I_0 R_1$ ва E_{S1} ни ҳисобга олмаслик ҳам мумкин. Бунда $U_1 \approx -E_1$ бўлади, холос. С. и. р. даги I_0 ток индуктив характерга эга бўлганлиги сабабли, электр тармоғининг қувват коэффициентини пасайтиради (трансформаторлар билан генератор энергияси $7 \div 8$ марта трансформацияланиши сабабли уларнинг электр тармоғидаги қуввати генераторларнингидан $6 \div 7$ марта катта). Шу сабабли трансформаторлар асинхрон моторлар сингари реактив энергиянинг асосий ($20 \div 25$ истеъмолчиларидан ҳисобланади. Бинобарин тўла юкланмаган трансформаторларни алмаштириш ёки иложи борида уларни электр тармоғидан ажратиш билан қувват коэффициентини бирмунча кутариш мумкин.

5.5. Салт ишлаш тажрибаси.

Салт иши режимида ишлаётган трансформатор параметрларини аниқлаш учун қилинадиган тажриба С. и. т. дейилади 5.3- расмда салт иш режимида доир схема кўрсатилган ва ваттметр билан I_0 ва P_0 вольтметр билан эса U_1 ва U_2 ўлчанади.



5.3-Расм

Магнитловчи носинусоидал I_0 токининг қиймати кичик ва $I_2 = 0$ бўлганлиги сабабли бирламчи чулғамнинг қизитишга сарфланган кувват исрофини ҳисобга олмай, $P_0 \approx P_n$ $U_1 \approx E_1$ ва $E_2 \approx U_2$ деб қабул қилинади. Демак, бу тажрибадан трансформатор пулат ўзагининг кизишига сарфланган кувват исрофи $P_n = P_0$ топилади. Бунда $P_0 = (0,2 \div 0,8) \% S_n$ ҳамда $P_0 \equiv B_m^2 \equiv \Phi_m^2 \equiv E_1^2 \equiv U_1^2$ бўлади. С.и.т. дан трансформациялаш коэффниентининг қиймати K ҳам аникланади:

$$K = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{U_1}{U_2}$$

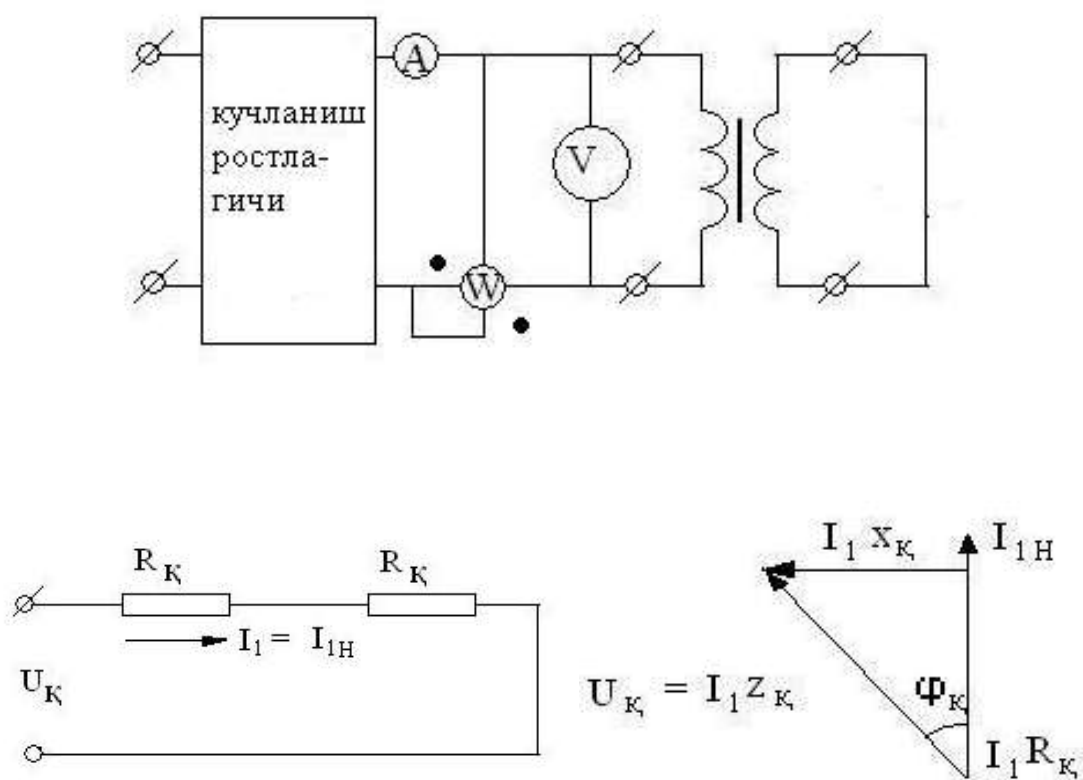
5.6. Трансформаторнинг киска туташув режими.

Номинал юклама билан ишлайдиган трансформаторни иккиламчи чулғами тасодифан киска туташиб қолса, ундан номиналга нисбатан 10—20 марта катта ток ўтиши мумкин. Бунда реллели химоялагичлар ишга тушиб, уни бир онда электр тармоғидан ажратади, акс ҳолда,

трансформаторда катта авария содир булиши мумкин. Киска туташувдагн трансформатор параметрларини аниқлаш учун киска туташув тажрибасидан фойдаланилади.

5.7. Киска туташув тажрибаси.

Трансформаторнинг иккиламчи чулғамини ўз-ўзига ёки амперметр қиска туташтириб, бирламчи чулғамга бериладиган кучланишни нолдан то чулғамдаги тоқлар ўз номинал қийматларига етгунча ошириб бориладиган тажриба қиска туташув тажрибаси дейилади.



5.4-Расм

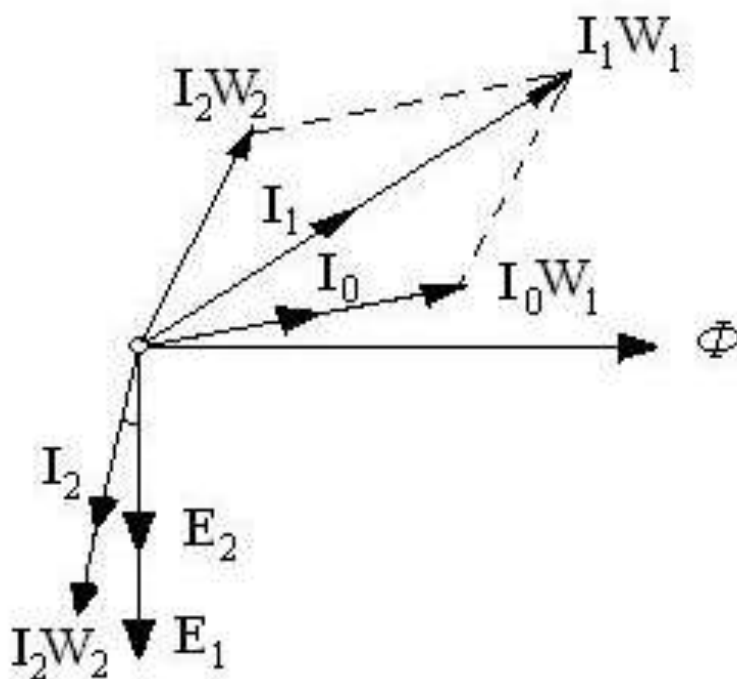
5.4 - расмда трансформаторнинг қиска туташув тажрибасига доир уланиш схемаси, эквивалент схемаси ва вектор диаграммаси берилган. Бунда бирламчи чулғамга бериладиган ва бирламчи ҳамда иккиламчи чулғамда номинал тоқлар ҳосил киладиган кучланиш қиска туташув

кучланиши U_K дейилади. Унийг қиймати $U_K = (5,5 \div 11) \% U_{I_n}$, бўлади (U_{I_n} бирламчи чулғамнинг номинал кучланиши). (U_K қиймати кичик бўлгани сабабли пўлат ўзакнинг қизишига сарфланган кувват исрофи хисобга олинмайди. Шунга кўра эквивалент схемада ҳам магнитловчи занжир кўрсатилмаслиги мумкин. Бунда иккала чулғамдаги тоқлар номинал бўлгани учун ваттметр билан улчаб олинadиган P_K кувват чулғам мисларини кизитишга сарфланувчи кувват исрофи P_M деб қабул қилинади, яъни $P_M = P_K$. Бу кувват умумий кувватнинг 1—3 фоизини ташкил қилади, яъни $P_K = (1 \div 3) \% S_n$. К.т.т. дан ўлчаб топилган P_K , U_K ва I_K дан фойдаланиб, вектор диаграммасини яшаш учун керак бўлган куйидаги параметрлар аниқланади:

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K}; \quad P_K = \frac{P_K}{I_K^2} = R_1 + R_K^2; \quad X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2}; \quad \cos \varphi_K = \frac{P_K}{I_K U_K}$$

5.8. Трансформаторнинг юклама режими.

Агар салт иш режимидаги трансформаторнинг иккиламчи чулғамига Z_n юклама уланса, юклама токи I_2 хос бўлади. Бунда бирламчи чулғам занжирдаги кучланиш тушуви кичик бўлганлиги сабабли хисобга олинмаса, $U_1 \sim E_1 = 4,44 f W_1 \Phi_m$ бўлади. Электр тармоғи кучланиши ва частотаси ўзгармас қийматга эгалигидан $\Phi_m = \frac{U}{4,44 f W_1} = const$ Бу ифодага мувофиқ магнитловчи тоқдан ҳосил бўлган асосий магнит оқими юклама токига боғлиқ бўлмай, унинг қиймати фақат бирламчи чулғамга берилган кучланиш билан аниқланади.



5.5-Расм

Магнит оқимнинг юклама режимидаги қийма бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги магнит юритувчи кучлар йиғиндисидан ҳосил бўлади. Демак, МЮК ларнинг тенгламаси $I_0 W_1 = I_1 W_1 + I_2 W_2$ бўлади. Бундан $I_0 W_1 = I_1 W_1 + I_2 W_2$ келиб чиқади. Бу тенгламага асосан МЮК ларнинг вектор диаграммаси ясалади (5.5- расм) Демак, бирламчи чулғамдаги трансформатор ўзагини магнитлантирса, иккиламчи чулғамдаги МЮК уни магнитсизлайди МЮКлар тенгламасини W_1 га булсак, $I_0 = I_1 + I_2 \frac{W_2}{W_1}$ ёки

$I_0 = I_1 + \frac{I_2}{K}$ ҳосил бўлади. Бунда $\frac{I_2}{K}$ нисбат иккиламчи токнинг бирламчи токка келтирилган қиймати дейилади

5.9. Келтирилган трансформатор.

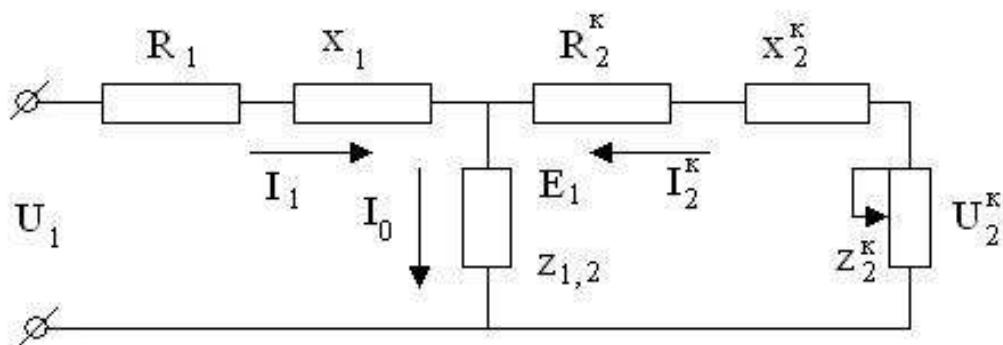
Трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари ўзаро электр боғланмаганлиги ҳамда уларнинг параметрлари турлича булганлиги сабабли бу чулғамларга тегишли вектор катталикларини бевосита кўшиш ёки айириш мумкин эмас. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграмасини яшаш учун, аввало, иккала чулғамдаги катталнкларни бир

масштабга келтириш керак. Одлатда иккиламчи чулғамдаги катталиклар бирламчи чулғамдаги катталиклар масштабига келтирилади ва уларга K белгиси куйилади. Агар бирламчи чулғам юқори кучланишли деб олинса, E_2 нинг келтирилган қиймати E_2^k ни тоиш учун $E_2 \cdot K$ га куйайтириш кифоя, яъни $E_2^k = E_2 \cdot K = E_1$ шунингдек $U_2^k = E_2 \cdot K$ бўлади. Иккала чулғамдаги қувватларнинг ўзаро тенглик шарти $E_2 I_2 = E_2^K I_2^K$ дан J_2^K қиймати аниқланади: $J_2^K = \frac{E_2 J_2}{E_2^K} = \frac{J_2}{K}$ Шунга ўхшаш $I_2^2 R_2 = (J_2^K)^2 R_2^K$ дан $R_2^K = \frac{I_2^2 R_2}{(I_2^K)^2} = \frac{I_2^2 R_2 K^2}{I_2^2} = R_2 \cdot K^2$ топилади. Бунда, R_2^K -келтирилган актив қаршилик Демак, келтирилган реактив қаршилик $X_2^K = \frac{E_{s2}^K}{I_2^K} = \frac{K \cdot E_{s2}}{\frac{I_2}{K}} = X_2 \cdot K^2$, тўла қаршилик $Z_2^K = \sqrt{R_2^{K2} + X_2^{K2}} = Z_2 \cdot K^2$, ва юклама қаршилиги $Z_H^K = Z_H \cdot K^2$ бўлади. Иккиламчи чулғам параметрлари бирламчига келтирилган трансформатор келтирилган трансформатор дейилади Бунда иккала чулғамни ўзаро электр боғланган деб қараб, келтирилган трансформатор учун эквивалент схема тузиш имкони яратилади.

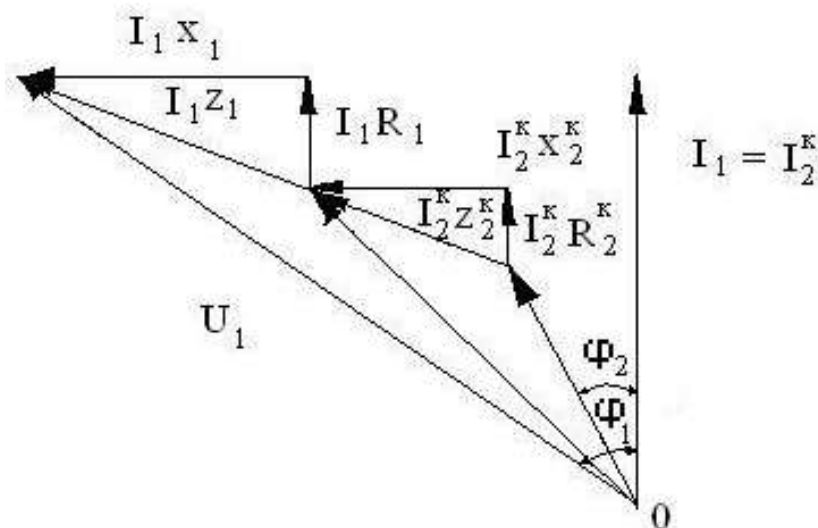
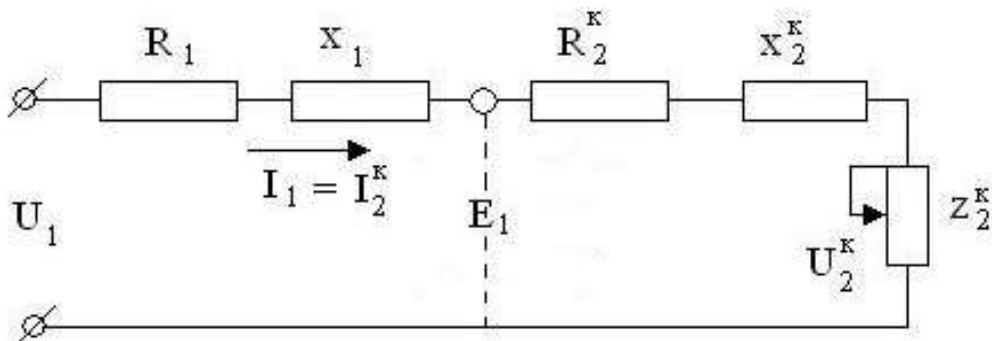
5.10.Трансформаторнинг эквивалент схемаси.

Иккиламчи параметрлари бирламчига келтирилган трансформаторни унга эквивалент бўлган схемаси билан алмаштириш мумкин. Демак, келтирилган трансформаторга эквивалент бўлган электр схемаси трансформаторнинг эквивалент схемаси дейилади трансформаторнинг эквивалент схемаси асосида ундаги электромагнит жараёнларни таҳлил қилиш ҳамда трансформатор уланган электр тармоғини ҳисоблаш анча енгиллашади. 5.6-расм, *а* да трансформаторнинг эквивалент схемаси, *б* да унинг соддалаштирилган

эквивалент схемаси ва в да соддалаштирилган эквивалент схемасига тегишли вектор диаграммаси кўрсатилган.



а)



б)

в)

5.6-Расм

Трансформаторнинг эквивалент схемасида трансформаторнинг бирламчи чулғами эквивалент актив R_1 ва индуктив X_1 иккиламчи чулғами R_2^k ва X_2^k каршиликлар, магнит занжири эса тўла Z_{12}

каршилик билан ифодаланади. Бунда юклама (Z_{12} каршилиги) актив-индуктив характерли деб қабул қилинади Магнитловчи. I_0 токнинг кичиклиги сабабли у купинча ҳисобга олинмайди. Бунда трансформаторнинг эквивалент схемаси бирмунча соддалашади (5.6-расм, б). Трансформаторнингсалт ишлаш ва қисқа туташув тажрибаларидан аниқланган параметрларидан фойдаланиб, эквивалент схема (5.6- расм, б) асосида унинг вектор диаграммаси ясалади (5.6-расм, в).

соддалашади (5.6-расм, б). Трансформаторнингсалт ишлаш

5.11. Трансформаторнинг ташки характеристикаси.

Иккиламчи чулғамдаги U_2 кучланишнинг юклама I_2 токига боғланишини ифодаловчи $U_2 = f(I_2)$ график трансформаторнинг ташки характеристикаси дейилади. Юклама токи ошиб борса, иккиламчи чулғамдаги кучланишнинг тушуви ҳам кўпайиб боради U_2 нинг киймати эса камайиб боради!

5.7-расмда трансформаторнинг ташки характеристикаси кўрсатилган, Бунда 1-эгри чизик $\cos \varphi = 1$ даги 2- эгри чизик эса актив-индуктив юклама $\cos \varphi = 0,8$ даги $U_2 = f(I_2)$ графикларидир. U_{2H} салт ишлаш ($I_2 = 0$) режимидаги иккиламчи кучланиш; U_2 номинал

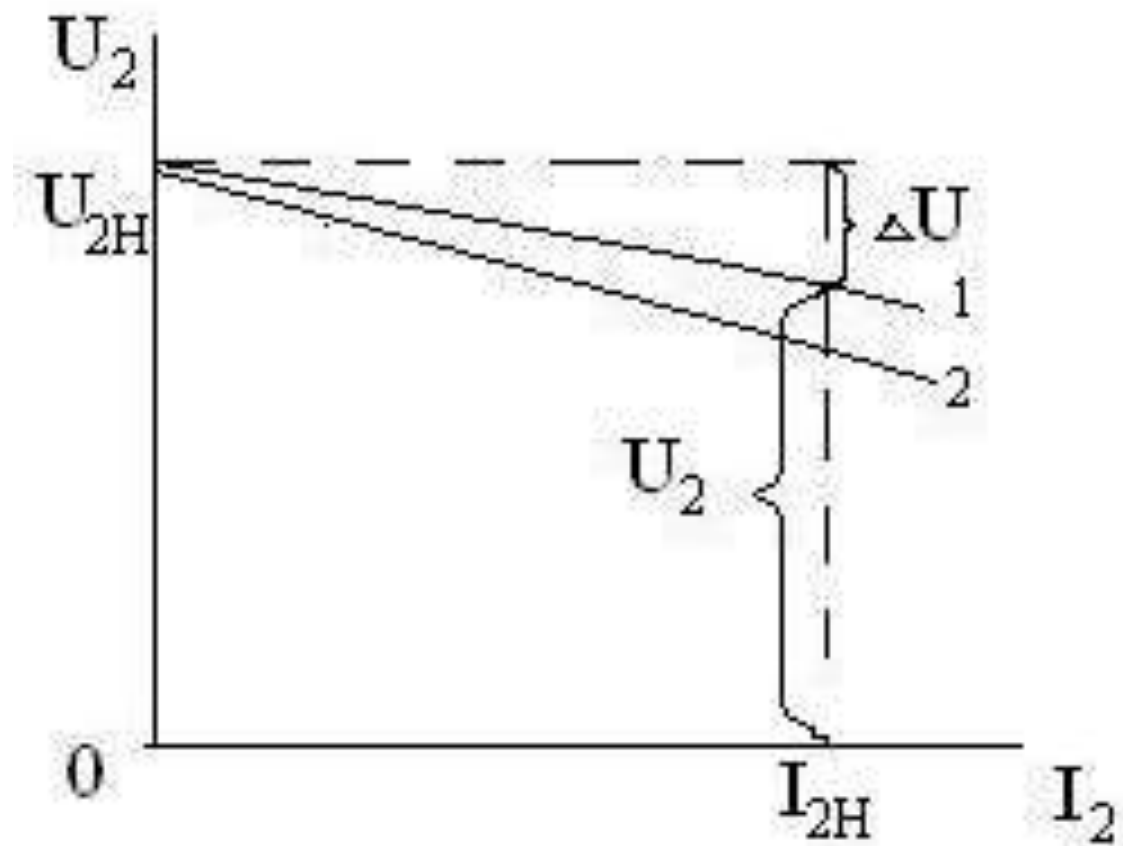
юклама $I_2 = I_{2H}$ даги иккиламчи кучланиш $U_H = U_{2H} - U_2$ ёки

$\Delta U_H \% = \frac{U_{2H} - U_2}{U_{2H}} \cdot 100$ -иккиламчи кучланиш пасайишининг номинал

киймати. Хусусан, қувват коэффициент $\cos \varphi = 0.8$, қисқа туташув кучланиши $U_K = (5,5 \div 10,5) \% U_{1H}$ бўлган трансформаторларда $U_H = (4 \div 8) \% U_{2H}$ булади, чизик эса актив-индуктив юклама $\cos \varphi = 0,8$ даги $U_2 = f(I_2)$ графикларидир. U_{2H} салт ишлаш ($I_2 = 0$) режимидаги

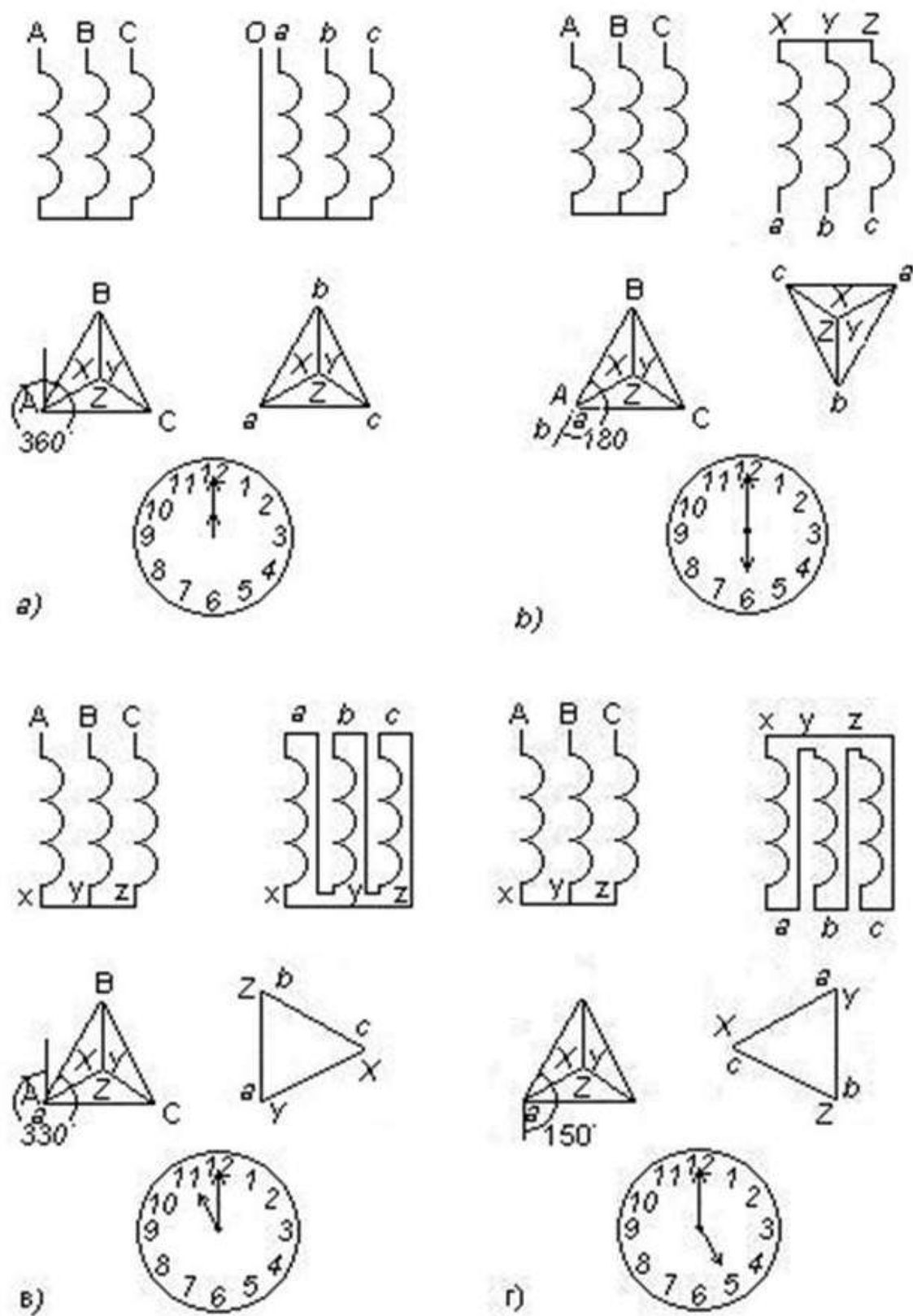
5.12. Уч фазали трансформатор.

Уч фазали ток кучланишини ўзгартиришга мўлжалланган статик электромагнит аппарат уч фазали трансформатор дейилади. Бундай трансформаторнинг уч стерженли берк пўлат ўзакка урнатилган бирламчи ва иккиламчи уч фазали чулғамлари юлдуз ёки учбурчак схемаларида уланади уч фазали трансформаторни учта бир фазали трансформаторга гурухидан ҳам мумкин. Бир фазали трансформаторга тааллуқли мулохазаларни (симметрик юкламада) уч фазали трансформаторга ҳам қўллаш мумкин



5.7-Расм

5.13. Уланиш группаси.



Чулғамаларнинг уланиш схемалари		Вектор диаграммалари		Шартли белгилар
Ю.К.	П.К.	Ю.К.	П.К.	

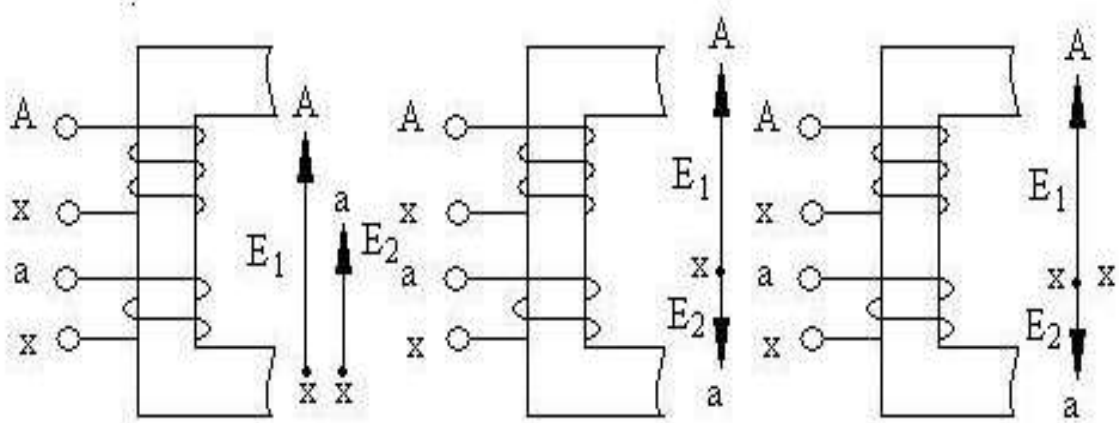
5.8-Расм

Параллел ишлашга уланувчи уч фазали трансформаторларнинг чулғамларини уланиш группаси бир хил булиши керак. 5.8- расмда трансформаторнинг юкори ва паст кучланишли чулғамларини уланиш схемалари, вектор тасвирлари ва . уланиш группаси га доир чизма хамда уларнинг шартли белгиларн кўрсатилган. Трансформатор чулғамларининг уланиш усуллари уланиш группаси билан аниқланади ва рақамлар билан белгиланади. Бу рақамлар юкори ва паст кучланишли чулғамларнинг линия кучланиши векторлари орасидаги бурчакни ифодалайди ва уланиш группаси . номерини белгилайди. Агар вектор тасвирига биноан, юкори кучланишли чулғамга тегишли линия кучланиши векторини 12 сони томон йўналган минутлар стрелкаси билан ифодалаб, паст кучланишлига тегишлиси соатлар стрелкаси билан ифодаланса. соатлар милининг кўрсатган сони уланиш группасининг номери булади.5. 8-

расм, а да, трансформаторнинг 12- уланиш группасига доир схема, тасвир ва шартли белги кўрсатилган. Агар бундай уланишли трансформатор паст кучланишли чулғамининг бош ва охирлари ўзаро алмаштирилса, 5.8- расм, б да кўрсатилган уланиш группаси олинади. Трансформатор чулғами учун шартли равишда боши ва охири тушунчаси қабул қилинади ва ундан чулғамларни туғри улашда фойдаланилади. Дарҳақиқат, агар бирламчи ва иккиламчи чулғамлар пўлат стерженга нисбатан бир хил томонга ўралиб, чулғамнинг юқори томонидаги учини унинг боши, паст томонлагисини унинг охири деб қабул қиласа у ҳолда бу чулғамларнинг бир хил магнит оқими билан кесилишидан ҳосил бўлган ЭЮК векторларининг фазаси ўзаро мос бўлади (5.9- расм, а)., Агар бу чулғамлар қарама-қарши, томонга ўралса, улардаги ЭЮК векторлар ҳам ўзаро қарама-қарши йуналади (5.9-расм, б). Агар чулғамлар бир томонга ўралиб уларнинг бирини юқори ва пастки учларининг белгилари ўзаро алмаштирилса, бу чулғамлардаги ЭЮК векторлари яна қарама-қарши йўналган бўлади (5.9-расм, в). 5.9-расмда чулғам боши и охири тушунчасига оид чизма кўрсатилган

5.14. Трансформатор чулғамларининг уланиш схемалари.

Трансформаторнинг юқори кучланишли чулғами одатда юлдуз (Y) схемасида уланади. Бунда фаза чулғамининг изоляцияси электр тармоғидагига нисбатан $\sqrt{3}$ марта паст кучланишга ҳисобланади.



5.9-расм

Паст кучланишли чулғам эса кўпинча учбурчак (Δ) схемасида уланади. Бунда фаза чулғамидаги ўтадиган ток қиймати линиядагига нисбатан $\sqrt{3}$ марта та кичик бўлади. Демак, Y/Δ схемаси асосида яратилган трансформатор нархи Δ/Y схемадаги трансформаторга нисбатан анча арзон. Чулғамларнинг Y/Y схемаси кўпинча кичик қувватли (2500 кВа гача) трансформаторларда учратилади. Бунда истёъмолчига икки хил кучланиш бериш имкони бўлади. Аммо, бу уланиш магнит оқимининг учинчи гармоникасидан қўшимча исрофи ҳосил бўлади. Магнит оқимидаги учинчи гармоникани йўқотиш учун чулғамлардан бирини учбурчак схемасида улаш керак. Шу сабабли ҳам трансформатор чулғамлари кўпинча Y/Δ схемада уланади.

5.15. Уч фазали трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти

Бундай трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентининг қиймати K ҳам салт ишлаш режимидан аникланади: $K = \frac{U_{AX}}{U_{ax}}$. Бунда

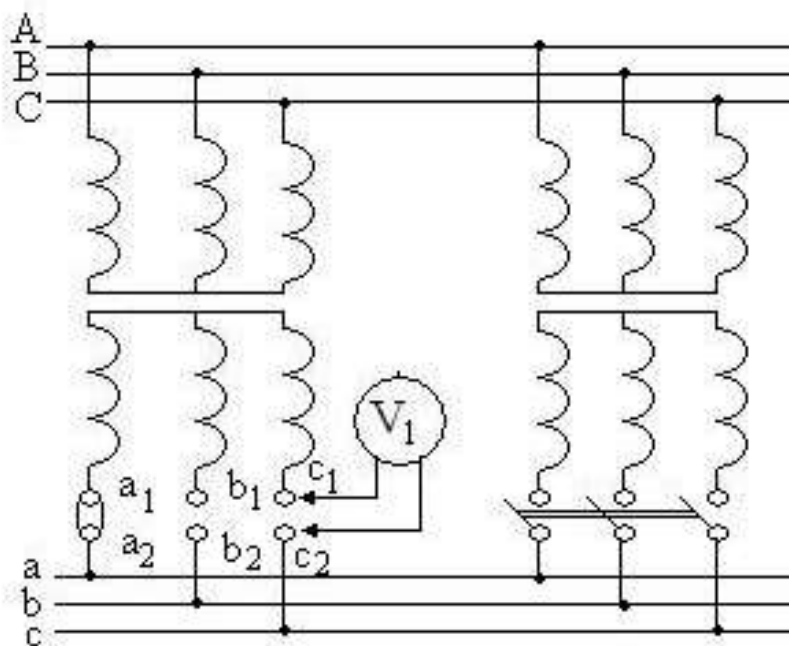
U_{AX} , U_{ax} тегишлича юкори ва паст кучланишли чулғамларнинг бир

хилдаги фазасига тегишли фазавий кучланишлар. Агар трансформатор чулғамлари Y/Y схемасида уланса, линия кучланишларининг нисбати

$$K = \frac{U_{AB}}{U_{a\phi}} = \frac{U_{BC}}{U_{uc}} = \frac{U_{CA}}{U_{cf}} ; \quad Y/\Delta \quad \text{да} \quad \sqrt{3} K; \quad \Delta/Y \quad \text{да} \quad \Delta/\Delta \quad \text{да эса} K \text{ бўлади}$$

5.16. Трансформаторларнинг параллел ишлаши.

Трансформаторнинг куввати истеъмолчиларга етарли бўлмаса ёки узатилиши керак бўлган кувват трансформаторникида катта булса икки ва ундан кўп трансформаторларнинг параллел ишлашидан фойдаланилади. Бунда трансформаторларнинг бирламчи чулғамлари бир электр тармоғига уланса, иккиламчилари бошқага уланади. 5.10-расмда иккита уч фазали трансформаторнинг параллел ишлашга уланиш схемаси кўрсатилган



5.10-расм

Параллел ишлашга уланувчи трансформаторлар параллел ишлаш шартлариг кўра бир хил уланиш группасида бўлишлари,

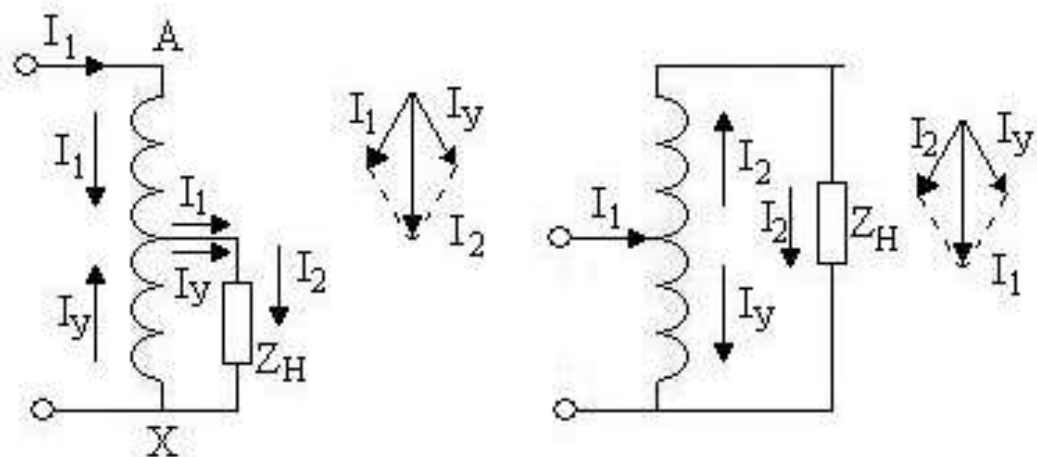
уларнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг номинал кучланишлари ҳамда бу чулғамлардаги актив ва индуктив кучланиш тушувлари ёки уларнинг қисқа туташув кучланишлари ўзаро тенг булиши керак. Шунингдек, параллел ишлашга уланувчи трансформатор қувватларининг ўзаро нисбати учдан ортиқ бўлмаслиги керак. Бу параллел ишлаш шартларига риоя қилинганда ҳар бир трансформаторга тақсимланадиган юклама унинг қувватига пропорцио акс ҳолда трансформаторлар чулғамидан кўшмча (тенглаштирувчи) тоқлар ўтади ва авария содир бўлади.

5.17. Махсус трансформаторлар

Махсус мақсадлар учун белгиланган трансформаторлар махсус трансформаторлар дейилади. Уларнинг ишлаш йўриғи ҳам, электромагнит индукцияси қонунига асосланган. Махсус трансформаторлар қаторига автотрансформатор, пайвандлаш трансформатори, ўлчаш трансформатори ва шу каби махсус тузилишга эга бошқа трансформаторлар киради.

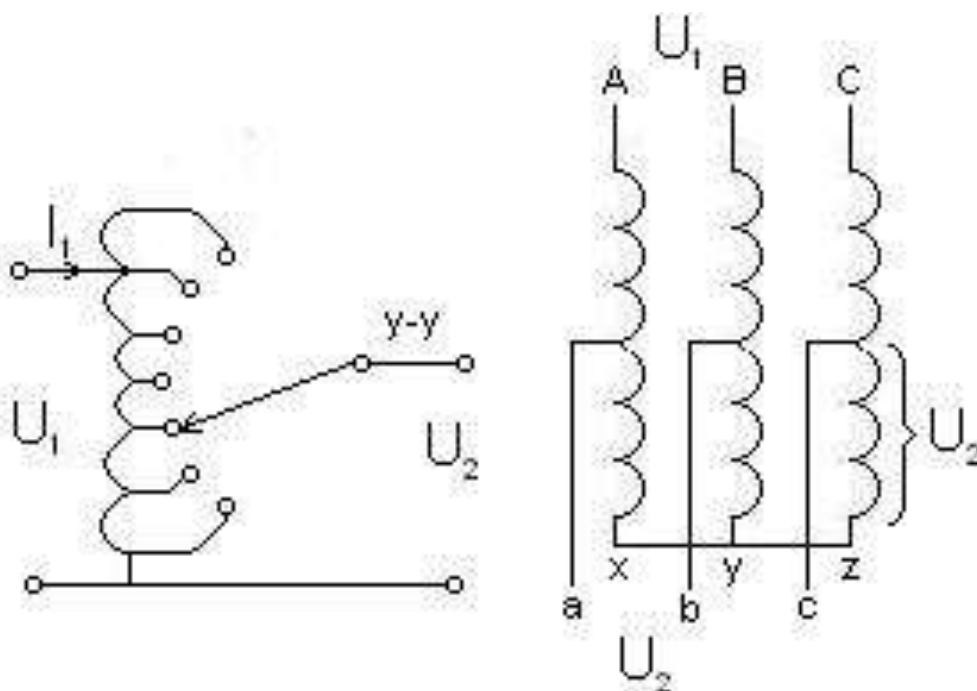
5.18. Автотрансформатор.

Берк занжирли пўлат ўзакка ўралган битта чулғамли трансформатор автотрансформатор дейилади. Автотрансформатор ҳам оддий трансформатор сингари берилган кучланишни кучайтириш ёки пасайтириш учун ишлатилади. Кучайтирувчи автотрансформаторда бирламчи чулғам вазифасини иккиламчи чулғамнинг бирор қисми бажаради пасайтирувчи трансформаторда эса иккиламчи чулғам вазифасини бирламчи чулғамнинг бирор қисми бажаради. 5.11-рasm, а — пасайтирувчи. б да кучайтирувчи автотрансформатор схемаси курсатилган.



5.11-расм

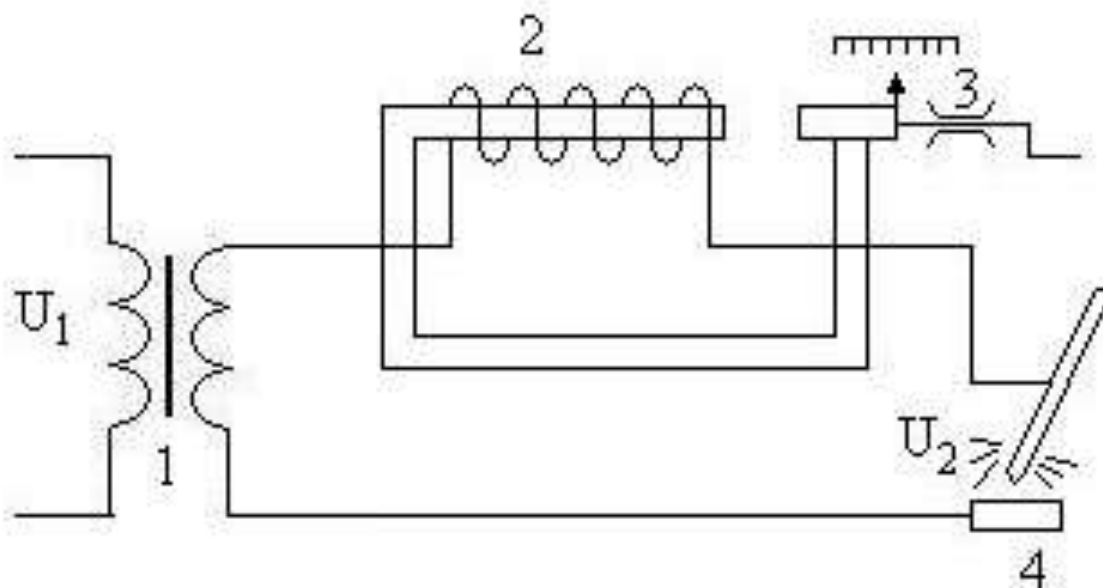
Автотрансформаторлардан катта кувватли асинхрон ва синхрон моторларни ишга туширишда ишга тушириш тоқларини камайитиш мақсадида фойдаланилади 5.12- расмда лабораториялар ва маиший хизмат корхоналарни ишлатиш учун кулай бўлган ва кенг тарқалган бир ва уч фазали лаборатория автотрансформатор (қисқача — латр) ларининг схемалари кўрсатилган. Автотрансформаторнинг трансформациялаш коэффициентини $K = 1, 25 \div 2$ чегарасида бўлади. Агар $K > 2$ қилинса, автотрансформатор тежамсиз бўлади. Бирламчи ва иккиламчи чулғамлари ўзаро электр боғланганлиги сабабли автотрансформатор дан намлиги катта хоналарда $12 \div 24$ В кучланиш олиб ишлатиш ман этилади.



5.12-расм

5.19. Пайвандлаш трансформатори

Электр тармоғидаги кучланишни салт ишлаш режимида 60—70В гача пасайтириб берадиган ва пайвандлаш учун зарур катта токка мўлжадланган бир фазали трансформатор пайвандлаш трансформатори дейилади. 5.13-расмда пайвандлаш трансформаторининг принципиал схемаси кўрсатилган. Унда пайвандлаш токининг кийматини ростлаш учун индуктив қаршилиги ростланаган дросселдан фойдаланилади. Дросселнинг пўлат ўзаклари орасидаги хаво оралиғи оширилса, унинг чулғамидаги индуктив қаршилик камаяди, пайвандлаш токи эса кўпаяди ва аксинча.



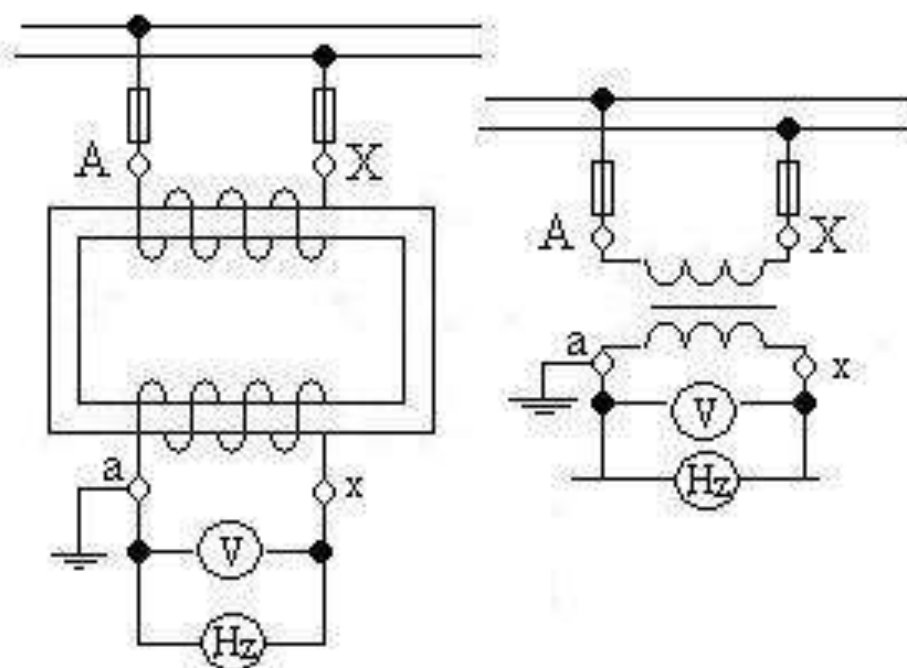
5.13-расм

Ҳозирги пайтда ток қийматини ростловчи дросселли трансформатор кожухининг ичига урнатилган СТАН-1 типигаги пайвандлаш трансформатори кенг тарқалган. Бундай трансформаторнинг қуввати 22 КВА, пайвандлаш токининг ростлаш диапазони $60 \div 480$ А бирламчи кучланиш $220 \div 380$ В фойдали иш коэффициенти 0.83, қувват коэффициенти 0.52, массаси 185 кг.

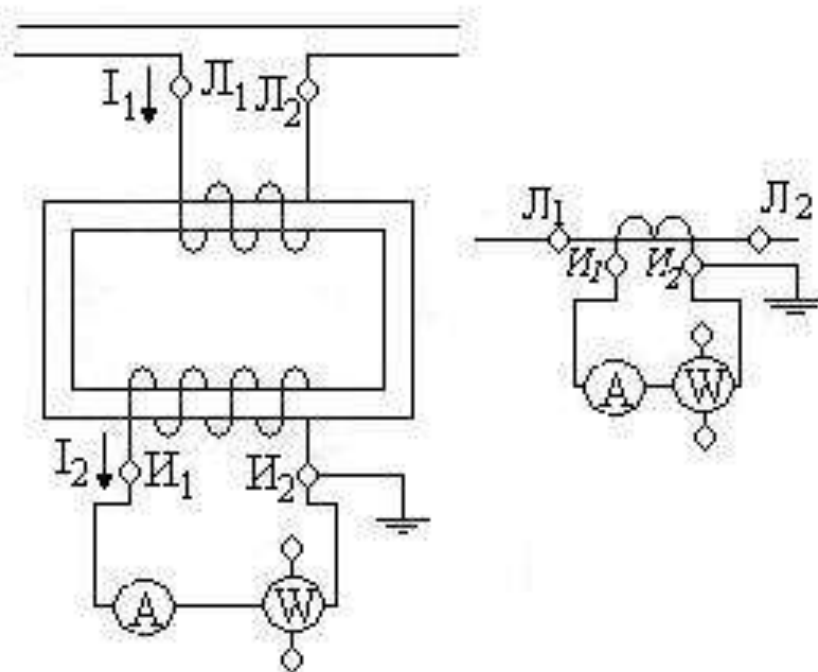
5.20. Ўлчаш трансформаторлари.

Электр тармоқларидаги юқори кучланишни ва катта қийматли тоқларни пасайтириб берувчи трансформаторлар ўлчаш трансформатордари дейилади. Бундай трансформаторлардан релели химоялаш ва автоматик контрол занжирларида ҳам кенг фойдаланилади. Юқори кучланишли қурилмаларда ўлчаш трансформатордаридан фойдаланиш ўлчаш асбобларининг ҳамда хизмат қилувчи ходимларнинг хавфсизлигини таъминлайди. Кучланишни пасайтириш учун белгиланган ўлчаш трансформаторлари кучланиш трансформатори, токни пасайтирувчи трансформаторлар эса ток трансформатори деб аталади. 5.14-расм, *а* да кучланиш трансформаторининг, *б* да ток трансформаторининг! принцинал схемалари ва шартли белгилари

кўрсатилган.



a)



б)

5.14-расм

5.21. Қурилиш бош подстанциясининг схемаси.

Подстанция элементларининг уланиш схемаси деб элементларнинг чизмадаги график тасвири ва элементлар орасидаги боғланишларни кўрсатилишига айтилади.

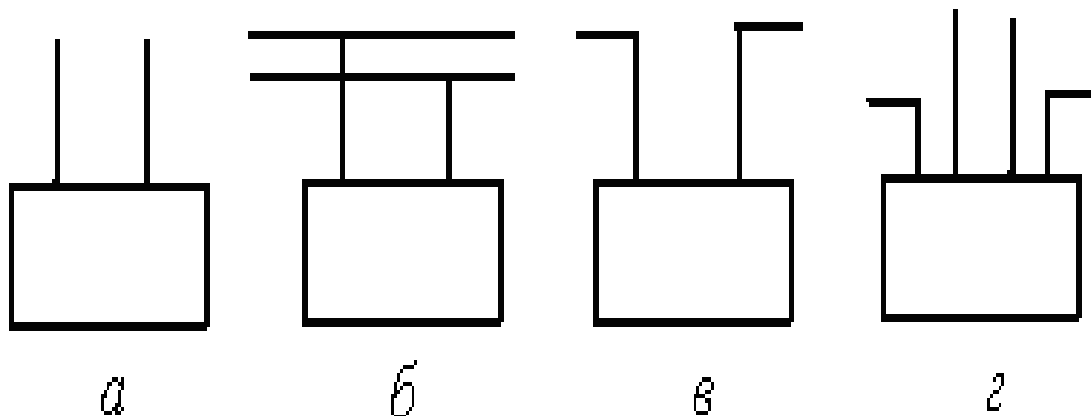
Подстанция электр уланишларининг асосий схемаси деб асосий жихозлар тўплами ва элементлар орасидаги бажарилган ҳамма физик уланишларга айтилади.

Подстанцияларнинг схемаларига қуйидаги талаблар қўйилади:

- истеъмолчиларнинг электротаъминотида схема зарур ишончлилиги таъминлаши керак;
- схема оддий ва эксплуатация учун қулай бўлиши керак;
- схема корхонанинг ривожланишига йўл қўядиган бўлиши керак нагруканинг ўсишини ҳисобга олган ҳолда тармоқни тубдан реконструкция қилмасдан;
- схема авария режимлари пайтида электрожихозларнинг ишончли ҳимоясини ва токнинг автоматик тикланишини таъминлаши керак;
- асосий элементларнинг бирортаси (трансформатор, электроузатиш линияси) авария натижасида ишдан чиққан пайтда истеъмолчиларнинг электротаъминотини таъминлаши керак, бу пайтда ишда қолган элементлар ўчиб қолган элемент нагрукасини тўла ёки қисман ўз зиммаларига олишлари керак авариядан кейинги режимдаги йўл қўйиладиган перегружкани ҳисобга олган ҳолда;
- ремонт ва аварияга қарши ишлар ўтказиш учун схемада баъзи элементларнинг резервланишлари бўлиши керак;

Электротаъминотнинг ишончилиги ва бeтўхтовлик даражаси бўйича электроэнергия истеъмолчиларининг категорияси схема танлашга таъсир кўрсатади. Подстанция ишончилиги, электротаъминот системасининг ишончилиги каби, мустақил манбалар сони ва подстанция схемаси билан аниқланади.

1 категориядаги электроприёмниклар иккита мустақил манбалардан электроэнергия билан таъминланишлари керак, бу манбалар бир-бирларини резервлаб туришлари лозим. Бирор манбадан олинаётган электротаъминотдаги танаффус таъминланишнинг бошқа манбадан автоматик тикланиши вақтигагина йўл қўйилади.



5.15-расм. Трансформатор подстанцияларнинг турлари: а – тупик, б – тармоқлантирувчи, в – ўтилувчи, г – тугунсимон.

Мустақил манбаларга битта ёки иккита подстанцияларнинг, тақсимлаш мосламаларининг шиналар системалари ёки секциялари киради.

2 категориядаги электроприёмниклар, қоида бўйича, иккита мустақил манбадан электроэнергия билан таъминланадилар, бунда электротаъминотдаги йўл қўйиладиган танаффус оператив йўл билан (операторнинг ёқиши) резерв манбани ёқиш учун зарур бўладиган вақтга тенг бўлади.

3 категориядаги электроприёмникларнинг электротаъминоти битта манбадан амалга оширилиши мумкин, агар зарарланган элементнинг ремонтини ёки алмаштирилиши билан боғлиқ болган тиклаш ишлари 1 суткадан кўп вақтни талаб қилмаса.

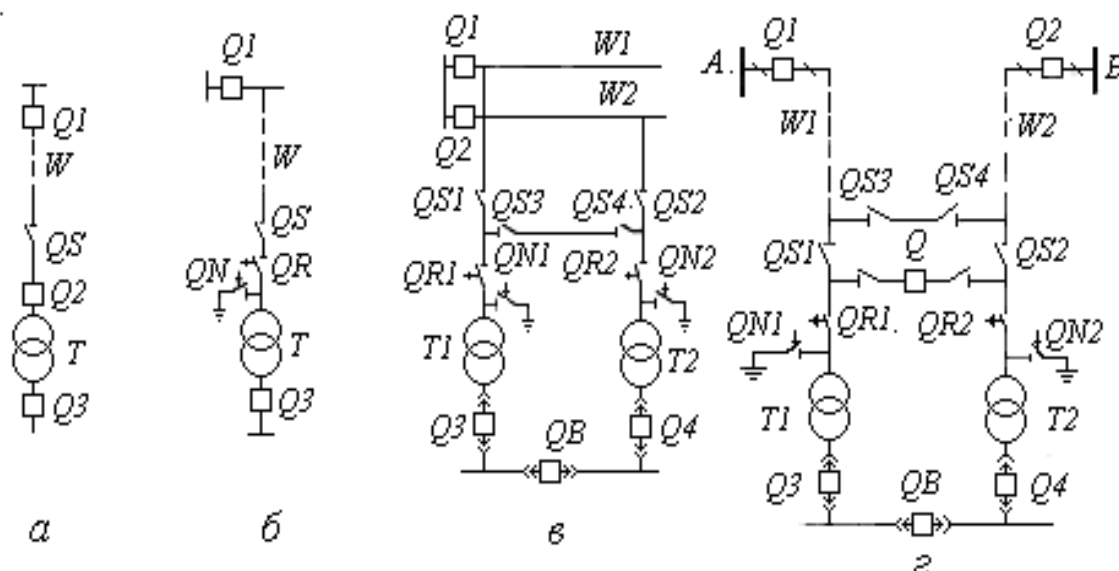
Бош пасайтирувчи подстанциялар (БПП) таъминловчи линияларга уланиш усули бўйича тўрт турга бўлинадилар: тупик,

тармоқлантирувчи, ўтилувчи ва тугунсимон. БПП ларнинг таъминланиши битта ёки иккита линиялардан амалга оширилиши мумкин. Икки трансформаторли подстанциялар иккита линиядан таъминланишлари керак. Таъминловчи линиянинг охирига уланадиган ТП тупик подстанция деб аталади. Битта ёки иккита ўтувчи линияларга уланадиган ТП тармоқлантирувчи деб аталади. Ўтилувчи подстанция битта ёки иккита таъминловчи линияларнинг кесилган жойига уланади. Тугунсимон (тақсимловчи) подстанцияда таъминловчи линиялар иккитадан кам бўлмайди ва бир неча худди шундай кучланишдаги чиқувчи линиялари бўлади.

Ўтилувчи ва тугунсимон подстанциялар орқали бошқа ТП ларга электроэнергия транзити амалга оширилади. Қишлоқ хўжалик районларида, асосан, тупик тармоқлантирувчи ва ўтилувчи подстанциялар қўлланилади.

Қоида бўйича, ТП ларнинг паст кучланиш шиналари секцияланган қилиб ясалади. Шиналарнинг секциялари орасида секция виключатели ўрнатилади ишончлилиқни ошириш мақсадида. Секцияларнинг биттасида авария бўлганида ва ремонт ишлари бажарилганда иккинчи секция ишда қолади.

5.16-расмда БПП ларнинг схемалари келтирилган. Қоида бўйича, улар энергосистема тармоқларидан схема блок “линия-трансформатор” бўйича таъминланади. Таъминловчи линиядан Т трансформаторни Q2 виключатель билан узиб қўйиш мумкин (5.16-расм. а).



5.16-расм. 35-220кВ бирламчи кучланишда йиғма ишинарсиз подстанцияларнинг схемалари. а – виключателли подстанция; б – қисқатуташирғичли ва отделителли подстанция; в – икки трансформаторли тармоқлантирувчи подстанция; г – иккитарафлама таъминланишли подстанция: Q, Q1-Q4, QB – виключателлар; QS, QS1-QS4 – разъединителлар; QR1, QR2 – отделителлар; QN1, QN2 – қисқатуташирғичлар; W, W1, W2 – электроузатиш линиялари; T, T1, T2 – трансформаторлар.

Трансформаторни қисқа туташувлардан ҳимоя қилиш мақсадида 35кВ кучланишда Q2 виключатель ўрнига предохранителлар қўлланилиши мумкин. Кўп ҳоллар учун узоқ вақт виключатель ўрнатиш иқтисодий томондан фойдали эмас деб ҳисобланади. Трансформаторни ремонтга чиқариш зарур бўлганида уни район подстанциясидаги Q1 виключатель билан узиб қўйиш ва таъминловчи линиядан разъединитель QS билан ажратиб қўйиш мумкин (5.16-расм.б). Кўпчилик трансформаторларни таъминловчи линиядан разъединитель билан ажратиш мумкин паст кучланиш томонидаги Q3 виключатель билан нагрузка улардан олиб ташлангандан кейин район подстанциясидаги Q виключателни ўгирмасдан. Виключатель ўрнига

қисқатуташтиргич QN ва отделитель QR ўрнатилади. Нормал режимдаги трансформаторни ўчириш учун паст кучланиш (6-20кВ) томонидаги виключатель Q2 билан нагрукани ўчириш етарли, кейин эса отделитель QR билан трансформаторнинг магнитланиш токини ўчириш керак.

Юқори кучланиш томонида виключатель ўрнига қисқатуташтиргичлар ва отделителлар қўлланиладиган икки трансформаторли подстанция схемаси энг рационал ва етарлича ишончли ҳисобланади. Трансформатор ичида зарарланиш пайдо бўлганида реле ҳимояси ишга тушиб, қисқатуташтиргич юритмасининг занжирини улайди. Қисқатуташтиргич ёқилади ва линияда қиска туташув ҳосил қилади. Бу қиска туташув район подстанциясидаги виключателнинг реле ҳимоясининг ишга тушишини чақиради, виключатель линияни трансформатор билан бирга ўчиради. Битта линия зарарланганда ва у район подстанциясидаги виключатель билан ўчирилганда, туташтиргичдаги разъединителларни ёқиш ва иккита трансформаторнинг битта линиядан таъминланишини амалга ошириш мумкин.

5.1-расм. 2 да кўрсатилган икки томонлама таъминланишли схемада туташтиргичда Q виключатель ва ремонт туташтиргичида разъединителлари бор бўлиб, улар виключатель ревизияси пайтида электротаъминотнинг ишончилигини таъминлаб туради. Зарур бўлганда виключатель Q бошқа подстанцияларга қувват транзит қилинишини таъминлайди. Трансформаторларнинг занжирларида отделителлар ўрнатилади. Нормал режимда виключатель Q ёқилган, разъединитель QS3 ёки QS4 ўчирилган.

T1 трансформатор шикастланганда Q3 ўчирилади, QN1 ёқилади, Q ўчирилади, кейин эса А таянч подстанциядаги Q1 ўчирилади. Токсиз пауза пайтида QR1 отделитель ўчирилади, кейин Q1 ва Q2 ёқилади. Қувватнинг оқиб ўтиши бузилмаган, T1 трансформатор ўчирилган 6-20 кВ нинг истеъмолчилари T2 трансформатордан ток олинмоқда QВ

секция виключатели оркали. Битти линияда шикастланиш содир бўлганида, масалан W2 да, Q ўчирилади, кейин Б таянч подстанциядаги Q2 ўчирилади. Агар линиянинг автоматик қайта уланиши муваффақиятсиз бўлса, Q4 ўчирилади, ва резервнинг автоматик уланиши қурилмаси таъсирида QВ виключатель ёқилади. Шундай қилиб, истеъмолчиларнинг электротаяминоти бузилмайди. Q виключателни ревизия қилиш зарур бўлганида QS3 ва QS4 туташтиргич ёқилади, бу орқали қувватнинг оқиб ўтиши амалга оширилади. Агар климатик шароитлар бўйича отделителлар ва қисқатуташтиргичларнинг ўрнатилиши мумкин бўлмаса, трансформатор занжирида виключателлар қўлланилади. Техника – экономик далиллар билан тасдиқланган ҳолдагина виключателлар қўлланилади. Виключателларнинг ишончилиги юқорироқ бўлганлиги сабабли келажакда 35-110/6-10 кВ подстанцияларда трансформаторнинг юқори кучланиши томонида фақат виключателлар ўрнатилади.

5.22. Подстанциялардаги очик тақсимлаш мосламалари.

35-110 кВ кучланишли подстанцияларнинг тақсимлаш мосламалари, қоида бўйича, очик ҳолда қурилади. Улар ишнинг ишончилигини, жиҳозлар билан ишлаш хавфсизлиги ва қулайлигини таъминлаб беришлари керак, уларни қуришда минимал ҳаражатлар бўлиши керак. Очик тақсимлаш мосламаларида (ОТМ) трансформаторлар ўрнатилади, схемага мувофиқ ҳолда коммутацион, ҳимоя ва контрол қилиши аппаратлари қўлланилади. ОТМ да виключателлар, разъединителлар, ток ва кучланиш трансформаторлари, разрядниклар қўлланиши мумкин. ОТМ ни арзонлаштириш мақсадида подстанцияларнинг кўпчилигида виключателлар қисқатуташтиргичлар ва отделителлар билан алмаштирилади. ОТМ нинг ҳамма аппаратлари баланд бўлмаган металл ёки темирбетон асосларга ўрнатилади.

Трансформаторлар бетонланган ёки асфальтланган майдончаларда фундаментлар устида ўрнатилади. Майдончаларни ёпиқ тақсимлаш қурилмасидан чет томонга қараган қиялик билан тайёрлайдилар сувни олиб кетиш мақсадида ва шағал ёки чиғаноқтош қатлами билан қоплайдилар сув фильтрациясини таъминлаш ва ўсимликлар ўсишини олдини олиш мақсадида. Трансформаторлар ва трансформатор ёғи ишлатиладиган аппаратлар тагига маслоприёмниклар ўрнатилиши керак, уларнинг қиялиги еса маслосборник томониги қаратилган бўлиши керак. Ётқизиладиган шағал қатлами қалинлиги 25см дан кам бўлсамлиги керак. Шағал ётқизилган жой юзаси трансформатор юзасидан кам бўлмаслиги керак.

Аппаратлар тагидаги асослар ва таянч конструкциялар тагидаги фундаментлар шағал тўкилган сатҳдан камида 20 см кўтарилган бўлишлари керак. П- ёки Т-симон металл ёки темирбетон таянч конструкциялар асосий қурилиш иншоотлари бўладилар. Подстанцияларни таъминлаш иккизанжирли ёки иккита радиал линиялар бўйлаб амалга оширилади. Таъминловчи линиялар парталларга келадилар. Токўтказгичларни маҳкамлашга мўлжалланган таянч конструкциялар шамол ва муздан симларнинг биртарафлама оғирлашишини ҳисобга олган ҳода қурилади.

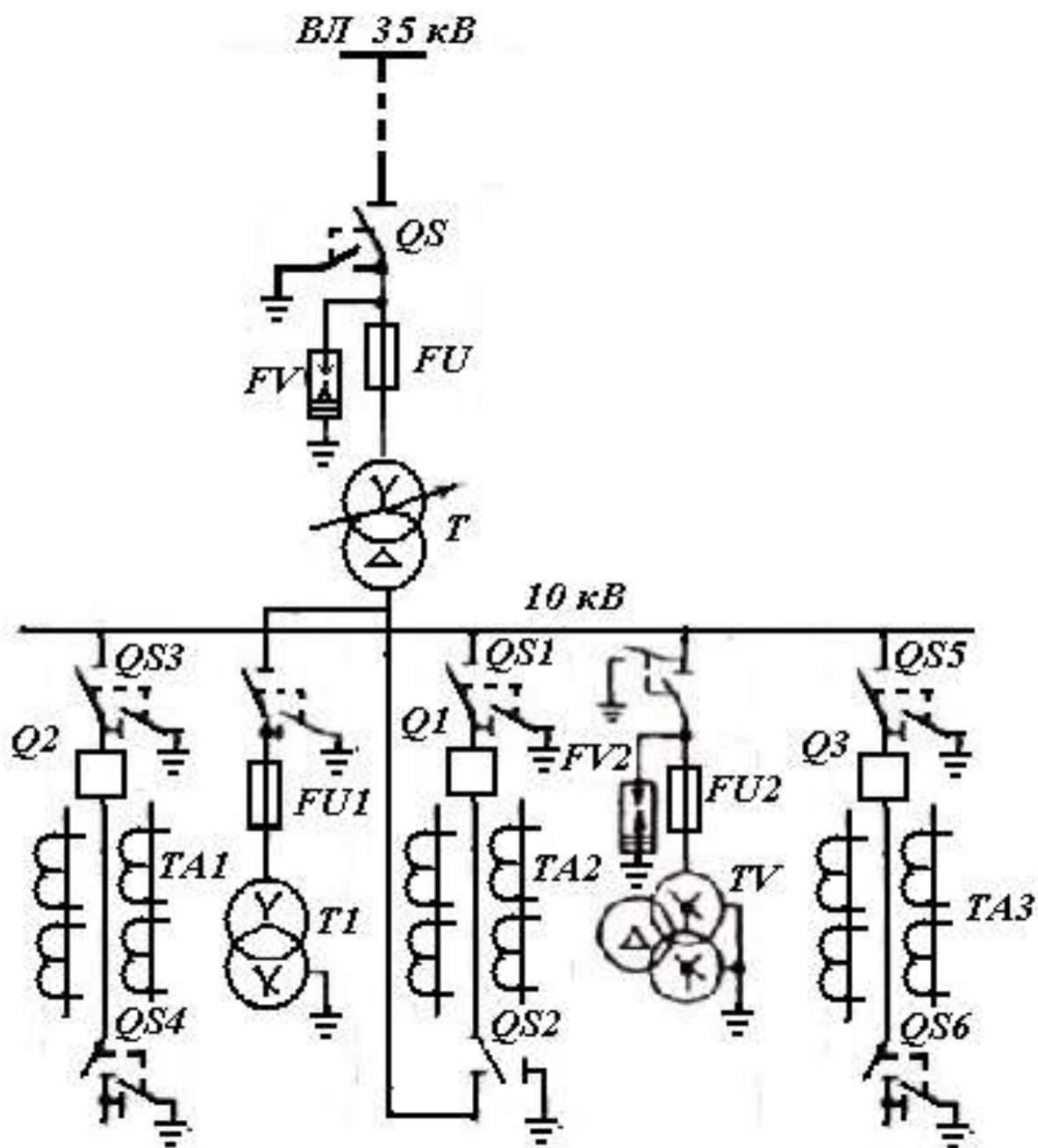
ОТМ даги шиналаш кўпсимли симлардан тузилган бўлиб эгилувчан бўлиши мумкин ёки турли кесимли шиналардан иборат бўлиб қаттиқ бўлиши мумкин. Эгилувчан шиналар осма изоляторлар ёрдамида маҳкамланади, қаттиқ шиналар эса таянч изоляторларда маҳкамланади.

Подстанцияларни лойиҳалаш ва қурида ҳамма жиҳозларни шундай жойлаштириш керакки, жиҳозларни монтаж қилишда, хизмат кўрсатишда ва ремонт қилишда юккўтариш механизмларини ишлатиш мумкин бўлсин, жиҳозларни олиб келиш ва олиб кетиш учун автотранспорнинг кириши мумкин бўлсин. Катта қувватли подстанцияларда трансформаторларнинг ревизияси ва ремонти учун

ёпиқ майдонча бўлиши мумкин. ОТМларда момақалдирок разрядларидан ҳимоя қилиш мосламалари, яшин қайтаргич ва разрядниклар ўрнатилади. Подстанциянинг ҳамма жиҳозлари ерга уланиши керак.

Контрол занжирлари кабеллари ва коммутацион аппаратларни бошқариш кабеллари конструктив ва таянч элементлар орқали лотокларда тортиб ўтилади ОТМ ғов ёки девор билан ўралиши керак. Электроқурилмаларни тузиш қоидалари [8] талабларига биноан ток олиббуровчи қисмлар орасидаги масофалар ва улардан турли мосламаларгача масофалар 8.1-жадвалга асосан танлаб олинадилар.

Агар изолятордан планировка сатҳигача баландлик 2,5м дан кам бўлса, трансформаторлар ва аппаратларни тўсиқ билан тўсиш керак. Тўсиқ баландлиги 2м бўлган тўр ёки баландлиги 1,2м бўлган барьер кўринишда бўлиши мумкин. Трансформаторлар орасидаги масофа уларнинг қувватига боғлиқ ва 1,25м дан кам бўлиши мумкин эмас. ЁТМ биносининг оловга чидамли девори билан трансформатор орасидаги масофа 0,8м дан кам бўлмаслиги керак. 5.17-расмда ОТМли ва ташқарида ўрнатиладиган комплект тақсимлаш мосламаси (ТКТМ) ли битта трансформаторли комплект трансформатор подстанция КТП 35/10 кВ нинг бирламчи уланишларининг схемаси келтирилган. 8.4-расмда унинг конструкцияси.



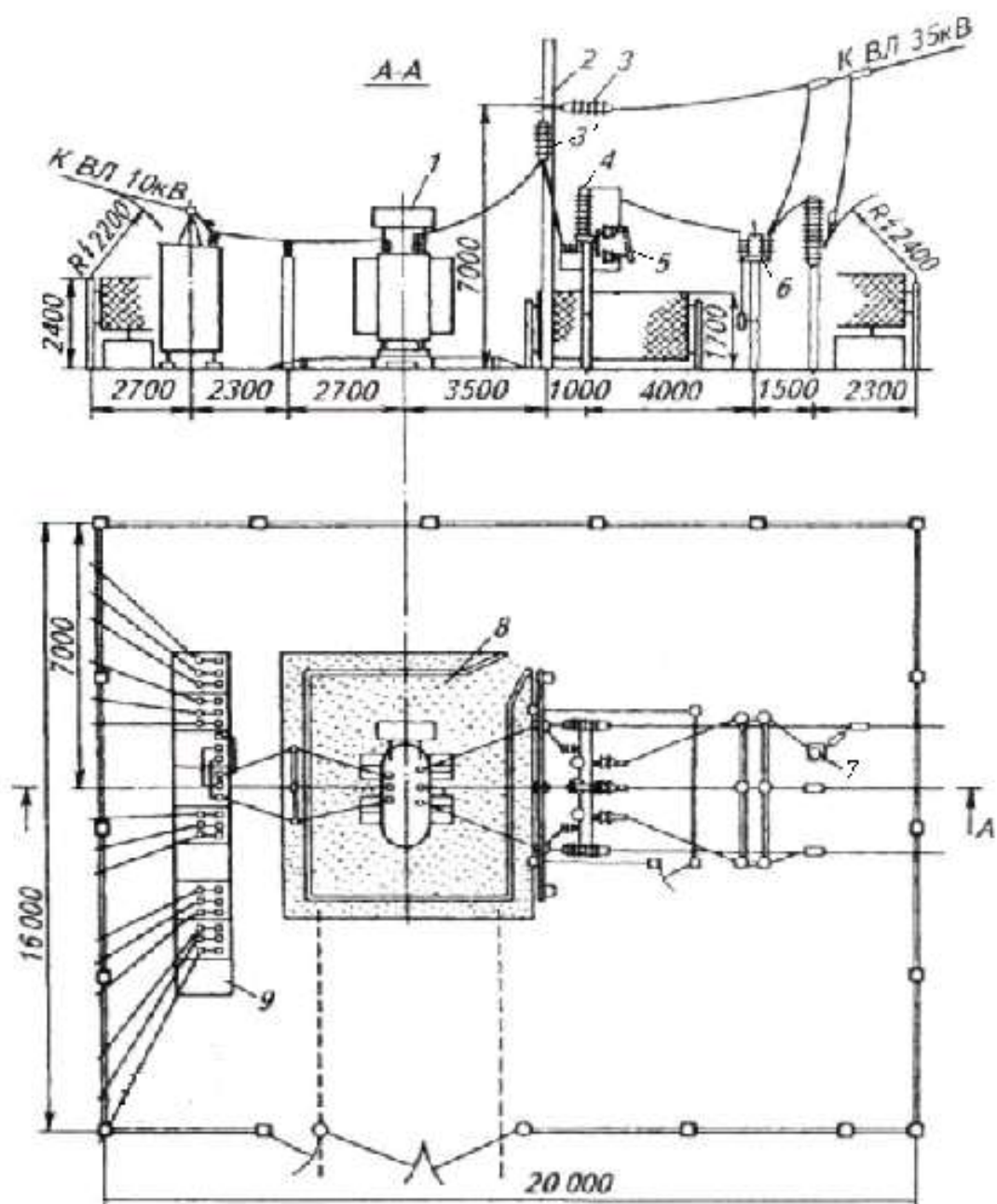
5.17-расм. Қуввати 630-1000кВА бўлган тупик битта трансформаторли подстанция КТП 35/10кВ нинг бирламчи уланишларининг схемаси: Q1- Q3- вкључателлар; QS, QS1 –QS6 – разъединителлар; FU, FU1- предохранителлар; FV,FV2 – разрядниклар; T – трансформатор; T1-шахсий эхтиёжлар трансформатори; TA1-TA3 – ток трансформаторлари; TV – кучланиш трансформатори.

T трансформаторнинг ёқилиши ва ўчирилиши учун ОТМ 35кВ да оддий коммутацион аппаратлар бўлишини схема назарда тутади: ерга

уловчи пичоқлари бор разъединитель QS, қисқа туташувдан ҳимоя қилиш учун ҳар бир фазада FU предохранителлар, ҳаддан ошиқ кучланишдан ҳимоя қилиш учун разрядник FV. ТКТМ да шина ва линия разъединителлари QS1- QS6 билан биргалика виключателлар Q1, Q2, Q3 лар ҳам ўрнатилади. Схема шахсий эҳтиёжлар трансформатори (ШЭТ) Т1 нинг ўрнатилишини назарда тутди, шунингдек ўлчов учун кучланиш трансформатори TV ва ток трансформаторлари ТА1-ТА3 электротаъминот системаси параметрларини ўлчаш учун.

Трансформатор подстанциясига 35 кВ ли ҳаво линияси симлари олиб келинади ва изоляторлар 3 орқали қабул портали 2 га маҳкамланади. Кучланиш ҳаво линиясидан трансформатор 1га разъединитель 6 ва предохранитель 5 орқали узатилади. Предохранитель 5 қисқа туташувдан ҳимоя қилиш учун мўлжалланган. Ҳаддан ошиқ кучланишлардан ҳимоя қилиш учун разрядник 7 мўлжаллаб қўйилган. Трансформатор 1 тўкилган шағал 8 устидаги фундаментга ўрнатилган. Трансформатор 1 дан кучланиш ташқаридан ўрнатиладиган комплект тақсимлаш мосламаси 9 ТКТМ га узатилади, бу ердан эса электроэнергия 10кВли кетаётган линияларга тақсимланади.

ШЭТ 10/0,4кВ кучланишга ва 25-63 кВА қувватга эга. ШЭТ қувватига қараб ЁТМ (ТКТМ) ичидаги шахсий эҳтиёжлар шкафида ёки ОТМ территориясида очик ҳолда ўрнатилиши мумкин. Подстанциянинг шахсий эҳтиёжлари приемникларига бошқаришнинг оператив занжирлари, реле ҳимояси ва автоматиканинг оператив занжирлари, алоқа ва телемеханика системаси, устахонанинг механик жиҳозлари, ёритиш, ўт ўчириш системаси киради.



5.18-расм. Қуввати 630 – 1000кВА бўлган битта трансформаторли тупик подстанция КТП 35/10 кВ: 1 – трансформатор; 2 – портал; 3,3 – изоляторлар; 4 – кучланиш трансформатори; 5 – предохранитель; 6 – разъединитель; 7 – разрядник; 8 – фундамент; 9 – тақсимлаш мосламаси

5.23. Ёпиқ тақсимлаш мосламалари

БПП дан олинган электроэнергияни 6-20кВ кучланишда истеъмолчиларнинг подстанцияларига, тақсимлаш пунктларига ва алоҳида электроприёмникларга тақсимлаш учун район подстанцияларидаги тақсимлаш мосламалари барпо қилинади. Жихозларни ичкарида ўрнатиш учун улар ёпиқ (ЁТМ) ва ташқарида ўрнатиш учун очик (КРУН) бўлиши мумкин. ЁТМ хизмат кўрсатиш учун ва ремонт қилиш учун қулай ва ҳавфсиз бўлиши керак. Токолибборувчи қисимлар камераларга жойлаштирилган бўлиши ёки уларга беҳосдан тегиб кетмаслиги учун ишончли қилиб тўсиб қўйилиши керак. Тўсик яхлит ёки тўрдан бўлиши мумкин. Кўпинча аралаш тўсик қўлланилади. Яхлит қисмида каммутацион аппаратларининг юритмалари маҳкамлаб қўйилади, тўр тўсик орқали эса жихозларни кузатиши мумкин. Тўр катакларининг ўлчамлари 24x25мм дан кўп бўлмасликлари керак. Тўсиклар ёки камераларнинг эшикчалари қулоф билан қулфланиб қўйилишлири керак. ЁТМ биносининг ичида жихозлар бир ёки икки қатор қилиб жойлаштирилиши мумкин. Кузатиш зонасининг эни жихозлар бир қатор қилиб жойлаштирилганда 1м дан кам бўлсамлиги ва икки қатор қилиб жойлаштирилганда 1,2м дан кам бўлсамлиги керак. Агар кузатиш зонасида коммутацион аппаратларининг юритмалари жойлаштирилган бўлса кузатиш зонасининг кенглиги мос равишда 1,5 м ва 2,0 м дан кам бўлмаслиги керак.

Тақсимлаш мосламалари бир тарафдан хизмат кўрсатиш камералари ёки комплект тақсимлаш мосламалари КТМ шикафларидан (ячейкаларидан) комплектланади. Камералар таркибига шина ва линия разъединителлари бор бўлган виключателлар киради. КТМ ячейкалари ғилдираб чиқадиган аравачали виключателлар билан комплектланади. Разъединителлар ўрнига тикма контактлар қўлланилади, бу тикма

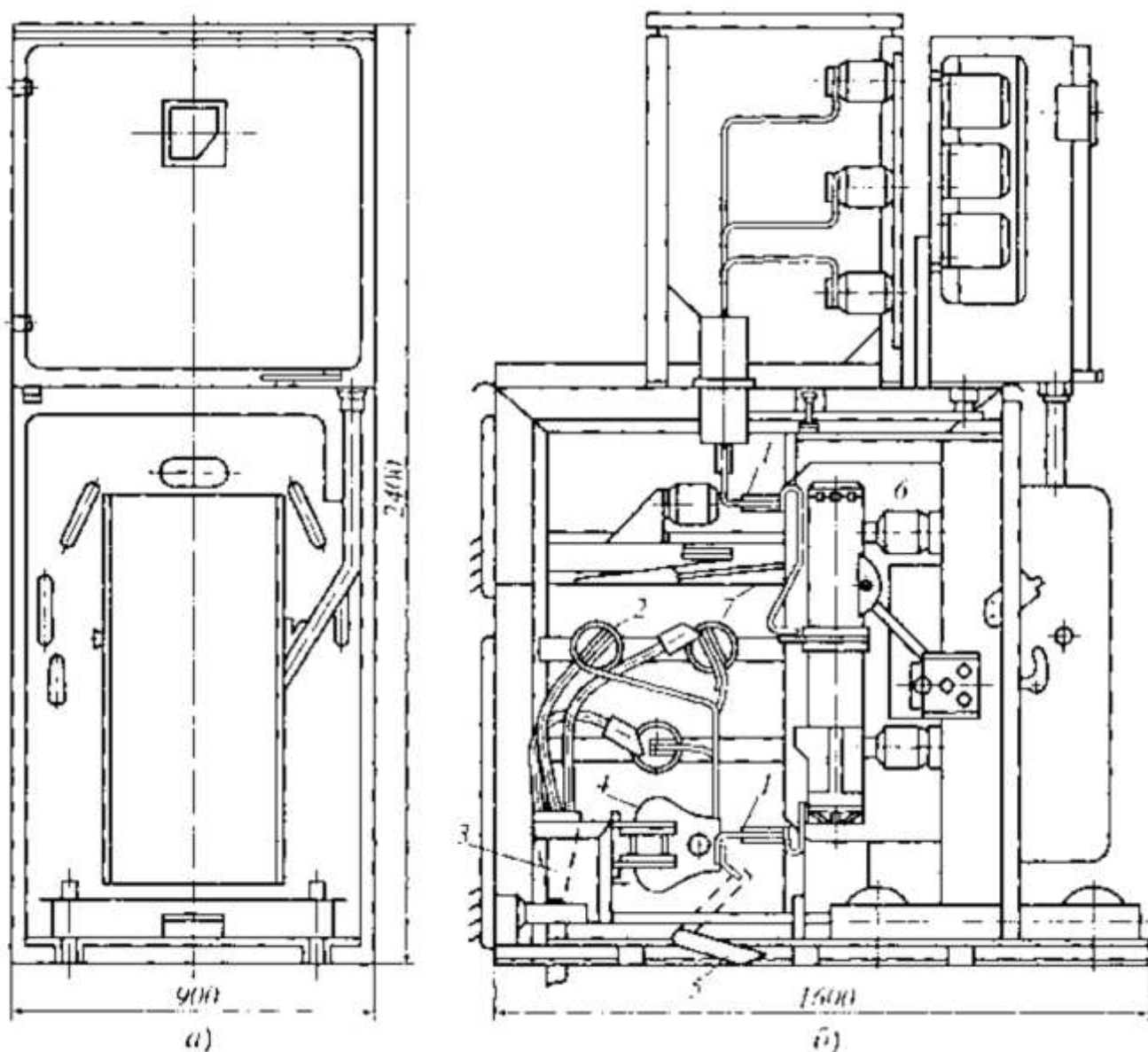
контактлар хизмат кўтсатиш ва ремонт пайтида занжирнинг кўзга кўриниб турадиган узунлигини таъминлаб туради. КТМ ва ТКТМ ларга 10 кВ юқори кучланишни олиб кириш шкафлари, линия шкафлари, ШЭТ, ўлчўв трансформаторлари киради. Икки трансформаторли подстанцияларнинг қўшимча секция шкафи бор. Олиб кириш шкафлари кетаётган линиялар шкафлари бир хил виключателлар билан комплектланадилар – стационар қилиб қурилган ёки ғилдираб чиқадиган аравадаги; камёғли ёки вакуум. 8.4-расмда ғилдираб чиқадиган аравадан ВМП-10 виключатели бор болган ичкарида ўрнатиш учун мўлжалланган К-ХП линия камераси кўрсатилган. Камера корпуси бўлмаларга бўлинган бўлиб, буларда юқори ва пастки қўзғалмас тикма контактлар 1, кабел йиғмаси 2 учларида бекитишлар 3 бор, ток трансформатори 4 ва ерга уловчи пичоқлар 5, виключателли 6 ва юритмали ғилдираб чиқувчи аравача. Битта бўлмада йиғма шиналар монтаж қилинган. Параметрларни ўлчаш учун асбоблар, реле ҳимояси, бошқарув ва сигнализация учун бўлма бор бўлади.

Ғилдираб чиқадиган аравача эксплуатация шароитларида учта ҳолатни эгаллаши мумкин:

- ишчи ҳолат: аравача ячейкада турибди, бош ва ёрдамчи занжирлар уланган;

- контрак ҳолат: аравача ячейкада турибди, бош занжир узилган, ёрдамчи занжирлар нагрузкасиз виключателни ёқиш ва ўчиришни амал оширишга имкон беради;

- ремонт ҳолати: аравача ячейкадан ташқарида жойлашган бош ва ёрдамчи занжирлар узилган.



5.18а-расм. Тортиб чиқариладиган виключателли КТМ ячейкаси: а – олд томондан қўриниши; б – ўқ бўйича кесими: 1 – тикма контактлар; 2 – кабель йиғмаси; 3 – учининг бекитилиши; 4 – ток трансформатори; 5 – ерга уловчи пичоқлар; 6 – виключателли ғилдираб чиқадиған аравача.

Виключател ячейкадан ғилдираб чиқанда кучланиш остида турган ТМ қисимларидан виключател автоматик равишда металл пардачалар билан ажратилади. Кучланиш остида турган ток олиб борувчи қисимларга беҳостан тегиб кетиши бартараф этилади. Виключател ёқилган пайта аравчанинг ғилдираб кириши ва ғилдираб чиқишининг олдини олиш учун блокировка ўрнатилади, аравчанинг ўзи еса

сирпанувчи контактлар ёрдамида ерга уланган бўлади. КТМ нинг орқа томонида ўтиш жойи бор бўлганида унинг кенглиги 0,8 м дан кам бўлмаслиги керак.

ЁТМ иккита ташқарига жойига эга бўлиши керак. Эшиклар ташқарига очилишлари керак ва ўзи қулфланадиган қулфларга эга бўлишлари керак, ТМ томонидан калитсиз очиладиган бўлишлари керак. ЁТМ нинг биноси оловга чидамли материаллардан барпо этилади ёки деворларига оловга чидамли состав сингдирилган бўлиши керак.

ЁТМда табиий вентиляция кўзда тутилган бўлади, шунингдек авария сўрувчи вентиляцияси. Электр калориферлар билан иситиш кўзда тутилади. Чўғланиш лампалари билан ёритиш амалга оширлади.

ЁТМ биносининг деворида трансформатор яқинида дераза ва эшиклар ўрнатишга рухсат этилмайди.

5.24. Истеъмолчиларнинг трансформатор подстанциялари.

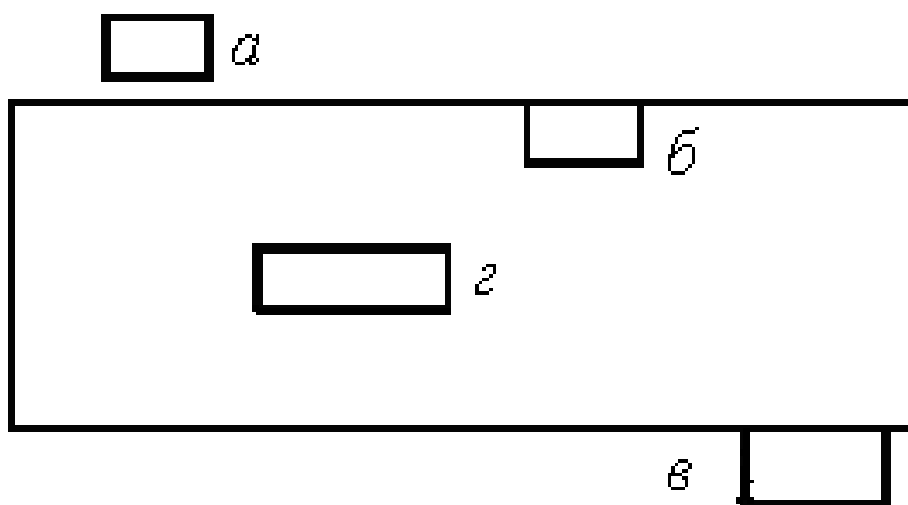
Истеъмолчиларнинг подстанциялари 6-20/0,4 кВ кучланишга мўлжалланган бўлади. Буларга аҳоли пунктларидаги кварталлар, саноат корхоналари ва қурилишлар, агро саноат комплексининг цех подстанциялари киради. Подстанциялар бирламчи кучланишнинг йиғма шиналарисиз қуриладилар.

Истеъмолчиларнинг трансформатор подстанциялари ўзларининг жойлаштирилиши бўйича қуйидаги турларга бўлинади (5.19-расм):

- алоҳида турувчи (а);
- ишлаб чиқариш корпусининг ичига қурилган(б), корпус ичидаги деворча туташган;
- ишлаб чиқариш корпусига тақаб қурилган (в), корпус деворига ташқаридан туташган;

- корпусичи подстанциялари (Г), булар корпуснинг ичига жойлаштирилади. Булар, коида бўйича комплект трансформатор подстанциялари (КТП)

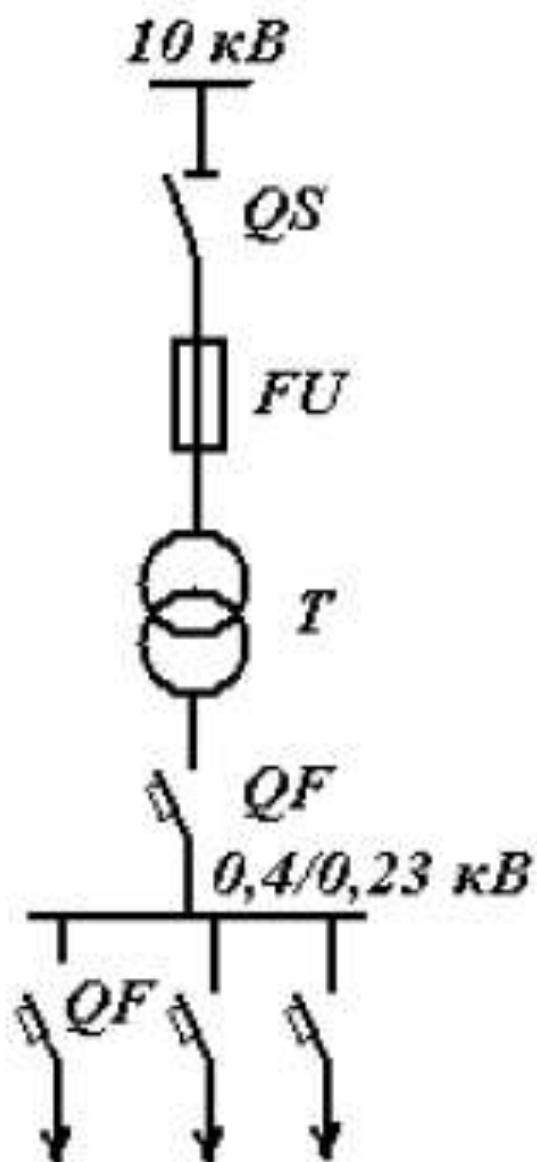
Қурилиш майдончалирида , коида бўйича, алоҳида турувчи ТПлар, кўп ҳолларда КТП лар қўлланилади. Улар био жойдан бошқа жойга кўча оладиган бўлишлари керак қурилиш ишларининг юриши ва бошқа объектларга кўчиши муносабати билан.



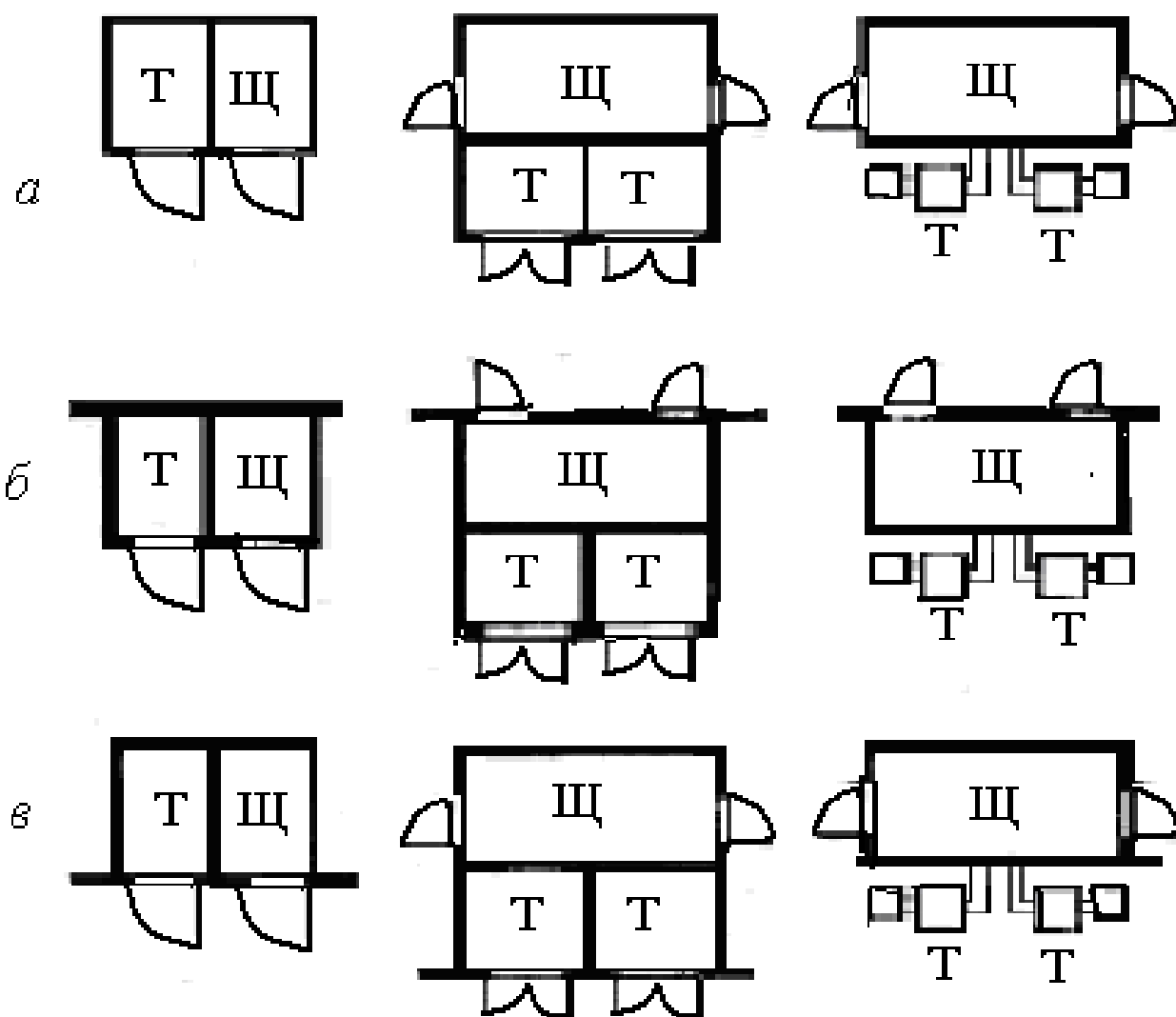
5.19-расм. Қурилишдаги цех подстанцияларининг жойлаштирилиши: а – алоҳида турувчи; б – ичигақурилган; в – тақаб қурилган; з – корпусичи подстанцияси.

5.20- расмда истеъмолчиларнинг ТПнинг схемаси келтирилган. Трансформатор Т таъминловчи линияга разъединитель QS ва предохранитель FU орқали уланади. Бу аппаратларни нагрузка виключателига алмаштириш мумкин.

Паст кучланиш тақсимлаш мосламасидан (ПКТМ) кетаётган линияларда автоматик виключателлар QF ўрнатилади, булар предохранитель-виключатель блоклари (ПВБ) билан алмаштирилишлари мумкин.



5.20-рaсм. Иcтeъмoлчилaр пoдcтaнцияcининг cxeмaси: QS–paзъeдинитeль;FU – пpeдoхpaнитeль; T – тpaнcфopмaтop; QF – aвтoмaтик включaтeль.



5.21-расм. Цех ТП ларининг компоновкалари. *Т* – трансформатор камераси; *Щ* – шит хонаси (наст кучланиш тақсимлаш мосламаси) *а* – алоҳида турувчи; *б* – тақаб қурилган; *в* – ичига қурилган.

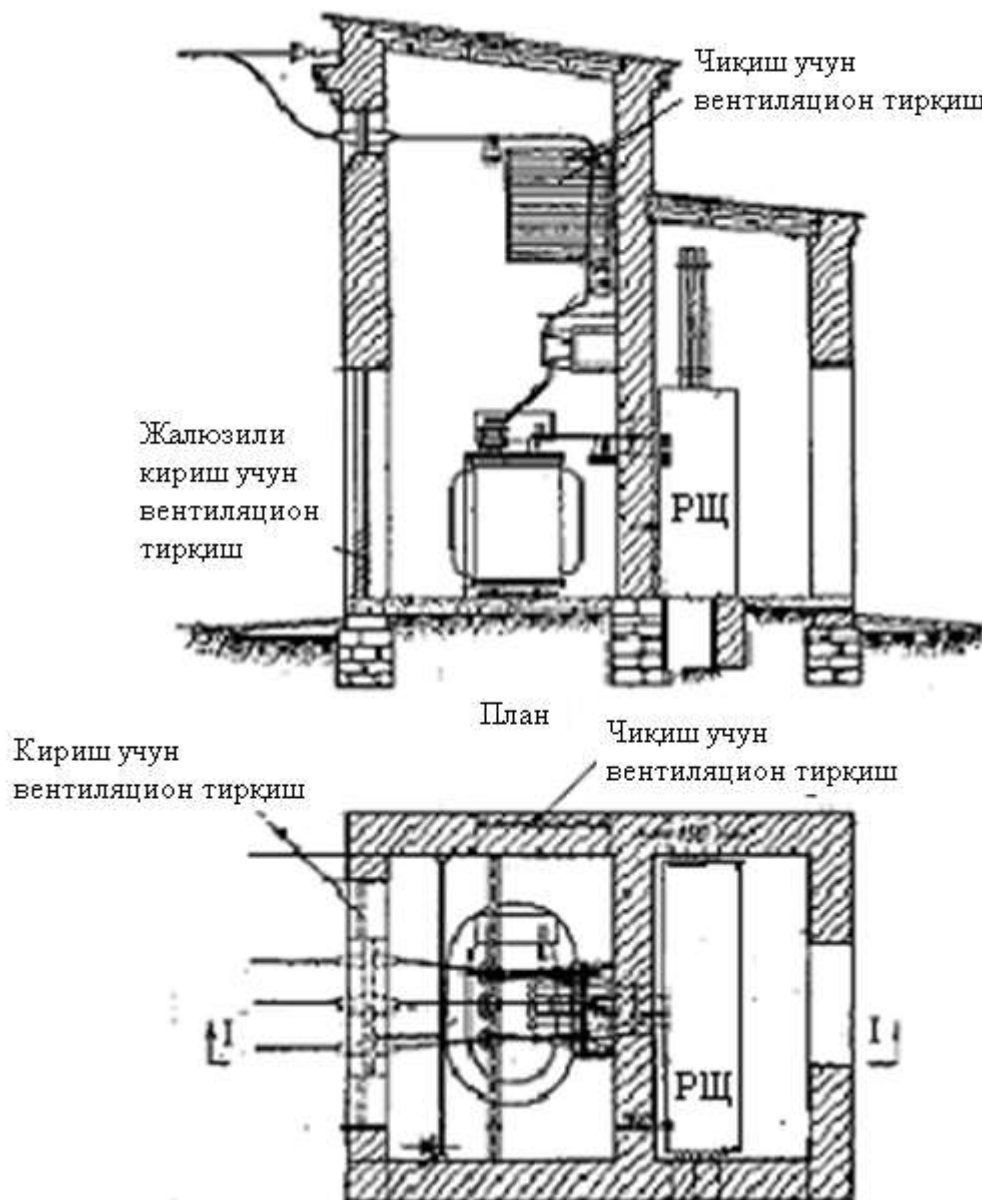
5.21-расмда ремонт цехлари устахоналари, раствор ва бетон заводларининг ТП ларининг компоновкаси кўрсатилган. ПКТМ шитлар хонасига жойлаштирилади ва ШО-70 ларга автоматикмас ва автоматик виключателлар жойлаштирилади. Автоматикмас виключателлар билан бирга предохранителлар қўлланилади. Биринчи ва иккинчи категорияли приёмникларнинг электротаъминоти учун иккитрансформаторли подстанциялар қўлланилади. Ёпиқ трансформатор подстанцияларида ҳар бир ёғли совутишли куч трансформатори алоҳида камерага (5.22-расм)

ўрнатилади. Ҳар бир камерада ташқарига чиқиш жойи бор, бу трансформаторни ғилдиратиб олиб чиқиш имконини беради.

Алоҳида турувчи, тақаб қурилган ва ичига қурилган подстанцияларда ёғининг хажми 600кг гача бўладиган трансформаторнинг камерасида эшик учун қолдирилган тешикда ёнмайдиган материалдан ясалган остона қилинади. Бу ёғнинг 20%ини ушлаб қолишга мўлжалланади. Ёғнинг хажми 600кг дан кўп бўлганида бетонланган ёғқабулқилгич ишлатилади, унинг юзаси трансформатор асосининг юзасидан кам бўлмайди. У ёғнинг тўла хажмига мўлжалланган бўлиб, панжара билан тўсилган бўлади. Панжаранинг устига 25см қалинликда шағал тўкилган бўлади.

Трансформатор билан камера деворлари орасида масофа 0,6м гача, эшикгача масофа -1м гача бўлиши керак.

I-I бўйича кесим

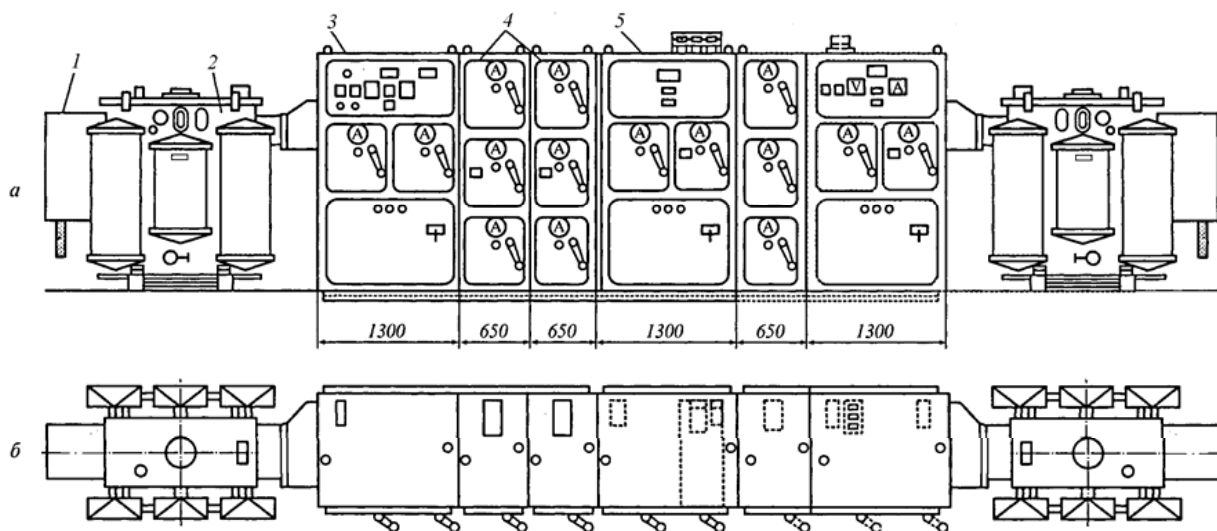


5.22-расм. Трансформаторли камера.

Куч трансформаторларининг камералари табиий вентилиция билан жиҳозланади. Вентилиция шундай қуриладики, камерага кираётган ҳаво ва ундан чиқаётган ҳавонинг температуралари фарқи 15°C дан ошмасин камера эшигининг тагида жойлашган тешик орқали ҳаво киради, камеранинг тепа қисмида жойлашган тешик орқали ташқарига чиқиб кетади. Тешик жалюзи панжара билан ёпилади.

Трансформатор подстанциялари биноларининг деворлари ғиштдан, шлакоблокдан ёки йиғма темирбетондан қурилади.

5.23-расмда 630-1000 кВА қувватли цехичи қурилмаси учун комплект трансформатор подстанцияси кўрсатилган. Подстанциялар битта трансформаторли ёки икки трансформаторли бўлиши мумкин. Подстанциянинг электрожихозлари бир қатор ёки икки қатор қилиб жойлаштирилиши мумкин. КТП га битта ёки иккита трансформатор киради 2. Юқори қучланишни (ЮК) олиб кириш мосламаси 1 виключатель билан, нагрузка виключатели билан ёки разъединитель билан комплектланиши мумкин. ПКТМ таркибига паст қучланишни (ПК) олиб кириш шкафи 3, кетаётган линиялар шкафлари киради. Икки трансформаторли КТПда олиб кириш шкафлари иккита бўлиши керак ва қўшимча секция шкафли 5 бўлиши керак.

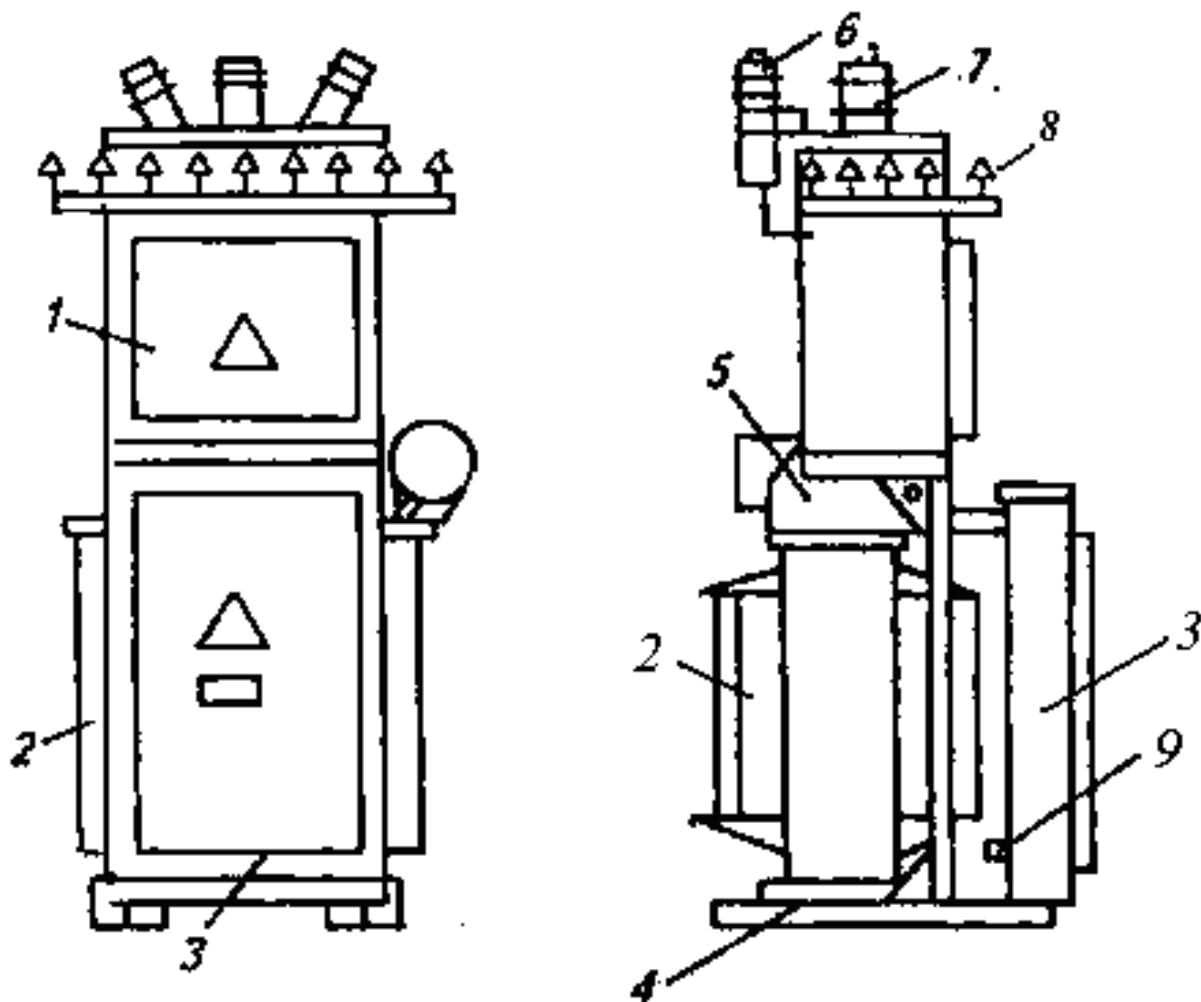


5.23-расм. Комплект трансформатор подстанция 630 – 1000кВА қувватли, жихозлари бир қатор жойлаштириладиган ички ўрнатиш учун: а – фасад; б – план; 1 – юқори қучланишни олиб кириш шкафи; 2 – трансформатор; 3 – паст қучланишни олиб кириш шкафи; 4 – кетаётган линиялар шкафи; 5 – секция шкафи.

Шкафлар “Электрон” ва ВА50 серияли автоматик виключателлар билан комплектланадилар. Олиб кириш шкафлари ва секция

шкафларида, олиб кириш ва секция виключателларидан ташқари, кетаётган линияларнинг виключателлари ўрнатилиши мумкин.

5.24-расмда 25-160 кВА қувватли КТП нинг умумий кўриниши келтирилган.



5.24-расм. 25 – 160 кВА қувватли КТП нинг умумий кўриниши: 1 – олиб кириш мосламаси; 2 – трансформатор; 3 – паст кучланишни тақсимлаш масламаси; 4 – асоси; 5 – кожух; 6 – разрядник; 7 – олиб кириш изоляторлари; 8 – кетаётган линиялар изоляторлари; 9 – ерга улаш узели.

Подстанция комплектига юқори кучланишни (10кВ) олиб кириш мосламаси 1, трансформатор 2, 0,4/0,23 кВ кучланишга мўлжалланган ПКТМ 3, юқори кучланишни олиб кириш учун ўтиш изоляторлари 7 ва

кетаётган линиялар учун ўтиш изоляторлари 8, шунингдек ТП ни атмосферадаги хаддан ошиқ кучланишлардан ҳимоя қилиш учун разрядник киради.

КТП юқори кучланишни олиб кириш шкафлари, паст кучланишни тақсимлаш мосламаси кўринишидаги пайвандлаб ясалган блок конструкциядир. Бу блоклар ва куч трансформатори умумий асосда 4 ўрнатилиши мумкин.

Кожух 5 трансформаторнинг олиб чиқиш жойларини тегиб кетишдан ва уларга бегона предметларнинг тушиб қолишдан ҳимоя қилади. Подстанция ерга улаш тугуни 9 билан таъминланган.

Предохранителли линия разъединителлари четки таянчларга жойлаштирилади. Разъединитель юритмаси ва 10 кВ кучланишни олиб кириш мосламаси шкафнинг 1 эшиги механик блокировка қулфлари билан таъминланган. Катта қувватли истеъмолчиларнинг электротаъминоти учун 250-630 кВА қувватли иккитрансформаторли КТПлар қўлланилади. Шиналарни секциялаш учун олиб кириш шкафи қўлланилади, бунда иккита секциянинг ПКТМлари ўзаро алоқа кабелли орқали бирлаштирилишлари мумкин. 250-1000В кВА қувватли “Киоск” типдаги КТПлар кенг қўлланилади.

5.25. Қурилиш майдончалари подстанцияларининг трансформаторларини танлаб олиш.

Подстанцияларнинг асосий жиҳози куч трансформаторларидир. Улар электроэнергия кучланишини ўзгартирши учун мўлжалланганлар. Таъминлаш линиялари томонидаги кучланишлар тақсимлаш тармоқларининг кучланишига ўзгартирилади. Иккичулғамли учфазаги трансформаторлар энг кўп тарқалган трансформаторлардир. Йирик қурилишларнинг электротаъминотини амалга оширувчи БПП ларда учфазаги иккичулғамли трансформаторлар қўлланилиши мумкин.

Трансформаторлар номинал қувват бўш (юксиз) ишлаш пайтидаги чулғамларнинг номинал кучланиши, қисқа туташув кучланиши, бўш (юксиз) ишлаш токи, қисқа туташув ва бўш ишлаш пайтидаги қувват исрофлари билан характерланади.

Трансформаторлар қувватларининг шкаласи стандарт бўлади ва ушбу қатордан танлаб олинади: 25,40,63,100,160,250,400,630,1000 кВА ва бу қувватлардан ўн марта катта бўлган қувватлар 80000 кВА гача БПП да 1 дан 40 МВА гача қувватли трансформаторлар қўлланилади, саноат корхоналари ва қурилишларнинг истеъмолчилар подстанцияларида 100дан 2500 кВА гача. Трансформаторларнинг чулғамлари ўзаро юлдуз Y ва учбурчак Δ схемалари бўйича уланади. БПП трансформаторларнинг юқори кучланиш (ЮК) чулғамлари одатда юлдуз усулида уланади, бу ички изоляцияни фаза кучланишига, яъни линия кучланишидан $\sqrt{3}$ марта кам кучланишга, мўлжаллаб бажариш имконини беради. Паст кучланиш (ПК) чулғамлари кўпинча учбурчак усулида уланади, бу токни $\sqrt{3}$ марта камайтириш ва натижада чулғам симининг кўндаланг кесимини ва сарфини камайтириш имконини беради. Бундан ташқари, трансформатор чулғамларини учбурчак усулида уланганда юқори гармоника токлари учун берк контур ҳосил бўлади, улар бунда ташқи тармоққа чиқмайдилар, шу сабабли нагрузкадан кучланишлар симметрияси яхшиланади. Истеъмолчилар ТПлари трансформаторларининг ЮК чулғамлари одатда учбурчак Δ қилиб, ПК чулғамлари эса ноли олиб чиқилган юлдуз ёки юлдуз қилиб уланади.

Трансформаторнинг ишлаши жараёнида чулғамлар ва магнитоўтказгичнинг қизиши содир бўлади. Трансформатор қизишини пасайтириш учун унинг чулғамлари совитилиши керак. БПП ларда ишлатиладиган трансформаторларда қуйидаги совитиш усуллари қўлланилади: табиий ҳаво билан совутиш, табиий ёғли совутиш, ёғли

совутиш пуфлаш билан ва ёғнинг табиий циркуляцияси билан, ёғли совутиш пуфлаш билан ва ҳаво совутгичлари орқали ёғнинг мажбурий циркуляцияси билан, ёғли – сувли совутиш ёғнинг мажбурий циркуляцияси билан. Истеъмолчилар ТПларидаги трансформаторлар ёғли совутиш билан ёки қуруқ бўладилар.

Трансформаторлар маълум перегрузкага йўл қўядилар, бу дастлабки нагрузка, перегрузканинг давом этиши вақти ва совутувчи муҳитнинг температурасига боғлиқ. Авариянинг максимал перегрузкаси 0,5 соат давомида трансформатор номинал қувватидан икки марта катта бўлиши мумкин эмас. Агар ёғли совутишга эга бўлган трансформаторнинг нагрузкаси $0,9 S_{\text{ном}}$ дан кўп бўлмаган бўлса, унда у совутувчи ҳаво температуриси $+20^{\circ}\text{C}$ дан кўп бўлмаганда 6 соат давомида 40% перегрузкага йўл қўйиш мумкин. Истеъмолчиларнинг нормал ишлаши учун подстанция шиналаридаги кучланиш маълум бир даражада ушлаб турилиши лозим. Бу даражани трансформация коэффициентини $n = U_1/U_2$ (бирламчи ва иккиламчи чулғамлар кучланишлари нисбати) ўзгартириш усули билан ушлаб туриш мумкин. Бу мақсадлар учун трансформатор чулғамларида қўшимча тармоқлар чиқарилган бўлади. Чиқарилган тармоқларнинг бошқасига уланишни ғалаёнсиз амалга ошириш мумкин, яни трансформатор чулғамлар тармоқдан узилган ҳолда ва нагрузка остида. Трансформаторларнинг конструктив хусусиятларидан ташқари уларнинг сони ва қувватини ҳам танлаб олиш зарур. Подстанциядаги трансформаторларнинг сонини танлаб олишда электроэнергия приёмникларининг категорияси ҳисобга олиниши керак. 1 ва 2 категория приёмникларининг электротўминоти учун иккитрансформаторли подстанциялар қўлланилади. Корхона (қурилиш) нагрузкасининг нотекис суткалик ва йиллик графикларида, иккисменали иш пайтида сменалар нагрузкалари орасидаги фарқ катта бўлганда иккитрансформаторли подстанцияларни қўллаш мақсадга

мувофиқ бўлади. 3 категорияли электроприёмниклар битта трансформатордан электроэнергия билан таъминланадилар.

БПП ларда, қоида бўйича, иккита трансформатор қўлланилади. Бу ҳамма категориядаги истеъмолчиларнинг ишончли электротາъминотини вужудга келтиради. Агар қўшни подстанциялар ёки бошқа ток манбаларининг иккиламчи кучланиш линиялари бўйича электроприёмникларнинг авариядан кейинги таъмиланишини амалга ошириш имконияти бор бўлса, бу ҳолда битта трансформаторли подстанцияларни қўллаш мумкин бўлади.

Иккитрансформаторли подстанцияларда трансформаторлар алоҳида ишлайди. Бир хил қувватли бир хил конструктив ясаишли трансформаторларни қўллашга ҳаракат қилинади. Бу ҳолда биттита трансформатор ишдан чиқан пайтда уни алмаштириш осонлашади, завод резервининг номенклатураси қисқаради. Трансформаторларнинг қуввати корхона (район) актив нагрукаси ва корхона электроэнергияни манимал истеъмол қилинган даврдаги системадан узатиладиган реактив қувват билан аниқланади.

$$S_m = \frac{S_{xuc}}{K_6 N} = \frac{\sqrt{P_{xuc}^2 + Q_{xuc}^2}}{K_6 N} \quad (5.1)$$

бу ерда S_m -трансформаторнинг ҳисоблаб аниқланган қуввати; S_{xuc} -корхона нагрукасининг ҳисоблаб аниқланган қуввати; Q_{xuc} -ҳисоблаб аниқланган реактив қувват, бу реактив қувватни корхона нагруканинг максимуми даврида истеъмол қилади реактив қувват компенсацияси ҳисобга олинган ёки ҳисобга олинмаган ҳолда; K_6 – трансформаторнинг бандлик коэффиценти (иш билан банд бўлиш коэффиценти); N – подстанциядан трансформаторлар сони. Ҳисоблаб аниқланган нагрук

сифатида ЭТС нинг максимал актив нагрукаси эмас, энг банд смена пайтидаги ўртача нагрукка қабул қилиниши мумкин.

Трансформаторларнинг бандлик коэффициенти катталигини қуйидагича қабул қилиш мумкин

– 1 категория истеъмолчилари кўпчиликини ташкил этганда $K_6 = 0,6-0,7$;

– 2 категория истеъмолчилари кўпчиликини ташкил этганда $K_6 = 0,7-0,8$;

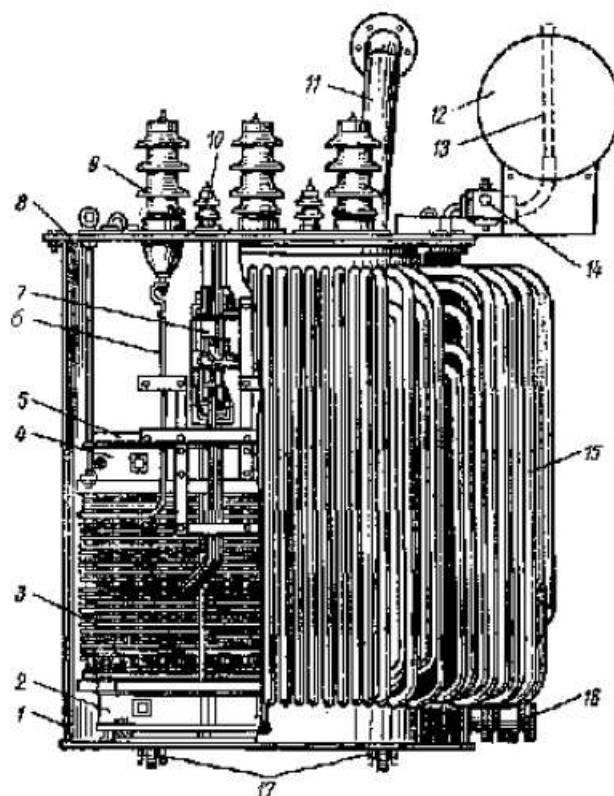
– 3 категория истеъмолчилари учун $K_6 = 0,9-0,95$.

Трансформаторларнинг қуввати шундай танлаб олиниши керакки трансформаторлардан бири ишдан чиққан пайтда, унинг резервловчи иккинчи трансформатор ўзига ҳамма нагрукани қабул қилиб олишга қодир бўлсин нормал ва авария перегрукаларини ҳисобга олган ҳолда.

Трансформаторнинг номинал қуввати ҳисоблаб аниқланган қувватга S_m тенг ёки ундан катта қилиб танлаб олинади.

$$S_{m.ном} \geq S_m$$

Аммо трансформаторнинг номинал қувватини ҳисоблаб аниқланган қувватдан кам қилиб танлаб олиш ҳам мумкин, агар трансформаторнинг фактик бандлик коэффициенти авариядан кейинги режимда 1,6 дан ортиқ бўлмаса. Трансформаторнинг йўл қўйиб бўлмайдиган перегрукаси бўлмаслиги учун, ток бўйича автоматик разгрукка назарда тутилиши керак 1,4 номиналдан ортиқ бўлмаган перегруккача.



5.25–расм. Ёғли совутишга ега учфазали трансформатор: 1 – бак; 2,4 – тортиб турувчи балкалар; 3 – паст кучланиш чулғамлари; 5 – магнитоўтказгич; 6 – ЮК чулғами учи; 7 – ПК чулғами учи; 8 – қопқоқ; 9 – ЮК изоляторлари; 10 – ПК изоляторлари; 11 – сақлигич трубаси; 12 – кенгайтиргич; 13 – ёғкўрсатгич; 14 – газ релеси; 15 – радиатор; 16 – тўкиш крани; 17 – гилдиратгичлар.

Шахсий эҳтиёжлар приёмникларни таъминлаш учун БППда шахсий эҳтиёжлар трансформаторлари ўрнатилади. Битта трансформаторли БПП да $S_m \geq S_{хис}$ қувватли битта трансформатор қўлланилади. Шахсий эҳтиёжлар трансформаторларининг қуввати бош трансформатор қувватининг тахминан 1% ни ташкил қилади 630кВА дан ошмайди.

Иккитрансформаторли подстанцияларида қуввати 630кВА дан ошмайдиган сони иккитадан кам бўлмаган трансформатор ишлатилади.

5.25-расмда трансформаторнинг умумий кўриниши тасвирланган.

Трансформатор бакида бир магнито ўтказгич 5 жойлаштирилган юқори кучланиш (ЮК) ва паст кучланиш (ПК) чулғамлари 3 билан.

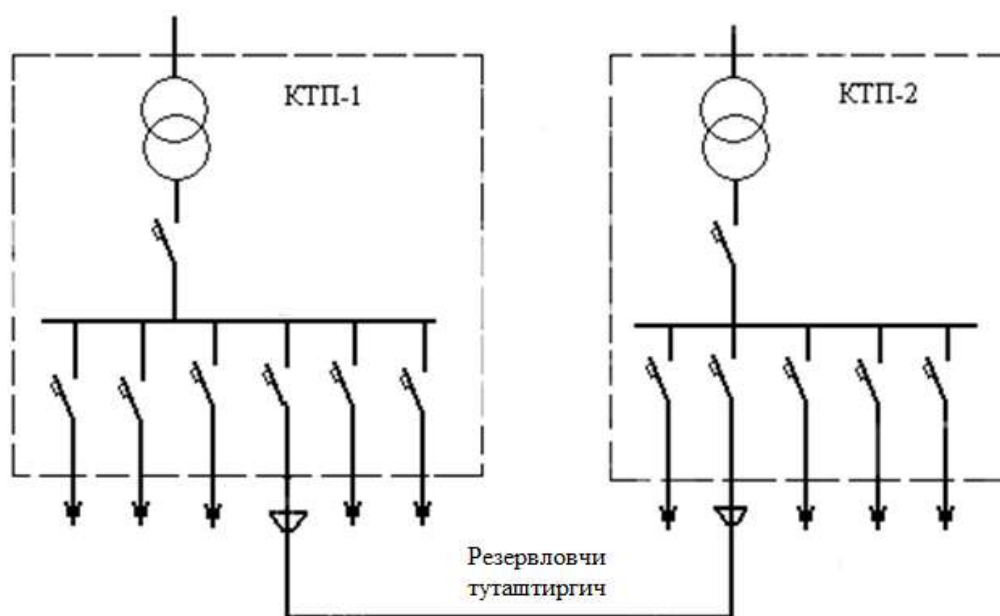
Чулғамлар думалоқ ёки тўртбурчак кесимли электротехник мис ёки алюминийдан ясалади. ЮК чулғамларининг учлари 6 изоляторлар 9 орқали олиб чиқилади, ПК чулғамларининг учлари 7 эса изоляторлар 10 орқали олиб чиқилади. Магнитоўрказгич 5 электротехник пўлат листларидан ясалади, бу листлар пастки 2 ва баландаги 4 балкалар билан тортиб турилади. Трансформация коэффициентини бошқариш переключател 7 орқали амалга оширилади. Трансформатор баки 1 ёғ билан тўлдирилган. Ёғ чулғамларининг изоляцияси учун уларни совутиш учун хизмат қилади. Ёғнинг ўзи эса бакда ва радиатор трубаларда 15 циркуляция бўлиши ҳисобига совийди. Исиш ва совушдаги ёғ ҳажмининг ўзгаришини компенсация қилиш учун кенгайтиргич 12 ўрнатилган. Кенгайтиргични бак билан улаб турувчи трубоўтказгичда ёғ кўтсатгич 13 ва газ релеси 14 бор. Қисқа туташув пайтида бак ичида босим кескин ошиб кетади. Бакнинг шикастланишининг олдини олиш мақсадида қопқоқ 8 да сақлагич труба 11 ўрнатилади. Трубанинг ташқи учи мембрана билан ёпилган бўлиб, бу мембрани юқори босим пайтида ёрилиб кетади ва ёғнинг бир қисми ташқарига чиқарилиб ташланади. Ёғни тўкиб ташлаш учун кран 16 хизмат қилади. Трансформаторни қўчириш пайтида ғилдиратгичлар 17 қўлланилади.

Истеъмолчилар ТПларида трансформаторлар конструктив хусусиятлари бўйича ўрнатиш усулига – ташқи ёки ички – қараб танлаб олинади. Трансформаторларнинг сони ва қуввати худди БППлардаги каби, 1000 В гача кучланишдаги электроприёмниклар электротаъминотининг ишончлилиқ категориясига ва реактив қувват компенсациясига боғлиқ.

1 ва 2 категория приёмникларининг сони кўпроқ бўлган пайтда иккитрансформаторли подстанциялар қўлланилади. Нагрузкаларнинг суткалик ёки йиллик графиги нотекис бўлганида иккитрансформаторли подстанцияларнинг қўлланилиши мақсадга мувофиқ бўлади.

Ишдан чиққан трансформаторни алмаштириш вақтига электроташминотда танаффусга йўл қўя оладиган 3 категория электроприёмниклари мавжуд бўлган пайтда ёки иккиламчи кучланиш линиялари бўйича қўшни ТПлардан резервлаш пайтида биттатрансформаторли подстанциялар қўлланилади (5.26-расм)

Резервлаш резервловчи туташтиргичлар ёки алоқа линиялари бўйича амалга оширилади. Булар иккита подстанцияни ўзаро боғлайдилар ва зарур бўлганда битта трансформатор шиналаридан бошқа трансформатор шиналарига электроэнергияни узатадилар.



5.26-расм. Биттатрансформаторли ТПлардан электроташминот қошида резервлаш.

5.26. Трансформатор постанциялари ўрнатиладиган жойни танлаб олиш.

Энергияни кўп талаб қилувчи корхоналар ва қурилишларда ЭТС даги ток манбаларининг ўрнатилиши жойини тўғри танлаб олиш катта

аҳамиятга эга рационал тақсимлаш тармоғини қуриш учун. Ҳамма қувватлар ва кучланишларнинг подстанциялари ўзларига уланадиган электр нагрукалар марказига (ЭНМ) масимал яқинлаштирилган бўлишлари керак. Бу ўтказгич материалларни сарф қилиш ва тақсимлаш тармоғида электроэнергия йўқотилишлари бўйича энг яхши техникoэкономик кўрсаткичларни таъминлайди, яъни келтирилган харажатларнинг минимумини таъминлайди. Корхона (қурилиш) территориясида подстанциялар жойлашувининг энг фойдали вариантини танлаб олиш учун нагрукаларнинг картограммалари қурилади. Нагрукка картограммаси ишлаб чиқариш хоналари планида электроприёмникларнинг жойлашуви картасидир. Электроприёмникларнинг нагруккалари доиралар билан тасвирланади ва доираларнинг юзи приёмникнинг қувватига мос катталиқда бўлади. 5.27-расмда ремонт цехи электр нагруккаларининг картограммаси кўрсатилган. Картограммада приёмникларнинг координаталари (X_i , Y_i), уларнинг қувватлари P_i берилган. Актив нагруккани характерловчи доиранинг радиуси қуйидаги формула билан аниқланади:

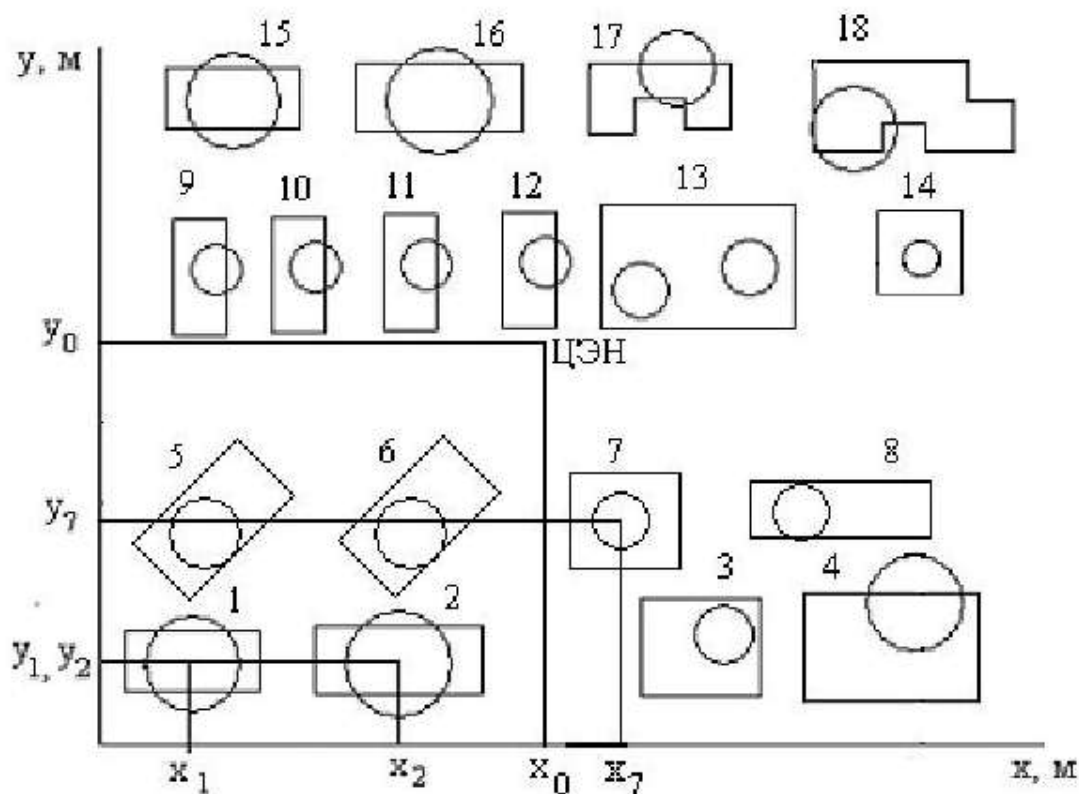
$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m}} \quad (5.2)$$

Бу ерда m – доира юзини аниқлаш учун масштаб.

Агар массалар ва электр нагруккалар ўртасида аналогия ўтказилса, ЭНМ геометрик оғирлик маркази билан мос тушади. Унинг координаталари қуйидаги формулалар билан аниқланади

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad ; \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (5.3)$$

бу ерда X_i , Y_i —нагрузканинг координаталари, P_i — нагрузканининг номинал ёки ҳисоблаб аниқланган қуввати; n – электроприёмниклар сони.



5.27 – расм. Объект электр нагрузкаларининг картограммаси.

Зарур бўлганида реактив нагрузкаларнинг картограммаси қурилади. Реактив нагрузкани характерловчи доира радиуси ва реактив нагрузкалар марказининг координаталари (5.2) ва (5.3) формулалар бўйича аниқланади улардаги P_i ни Q_i га алмаштириб.

Актив ва реактив нагрузкаларнинг картограммалари алоҳида қурилади, ёки уларни битта картограммада биргаликда жойлаштирилади. Бунда нагрузкаларни характерловчи доираларнинг айланалари турли хилдаги чизиқлар билан кўрсатилади. Картограммадаги ҳар бир доира секторларга бўлиниши мумкин. Секторлар, масалан, куч ва ёритиш нагрузкаларига тегишли бўлиши мумкин.

Актив ва реактив нагрузкаларнинг ҳисоблаб аниқланган марказларида истеъмолчиларнинг (цехларнинг) ТП ларини ва реактив қувват манбаларини жойлаштиришга ҳаракат қиладилар. Реактив қувват манбаи сифатида, масалан, комплект компенсацияловчи мослама (ККМ) қўлланилиши мумкин. Кўп ҳолларжа ККМ ни цех ТП сининг хонасига жойлаштиришади, шунинг учун цехларнинг актив ва реактив нагрузкаларининг фактик марказлари бир жойда бўлади деб ҳисоблаш керак. Актив ва реактив нагрузкаларининг марказлари бир жойда устма-уст тушмайди, агар ККМ лар цех ичидаги тақсимлаш пунктларига ва шина ўтказгичларга уланган бўлсалар. Цехда цехчи подстанцияларини (КТП) ЭНМ га яқин жойлаштиришга ҳаракат қилинади. Улар колонналарнинг орасига, кўтарувчи кранлар хизмат кўрсатишининг “ўлик зонасига” антресоллар тагига жойлаштирилади, цехнинг фойдали юзасидан ишлаб чиқариш эҳтиёжлари учун максимал фойдаланиш мақсадида.

Ташқарида ўрнатиладиган КТП лар майдончада планировка сатҳидан 0,2 м дан кам бўлмаган баландликда жойлаштирилади. Қалин қор ёғадиган районларда эса 1-1,2 м баландликда ўрнатилади.