



**Коммерциялық емес  
акционерлік  
қоғамы**

**АЛМАТЫ  
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ  
БАЙЛАНЫС  
УНИВЕРСИТЕТІ**

Өндірістік кәсіпорындарды  
электрмен жабдықтау  
кафедрасы

## **ТАРАТУ ТОРАПТАРЫНЫҢ РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСЫ**

5B081200 – Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету  
мамандығының студенттері үшін дәрістер жинағы

Алматы 2014

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: М.В. Башкиров, Г.С.Жунусова. «Тарату тораптарының релелік қорғанысы». 5В081200 – Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының студенттері үшін дәрістер жинағы – Алматы: АЭЖБУ, 2014.- 68 б.

«Тарату тораптарының релелік қорғанысы» пәні бойынша дәрістер жинағында 10-35 кВ тораптарындағы жерге тұйықталудан қорғаныстың негізгі түрлері, трансформаторлардың, қозғалтқыштардың қорғаныстары келтірілген.

Без.48, әдеб. - 11 атауы.

Пікір беруші: аға оқытушы Курпенев Б.К.

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж.баспа жоспары бойынша басылды.

© «Алматы энергетика және байланыс университетінің» КЕАҚ, 2014ж.

## Мазмұны

1	Релелік қорғаныстың тағайындамасы.....	4
2	Ток трансформаторлары орамаларының қосылуының типтік сұлбалары.....	8
3	Микроэлектронды элементтік базадағы РҚА құрылғылары.....	13
4	Бағытталмаған ток қорғаныстары.....	15
5	Бағытталған ток қорғаныстары.....	19
6	Тұйықталу тоқтары жоғары тораптардағы жерге қысқа тұйықталудан тоқтық қорғаныстар.....	23
7	10-35 кВ тораптардағы жерге тұйықталудан қорғаныс.....	28
8	Желінің бойлық дифференциалдық қорғанысы.....	34
9	Желінің дистанциондық қорғанысы.....	38
10	Трансформаторлардың және автотрансформаторлардың резервтік қорғанысы.....	42
11	Трансформаторлардың және автотрансформаторлардың негізгі ток қорғанысы.....	47
12	Трансформаторлардың газдық қорғанысы.....	49
13	Жинақтау шиналарын қорғау.....	52
14	Электр қозғалтқыштарын қорғау.....	54
15	РҚМҚ жалпы құрылымы мен конструктивті орындалуы.....	60
	Әдебиеттер тізімі.....	64

## **1 дәріс. Релелік қорғаныстың тағайындамасы**

Дәрістің мазмұны: релелік қорғаныстың тағайындамасы, қорғаныстың негізгі түрлері.

Дәрістің мақсаты: релелік қорғаныстың тағайындамасын білу, релелердің түрлері, релелік қорғанысқа қойылатын талаптар.

### **1.1 Релелік қорғаныстың тағайындамасы**

Электр тораптары мен энергетикалық қондырғыларды қолданыс кезінде олардың зақымдалуы мен қалыпты емес режимдері болады. Ең қауіптісі қысқа тұйықталулар, оқшауламаның зақымдалуы және асқын жүктемелер.

Қысқа тұйықталулар оқшауламаның тесілуінен немесе жабылуынан, сымдардың үзілуінен, қызметкерлердің қателесуінен (жерлендірілген қондырғыны кернеу бар кезде қосу, айырғыштарды жүктеме бар кезде ажырату) және де басқа себептерден болады.

Көп жағдайда ҚТ орнында доға пайда болады, оның термикалық әсері ток жүретін бөліктердің, изоляторлардың және электрлік аппараттардың бұзылуына алып келеді. ҚТ кезінде зақымдалған жерге мыңдаған ампермен өлшенетін өте жоғары токтар келеді, олар ток жүргізетін бөліктердің зақымдалмаған жерлерін қыздырып қосымша зақымдалуларға алып келуі мүмкін, мысалы апатқа. Сл кезде зақымдалған жермен электрлік жалғанған торапта кернеудің мәні өте төмен мәнге жетеді, ал ол өз кезегінде электр қозғалтқыштардың тоқтауына және генераторлардың қатар жұмысының бұзылуына алып келеді.

Көп жағдайда апаттың алдын алу үшін электр құрылғысының немесе тораптың зақымдалған бөлігін релелік қорғаныс деп аталатын ажыратқыштардың өшірілуіне әсер ететін, арнайы автоматты құрылғылар арқылы тез арада өшіреді.

Зақымдалған элементтің ажыратқыштарын өшіргенде ҚТ орнындағы электрлік доға өшеді және зақымдалмаған бөліктегі электрлік құрылғы немесе торапта қалыпты кернеу жүреді. Осыған байланысты ҚТ болған жердегі қондырғылардың зақымдалуы азайтылады немесе мүлде жойылады, және де зақымдалмаған қондырғы қалыпты жұмысына келеді.

Сонымен, релелік қорғаныс ҚТ пайда болған орнын анықтау және зақымдалған қондырғының ажыратқышын өшіру және тораптың бөлігін электр құрылғысының немесе тораптың басқа зақымдалмаған бөліктерінен ажыратады.

Электр қондырғысының зақымдалуынан басқа асқын жүктеме, бейтарабы оқшауланбаған тораптағы бір фазаның жерге тұйықталуы, трансформатордағы майдың бүлінуінен газдың бөлінуі, немесе оның кеңейткішіндегі майдың деңгейінің азайуы және басқа жұмыс режимдерінің бұзылуына алып келеді.

Көрсетілген жағдайларда тез арада қондырғыны өшірудің қажеттілігі жоқ, себебі бұл құбылыстар қондырғыларға тікелей қауіп төндірмейді және өзі жойылуы мүмкін. Сол себепті тұрақты қызметкерлері бар қосалқы стансалардағы қалыпты режим бұзылғанда қызметкерлеріне белгі беру жеткілікті. Қызметкерлері жоқ қосалқы стансаларда және жекелеген жағдайларда қызметкерлері бар қосалқы стансаларда қондырғы уақыт ұстанымы арқылы өшіріледі.

Релелік қорғаныстың екінші тағайындамасы қондырғылардағы апатқа алып келетін қалыпты емес жұмыс режимдерін анықтау, және қызметкерлерге ескерту белгісін беру, немесе уақыт ұстанымы арқылы қондырғыны ажырату. РҚА құрылғылары тұрақты түрде қосылып тұруы қажет. Апаттық және ескерту белгісін беру құрылғылары іске қосылуға дайын болуы қажет.

## 1.2 Қорғаныс релесінің классификациясы

Қосылу түріне байланысты релелердің түрлері:

- біріншілік (қорғалатын элементтің тізбегіне тікелей жалғану);
- екіншілік (өлшеуін ток және кернеу трансформаторлары арқылы қосылу).

Орындалу бойынша релелердің түрлері:

- электромеханикалық: контактілі жүйелері және қозғалатын элементтері бар;
- статикалық: контактілі жүйелері және қозғалатын элементтері жоқ (электрондық, микропроцессорлық).

Тағайындамасы бойынша релелердің түрлері:

- өлшеуіш релелері (ток, кернеу, кедергі, қуат, жиілік, температура, деңгей), максималды немесе минималды қызметтегі болуы мүмкін;
- логикалық реле (аралық, екі позициялық, уақыт, көрсеткіш (белгі беру)).

Өлшем релелерінде калибрленген пружина, тұрақты кернеу және көздері және т.б түріндегі тіреуіш элементтер бар. Олар реленің құрамына кіреді және ұстаным деп аталатын алдын ала қойылған шамаларды шығарады.

«Ұстаным» түсінігін 1929 жылы инженер Л.С. Бобровским (Свирьстрой, Ленинград) «құрылғы» түсінігінің орнына ұсынған. Максималды реле бақылаудағы шама жоғарылағанда, ал минималды реле төмендегенде іске қосылады.

Логикалық реле (аралық реле) басқа релелерден алынған импульстерді көбейту үшін қажет, сонымен бірге импульстерді күшейтеді және басқа аппараттарға команда береді, жекелеген операциялар арасында уақыт ұстанымын (уақыт релесі) жасайды, және де екіншілік аппараттар (көрсеткіш релесі) мен релелердің өздерінің қызметін тіркейді.

Ажыратқышқа әсер етуі бойынша релелердің түрлері:

- қозғалатын жүйесі коммутациялық аппараттың ажыртқыш құрылғысымен механикалық байланысқан тікелей әсер ететін реле (РТМ, РТВ);
- ажыратудың электромагниттік тізбегімен басқарылатын қосымша қызметтегі реле.

### **1.3 Релелік қорғаныстың негізгі түрлері**

1. Бір қоректендіру көзі бар 10-35 кВ радиалды желі үшін максималды ток қорғанысы (МТК).
2. Екі қоректендіру көзі бар 10-35 кВ желі үшін бағытталған максималды ток қорғанысы (МТК).
3. Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың газдық қорғанысы (ГҚ).
4. Трансформаторлардың, электр жеткізу желілері үшін дифференциалды қорғаныс (ДЗТ, ДЗЛ).
5. Бірнеше қоректендіру көзі бар 110-500 кВ желі үшін дистанционды қорғаныс.
6. 220-1150 кВ желі үшін дифференциалды-фазалық (жоғары жиілікті) қорғаныс (ДФЗ).

Егер релелік қорғаныстың қызметі бірінші кезекте қондырғыны өшіретін болса, онда электр автоматиканың қызметі оны қосу болып табылады. Электр автоматикаға автоматты түрде қайта қосу (АПВ) және механизмді немесе резервті қоректендіруді автоматты түрде қосу (АВР) жатады.

Осыдан басқа апатқа қарсы режимдік автоматика бар. Оған кіретіндер: автоматты түрде жиілікті азайту (АЧР); автоматты түрде жиілікті және активті қуатты реттеу (АЧРМ).

Сонымен бірге апатқа қарсы жүйелік автоматика бар: электр стансасының жүктелуін азайту, асинхронды режимнің алдын алу және тоқтату (АЛАР), түйіндегі кернеудің рұқсат етілген шамадан асуын немесе төмендеуінің алдын алатын (АОПН, АОСН), дозала түрінде әсер ететін қызметтегі автоматика (АДВ), тұрақтылықтың жойылуын алдын алатын автоматика (АПНУ). Мұндай құрылғылар ірі электр стансаларында және өте жоғары кернеудегі қосалқы стансаларда орналастырылады.

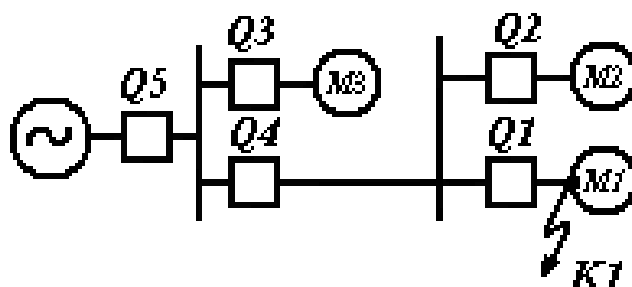
### **1.4 Релелік қорғанысқа қойылатын негізгі талаптар**

Релелік қорғанысқа қойылатын негізгі талаптар тез әсер ету, селективтілік, сезімталдық, беріктік:

а) тез әсер ету – бұл релелік қорғаныстың зақымдалуды мүмкіндігінше аз уақыт ұстанымында ажырату. Энергожүйенің тұрақты жұмысын сақтап қалу үшін ҚТ уақытының аз уақыты жеткілікті. 750-1150 кВ ЭЖЖ фаза аралық ҚТ пайда болғаннан кейін 0,06-0,08 с, 330-500 кВ ЭЖЖ - 0,1-0,12 с,

110-220 кВ ЭЖЖ- 0,15-0,3 с кейін ажырату қажет.

б) селективтілік немесе таңдау. Селективтілік дегеніміз релелік қорғаныстың зақымдалған жерді анықтап, оған жақын орналасқан ажыратқыштар арқылы ажырату (1.1 сурет).



1.1 сурет – Релелік қорғаныстың селективтілік принципін түсіндіруге арналған электр құрылғының сұлбасы

К1 нүктесіндегі (1.1 сурет) ҚТ кезінде апатты жою үшін қорғаныс тек Q1 ажыратқышына әсер етіп сол ажыратқышты ажыратуы қажет. Осы кезде электр құрылғысының зақымдалмаған бөлігі жұмыс жасап тұрады. Қорғаныстың мұндай таңдау қасиеті селективтілік деп аталады. Егерде К1 нүктесіндегі ҚТ кезінде Q1 ажыратқышынан бұрын немесе бірге Q4 ажыратқышының қорғанысы іске қосылып ажыратқыш ажыратылса, онда апатты жою дұрыс болмайды, себебі зақымдалған М1 электр қозғалтқышымен бірге зақымдалмаған М2 электр қозғалтқышы да кернеусіз қалады. Қорғаныстың мұндай жұмысы селективті емес деп аталады.

1.1 суреттен байқағанымыздай, К1 нүктесіндегі ҚТ кезінде Q5 ажыратқышының қорғанысы іске қосылып сол ажыратқышты өшірсе, онда мұндай селективті емес жұмыстың әсері одан да ауыр болады, себебі зақымдалмаған екі М2 және М3 электр қозғалтқыштары да кернеусіз қалады.

Қарастырылған мысалда апатты дұрыс жоюды қамтамасыз ету үшін селективтілік шартының орындалуы өте маңызды екенін көрсетеді.

в) сезімталдық дегеніміз – жүйе минималды режимде жұмыс жасап тұрған, қорғалып тұрған бөліктің соңында ҚТ болған кезде қорғаныстың берік түрде іске қосылуы.

Қорғаныс берілген электр құрылғысы немесе электр торабындағы зақымдалу мен нормалы режимнен ауытқуға сезімтал болуы қажет. Оның жұмыс жасауы зақымдалудың басында болуын қамтамасыз етсек, ҚТ болған жердегі қондырғының зақымдалу аумағы да аз болады;

г) беріктік – қолданылу кезіндегі уақыт ішінде қорғаныстың міндетті түрде өз қызметін орындау қасиеті. Қорғаныс өзі тағайындалған қондырғылардағы зақымдалудың барлық кезінде және қалыпты жұмыс режимі бұзылған кезде дұрыс және мүлтіксіз түрде қызмет жасауы қажет. Бірақ ол қалыпты жағдайда іске қосылмауы керек, сонымен бірге қызметі өзіне арналмаған қорғаныстың орнына қызмет жасамауы тиіс.

## **1.5 Энергожүйедегі зақымдалу мен қалыпты емес жұмыс режимдері**

а) қысқа тұйықталу зақымдалудың өте қауіпті және ауыр түрі болып табылады.

Электр тораптарындағы, машиналардағы, аппараттардағы қысқа тұйықталу түрі және зақымдалу сипаттамасына байланысты әртүрлі болады. Есептеулерді жеңілдету үшін және зақымдалу кезіндегі релелік қорғаныстың жұмысын талдау үшін ток пен кернеудің шамасына аса көп әсер етпейтін жекелеген жағдайлар алынбайды. Мысалы, әдетте ҚТ орнындағы өтпелі кедергілер есепке алынбайды. Үш фазаның да кедергісі бірдей есептеледі. Фаза аралық–екі фазалық және үш фазалық ҚТ – жерлендірілген, және де бейтарабы оқшауланған тораптарда болады. Бір фазалық ҚТ тек қана бейтарабы жерлендірілген тораптарда ғана болады.

Электр жеткізу желісіндегі зақымдалудың негізгі себебі, найзағай кезіндегі оқшауламаның жабылып қалуы, мұз кезінде сымдардың айқасуы және үзілуі, лақтырулар, ластанған және ылғал оқшауламаның жабылуы, қызметкерлердің қателігі және т.б.;

б) қалыпты емес режимдер. Қалыпты емес режимдерге қондырғыларға немесе энергожүйенің тұрақты жұмыс жасауына қауіп төндіретін тоқтың рұқсат етілген шамасынан ауытқуына байланысты режимдерді жатқызамыз.

Қалыпты емес режимдермен көп сипатталатындардың бірі тоқтың номиналды мәнінен жоғарылағанда пайда болатын асқын тоқтан пайда болатын асқын жүктеме. Номиналды дегеніміз тоқтың сол қондырғыға шексіз уақыт аралығында рұқсат етілген тоқтың максималды шамасын айтамыз. Қондырғыдан өтетін тоқтың шамасы номиналды мәнінен асса, онда біраз уақыттан кейін қосымша жылудың әсерінен оқшаулама мен тоқ өткізетін бөліктердің температурасы рұқсат етілген шамадан асады, ал ол оқшаулама мен тоқ өткізетін бөліктердің ескіруіне алып келеді. Асқын тоқтың себебі жүктеме жоғарылауынан немесе қорғалатын элементтен тыс жерде (сыртқы ҚТ) ҚТ пайда болуынан да болады. Қондырғының зақымдалуынан сақтану үшін асқын жүктеме кезінде оның жүктелуін азайту немесе ажырату қажет.

## **2 дәріс. Тоқ трансформаторлары орамаларының қосылуының типтік сұлбалары**

Дәрістің мазмұны: тоқ трансформаторларының негізгі қосылу сұлбалары, әртүрлі ҚТ арналған векторлық диаграммалар келтірілген.

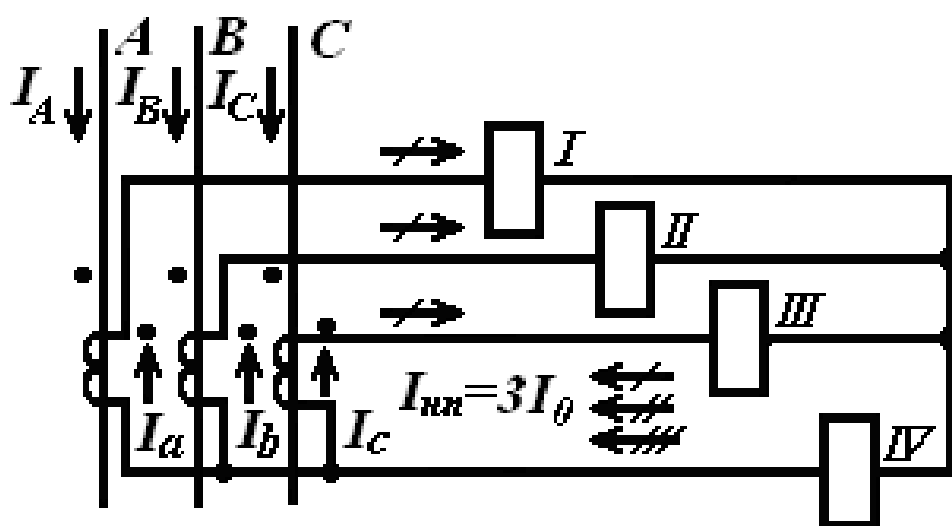
Дәрістің мақсаты: тоқ трансформаторларының негізгі қосылу сұлбаларымен танысу және әртүрлі ҚТ түрлеріндегі екіншілік тоқтардың таралуын анықтау, сұлба коэффициенті туралы түсінік алу.



## 2.1 Тоқ трансформаторлары орамаларының қосылуының типтік сұлбалары

2.1.1 ТТ және реле орамаларының толық жұлдызшаға қосылу сұлбалары.

Тоқ трансформаторлары барлық фазаларда орналастырылады. ТТ екіншілік орамалары мен реле орамалары жұлдызша болып қосылады, және де олардың нөлдік нүктелері нөлдік деп аталатын бір сыммен қосылады (2.1 сурет). Нөлдік нүктеге ТТ орамаларының бір аттас қыстырғыштары қосылады. Жебемен ТТ орамаларының полярлығы ескеріліп біріншілік және екіншілік тоқтарының оң бағыттары шартты түрде көрсетіліп, нүктемен белгіленген.



2.1 сурет - ТТ және реле орамаларының жұлдызшаға қосылу сұлбасы

2.1 суретте көрсетілгендей үш фазалы ҚТ және қалыпты режимде, *I*, *II* және *III* релелерде  $I_a = I_A / K_I$ ;  $I_b = I_B / K_{II}$ ;  $I_c = I_C / K_{III}$  фазаларының тоғы өтеді; ал нөлдік сымда олардың геометриялық суммасы:

$$I_{н.п} = (I_a + I_b + I_c), \quad (2.1)$$

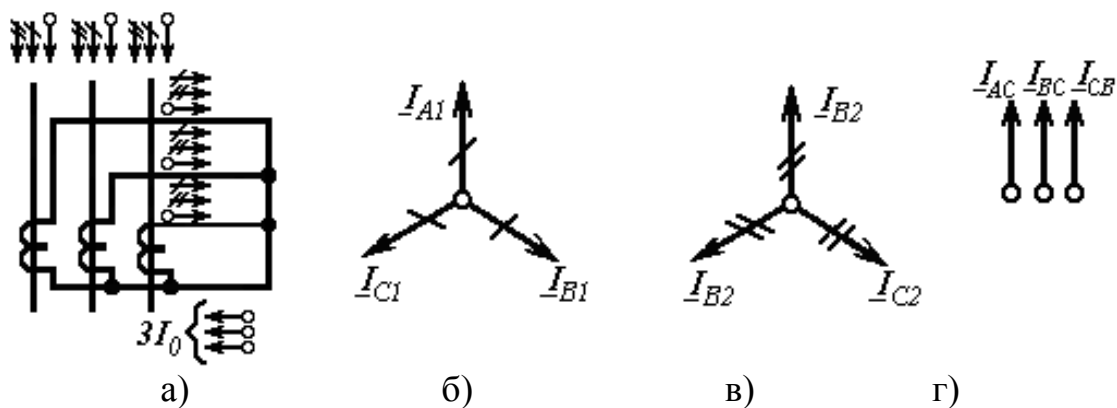
Олар симметриялық режимде нөлге тең (2.2, а сурет). Екі фазалық ҚТ кезінде тоқ зақымдалған екі фазада ғана және сәйкесінше зақымдалған фазаға қосылған ТТ релесінде өтеді (2.2, б сурет), зақымдалмаған фазада ток болмайды:

$$I_C = -I_B.$$

Нөлдік сымдағы ток жүктелген (симметриялық) режимде, және де екі және үш фазалық ҚТ да болмайды. Бірақ ТТ қателіктері мен сипаттамаларының бірдей болмау себебінен нөлдік сымда баланс емес тоғы

өтеді  $I_{н.п} = I_{нб}$ : қалыпты режимде оның шамасы 0,01-0,2 А, ал ҚТ кезінде өседі.

Бір фазалық ҚТ кезінде біріншілік тоқ тек зақымдалған фазада өтеді (2.2, в сурет). Оған сәйкестендірілген екіншілік тоқ бір реле арқылы өтеді де нөлдік сымға тұйықталады. Жұлдызшаға қосылу сұлбасының нөлдік сымы НТ (НП) тоқтың сүзгіші болып табылады.



2.2 сурет- Тоқтардың векторлық диаграммалары

Тік және кері тізбектегі тоқтар 2.3 а, суретте көрсетілгендей, нөлдік сымда өтпейді, себебі осы тораптағы векторлардың қосындысы нөлге тең (2.3, б, в сурет). НТ тоғы фаза бойынша сәйкес келгендіктен, нөлдік сымда осы тоқ шамасы үш еселенеді:  $I_{н.п} = 3I_0$ .

Бір ТТ екіншілік тізбегінің зақымдалуы (үзілу) кезінде нөлдік сымда фаза тоғымен бірдей тоқ өтеді, ол нөлдік сымдағы орналастырылған реленің қарастырылмаған жұмысына алып келеді.

Қарастырылған сұлбадағы фазаларда орналасқан реле ҚТ барлық түріне, ал нөлдік реледегі реле тек қана жерге ҚТ әсер етеді. ТТ және реле орамдарының жұлдызшаға қосылу сұлбасы ҚТ барлық түріне қолданылатын РҚ қолданылады. ТТ және реленің қосылу сұлбалары қарастырылған және де басқа да сұлбаларда реленің тоғы  $I_p$  фазаның тоғының  $I_\phi$  қатынасымен сипатталады, ол сұлбаның коэффициенті деп аталады:

$$k_{сх} = I_p / I_\phi. \quad (2.2)$$

Жұлдызшаға қосылу сұлбасы үшін  $k_{сх} = 1$ .

## 2.2 ТТ және реле орамдарының толық емес жұлдызшаға қосылу сұлбасы

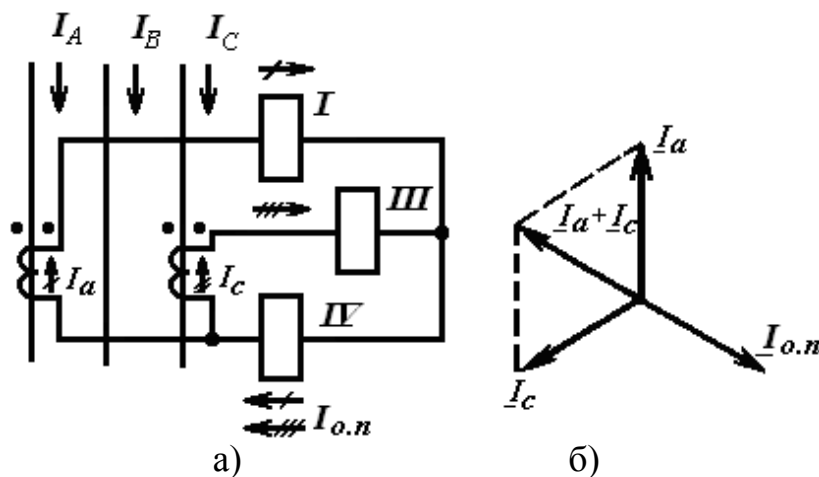
Тоқ трансформаторлары екі фазада орналасады және жұлдызшаға қосылу сұлбасындағыдай қосылады (2.4, а сурет). I және III релелерде сәйкес фазалардың тоғы өтеді:

$$I_a = I_A / K_I \quad \text{және} \quad I_c = I_C / K_I,$$

ал кері (ортақ) сымда (реле  $IV$ ) ток олардың геометриялық суммасына тең:

$$I_{o.n} = I_{IV} = -(I_a + I_c). \quad (2.3)$$

Векторлық диаграмманы есепке алғанда  $\underline{I}_a + \underline{I}_c = -\underline{I}_b$ , яғни,  $I_{o.n}$  екіншілік тізбекте жоқ фазаның тоғына тең (2.4, б сурет).



2.4 сурет - ТТ және реле орамаларының толық емес жұлдызшаға қосылу сұлбасы

Үш фазалы ҚТ және қалыпты режимде тоқтар  $I$  және  $III$  екі реледен және кері сымда өтеді. Екі фазалы ҚТ кезінде тоқтар қай фаза зақымдалғанына байланысты бір немесе екі реледе ( $I$  и  $III$ ) пайда болады. 2.2, б суретке сай ТТ орналасқан екі фазалы  $A$  және  $C$  фазалары арасындағы ҚТ кезінде кері сымдағы ток  $I_c = -I_a$ , болған жағдайда нөлге тең, ал  $AB$  және  $BC$  фазалары арасында тұйықталу болғанда ол сәйкесінше:  $I_{o.n} = -I_a$  және  $I_{o.n} = -I_c$  тең.

ТТ орнатылған фазадағы ( $A$  немесе  $C$ ) бір фазалық ҚТ жағдайында, ТТ екіншілік орамында және кері сымда ҚТ тоғы өтеді. ТТ орнатылмаған  $B$  фазасы жерге тұйықталғанда, РК тоқтар пайда болмайды. Сұлбаның коэффициенті  $k_{сх} = 1$ .

### 2.3 Екі фаза тоғының айырмасына қосылған, екі ТТ және бір реленің қосылу сұлбасы

Ток трансформаторлары екі фазада орналасады (мысалы,  $A$  және  $C$ , 2.5 сурет); олардың екіншілік орамдары әртүрлі аталатын қысқыштар арқылы қосылады, оларға реленің орамы қосылады. 2.5 суретте көрсетілгендей тоқтың таралуы біріншілік тізбекте  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$  тоқтары өткен жағдайда, реледегі  $I_p$  ток  $\underline{I}_a$  және  $\underline{I}_c$  фазаларының геометриялық айырымындағы тоққа тең, яғни:

$$\underline{I}_p = \underline{I}_a - \underline{I}_c, \quad (2.4)$$

мұнда  $\underline{I}_a = \underline{I}_A / K_I$ ;  
 $\underline{I}_c = \underline{I}_C / K_I$ .

Симметриялық жүктемеде және үш фазалы ҚТ  $\underline{I}_a - \underline{I}_c$  тоқтардың айырымы  $\sqrt{3}$  есе ( $\underline{I}_a$  және  $\underline{I}_c$ ) фазадағы тоқтан көп, және сәйкесінше:

$$I_p^{(3)} = \sqrt{3} I_\phi. \quad (2.5)$$

Екі фазалы  $AC$  ҚТ кезінде (ТТ қосылған фазалар):

$$I_p^{(2)} = I_a - (-I_c) = 2I_\phi, \quad (2.6)$$

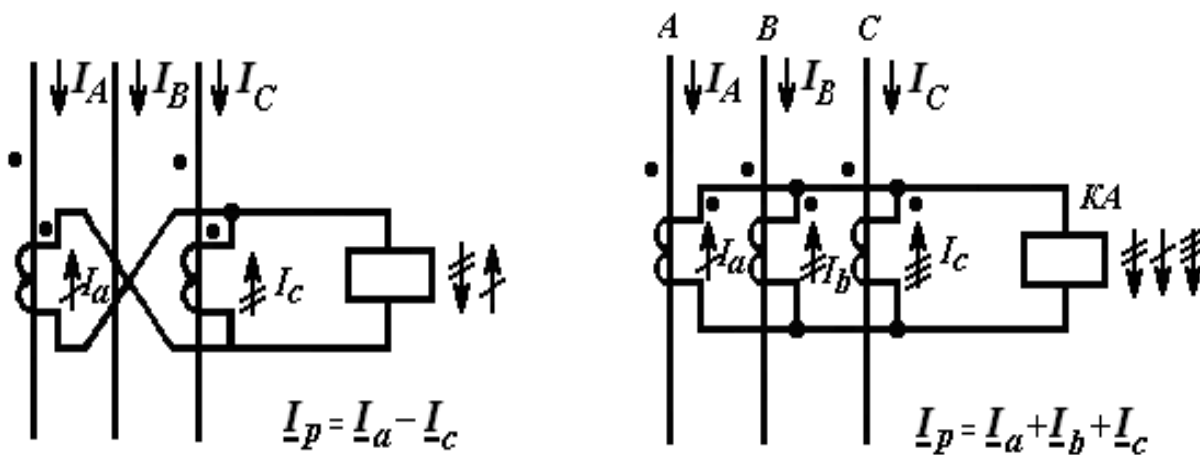
мұнда  $I_\phi = |I_a| = |I_c|$ .

$AB$  және  $BC$  екі фазалы ҚТ кезінде релеге бір фазаның  $I_a$  немесе  $I_c$  ғана тоғы түседі:

$$I_p^{(2)} = I_\phi, \quad (2.7)$$

мұнда  $I_\phi = I_a$  немесе  $I_\phi = I_c$ .

2.5а, 2.7в суретте келтіріліген сұлба, толық және екі фазалы жұлдызша сұлбасына карағанда  $AB$  и  $BC$  арасындағы ҚТ сезімталдығы  $\sqrt{3}$  төмен екендігін байқаймыз.



2.5 сурет - Екі фаза тоғының айырмасына қосылған ТТ қосылу сұлбасы

2.6 сурет - ТТ нөлдік тізбек тоғының сүзгішіне қосылу сұлбасы

## 2.4 ТТ нөлдік тізбек тоғының сүзгішіне қосылу сұлбасы

Тоқ трансформаторлары үш фазада орналасады, екіншілік орамның бірдей аталатын қысқыштары қатар қосылады, және оларға КА релесінің орамы қосылады (2.6 сурет).

Реледегі тоқ үш фазаның екіншілік тоқтарының геометриялық суммасына тең:

$$I_p = I_a + I_b + I_c = 3I_0.$$

Қарастырылған сұлба НТ тоқтардың сүзгіші болып табылады. Реледегі тоқ тек бір және екі фазалық жерге ҚТ пайда болады. Сондықтан да сұлба жерге ҚТ РҚ қолданылады. Релені 2.6 суреттегідей қосылуы оның 2.1 суреттегідей жұлдызшаның нөлдік сымына қосылғанымен тең.

## 3 дәріс. Микроэлектронды элементтік базадағы РҚА құрылғылары

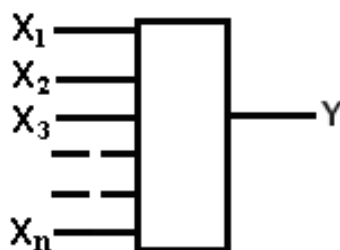
Қорғанысты құрудың жалпы принциптері.

Релелік қорғаныс құрылғылары, әдетте үш негізгі бөліктен тұрады: өлшеуіш, логикалық, шығыс. Өлшеуіш бөлігіне өлшеу және қорғаныстың қосылу мүшелері кіреді, олар алдын ала белгіленген қорғалатын аумақтың электрлік шамалары (тоқ, кернеу, қуат, кедергі) бақыланатын мәнге жеткен кезде логикалық бөлікке әсер етеді.

Қорғаныстың шығыс мүшелерінде ажыратып қосатын элементтер бар, олар басқару тізбегінің қызметін қаматамасыз етеді. Соңғы кезге дейін релелік қорғаныстың барлық мүшелері электр механикалық реле арқылы жасалды. Бірақ электр механикалық релелерді пайдалану техниканың дамуына кедергі жасады.

Соңғы жылдары электронды өндірісте интегралды сұлбалар пайда бола бастады. РҚЖА екінші даму бағыты– тиімділігі одан да жоғары, бірақ бағасы қымбат микропроцессорлық құрылғылар.

Микропроцессорлық құрылғылар №8 дәрісте қарастырылады.

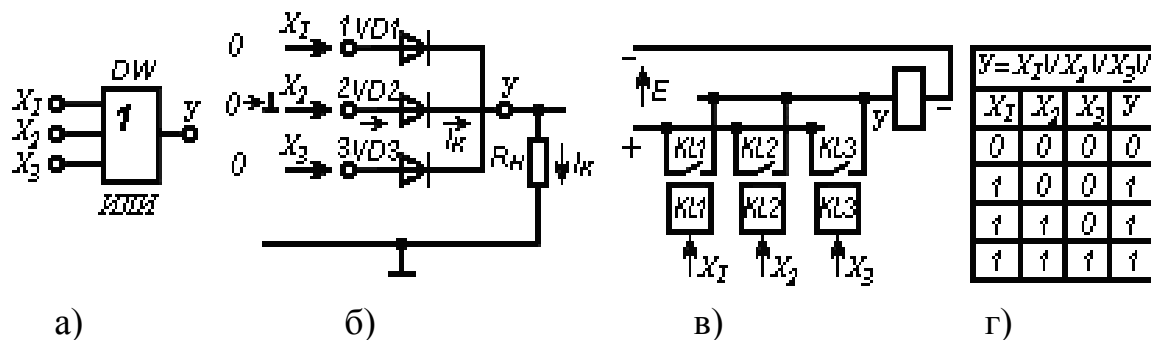


3.1 сурет – Логикалық элементтің жалпы шартталған бейнесі

Егер мінсіз логикалық элементті елестетін болсақ (3.1 сурет).

НЕМЕСЕ операциясы. НЕМЕСЕ операциясының орындалуын қамтамасыз ететін мініз элементтің шығысында нөлдік белгі кезінде шығыс белгісінің де мәні нөлге тең. Егер кіріс қысқыштарының бірінде біріншілік белгі болса, элемент бірден қосылады да оның шығысында біріншілік белгі пайда болады. Шығыстағы біріншілік белгі кез келген белгі санында сақталады. Кіріс қысқыштарындағы біріншілік белгілер алынған кезде шығыс белгісі НЕМЕСЕ қайтадан нөлдік жағдайға келеді.

Құрылымдық сұлбаларда НЕМЕСЕ элементі 3.2, а суретте көрсетілгендей белгіленуі тиіс.

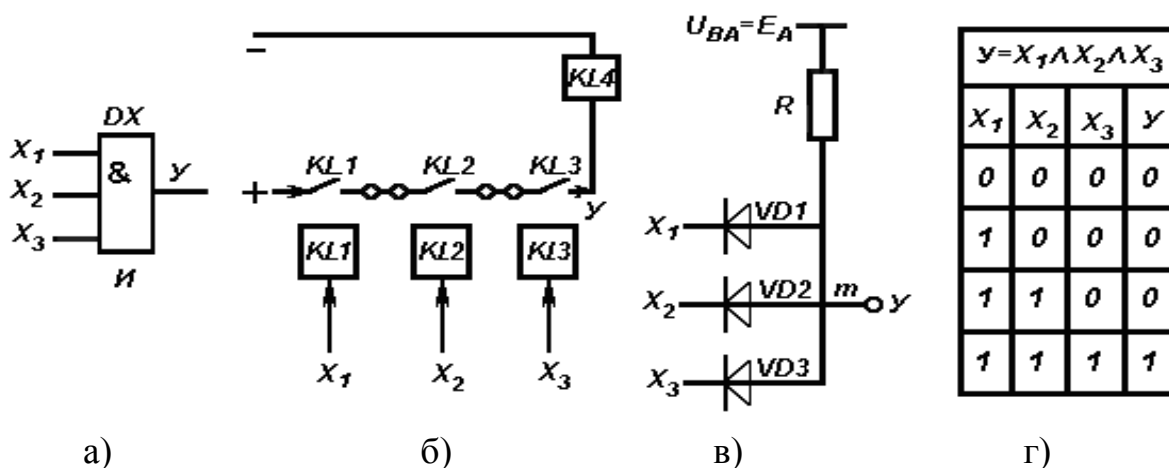


- а) – шартталған бейне; б) – жартылай өткізгіштік элементтерде;  
 в) – электромеханикалық элементтерде; г) – сәйкестік кестесі.

3.2 сурет – ИЛИ логикалық элементі

И операциясы. И операциясын орындайтын элемент, кіріс қысқыштарында нөлдік белгілер кезінде оның шығыс қысқыштарындағы белгілер нөлге тең. НЕМЕСЕ элементінен айырмашылығы кірістердің барлығына да біріншілік белгілер келгенде ғана ауысу жүргізіледі.

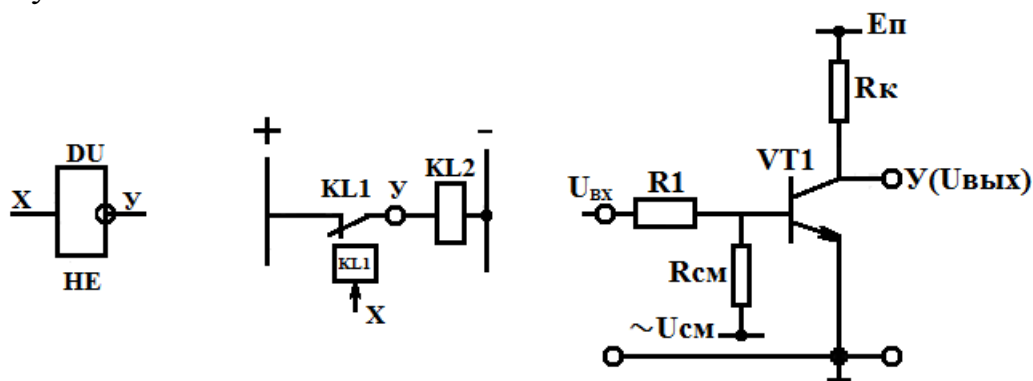
Құрылымдық сұлбаларда И элементі 3.3, а суретте көрсетілгендей белгіленуі тиіс.



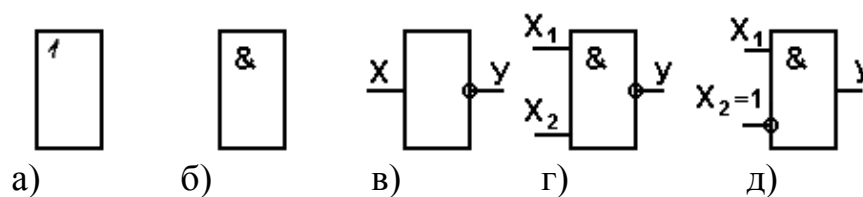
- а) шартталған бейне; б) электромеханикалық элементтерде;  
 в) жартылай өткізгіштік элементтерде; г) сәйкестік кестесі.

3.3 сурет – И логикалық элементі

Құрылымдық сұлбаларда НЕ элементі 3.4, а суретте көрсетілгендей белгіленуі тиіс.



- а) шартталған бейне; б) электромеханикалық элементтерде;  
в) жартылай өткізгіштік элементтерде.  
3.4 суерт–НЕ логикалық элементі



- а) ИЛИ элементі; б) И элементі; в) НЕ элементі; г) И-НЕ элементі;  
д) ЗАПРЕТ элементі.

3.5 суерт – Логикалық элементтің шартталған бейнесі

Өндірістік автоматика үшін сериялық логикалық микросұлбалар дайындалады. Олар күрделі элементтерден тұрады және И және НЕ операциясын бірден орындайды, мұндай элементтерді қысқаша түрде былай жазады: И-НЕ элементі. Әсер етуші мүше ретінде операциялық күшейткіштер пайдаланылады. Қоректендіретін кернеудің шамасы  $\pm 5 \pm 15$  В диапазон аралығында алынады.

#### 4 дәріс. Бағытталмаған ток қорғаныстары

Дәрістің мазмұны: 10-35кВ тораптардағы фаза аралық ҚТ ток қорғанысының негізгі түрлері келтірілген.

Дәрістің мақсаты: максималды ток қорғанысының әсер етуін, ток үзіндісін, селективтілікке жетудің әдісі мен сезімталдық коэффициентін жоғарылатуды үйрену.

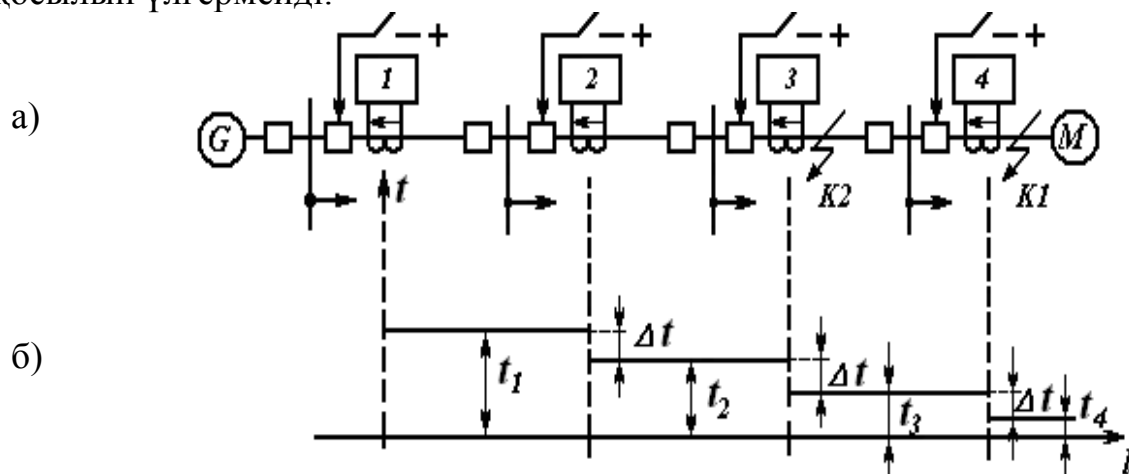
#### 4.1 Максималды тоқ қорғанысы. Тоқ қорғанысының әсер ету принципі

ҚТ пайда болуының белгілерінің бірі ЭЖЖ тоқтың жоғарылауы болып табылады. Бұл белгі тоқтық деп аталатын РҚ орындауда қолданылады. Тоқтық РҚ ЭЖЖ фазаларындағы тоқ белгілі бір мәннен асқан кезде іске қосылады. Тоқтың жоғарылауына әсер ететін реле ретінде максималды тоқ релесі қызмет етеді.

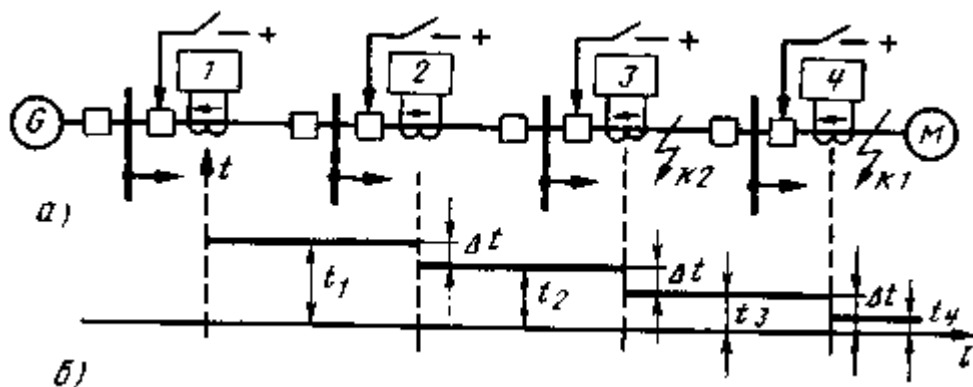
Тоқтық реле максималды тоқ релесі және тоқ үзіндісі болып бөлінеді. Бұл РҚ басты айырмашылығы селективтілікті қамтамасыз етуде болып табылады. Максималды тоқтық РҚ селективтілігінің әсері уақыт ұстанымы арқылы жасалады. Тоқ үзіндісінің селективтілігі сәйкес іске қосылатын тоқты таңдау арқылы қатамасыз етіледі.

*Қорғаныстың селективтілігі және әсер ету принципі.* Максималды ток қорғанысы (МТҚ) бір жақтан қоректендірілетін тораптағы РҚ негізгі түрі болып табылады. Олар әр ЭЖЖ басының қоректендіру жағында орналасады (4.1, а сурет). Әр ЭЖЖ өзіндік РҚ болады, ол одан қоректенетін ҚС шинасында, және көршілес ЭЖЖ резервінде тұрған РҚ, ЭЖЖ өзінде зақымдалу болған жағдайда ажыратады.

Тораптың қандай да бір нүктесінде, мысалы К1 нүктесінде ҚТ болса, қоректендіру көзі мен зақымдалған жердің арасындағы ҚТ тоғы тораптың барлық учаскелерінен өтеді, нәтижесінде барлық РҚ іске қосылады (1, 2, 3, 4). Селективтілік шарты бойынша зақымдалған ЭЖЖ орналасқан 4 РҚ өшірілуі қажет. Көрсетілген селективтілікті қамтамасыз ету үшін МТҚ уақыт ұстанымымен жұмыс жасайды, ол 4.1, б суретте көрсетілгендей тұтынушыдан қоректендіру көзіне қарай өседі. Осы принципті ұстанған жағдайда К1 нүктесіндегі ҚТ кезінде МТЗ 4 іске қосылып басқалардан бұрын зақымдалған ЭЖЖ өшіреді. Уақыт ұстанымы жоғары 1, 2 және 3 қорғаныстары өшірілмей тұрып өз қалпына келеді. Сәйкесінше К2 нүктесіндегі ҚТ кезінде бәрінен бұрын МТЗ 3 іске қосылады, ал уақыты көп МТЗ 1 және 2 іске қосылып үлгермейді.







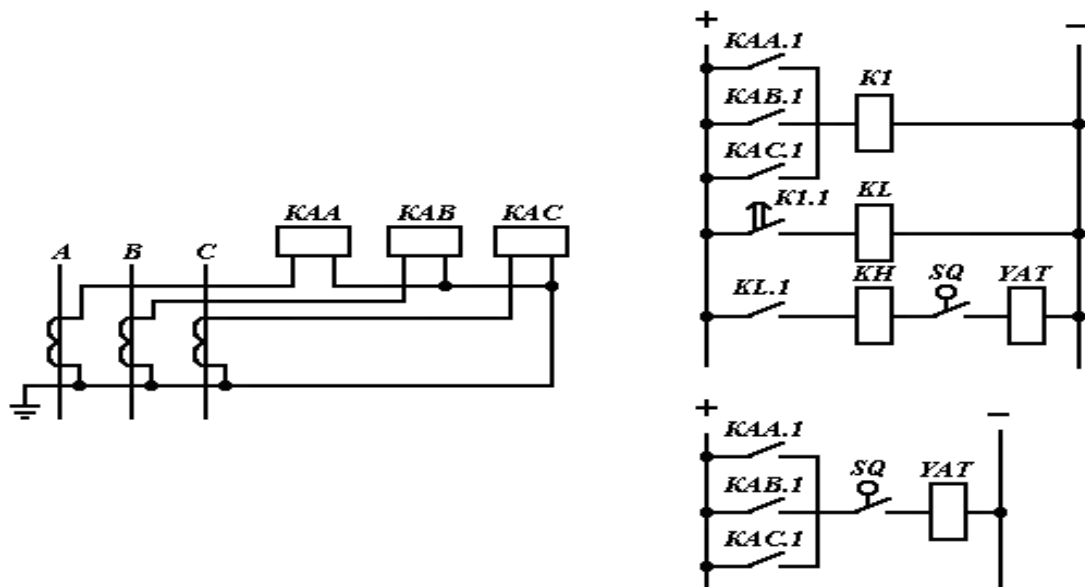
а) МТҚ орналасуы; б) сатылық принципімен таңдалған МТҚ уақыт ұстанымы.

4.1 сурет – Радиалды тораптағы максималды тоқтың РҚ

*Тұрақты оперативті тоқтағы МТҚ принципалды сұлбасы. Электр механикалық реледегі сұлбалар.*

4.2 суретте еліміздің электр тораптарында көп қолданылатын, электр механикалық реледе жасалған үш фазалы МТҚ сұлбасы келтірілген. Үш өлшем органы (4.2, а сурет) РТ-40 релесінің көмегімен, уақыт мүшесі - РВ-100 релесінің көмегімен, орныдаушы элемент - РП-20, РП-16 түріндегі аралық релелер немесе ажыратқыштың өшіру электромагнитінің тоғына арналып есептелген басқа аралық релелер арқылы жасалады. Сұлба бойынша қарастырсақ бұл қорғаныс ҚТ барлық түрінде жұмыс жасайды.

КА релесінің контактілері ИЛИ сұлбасымен қосылады. Қорғаныстың оперативті тізбегі қоректенуі басқару шинасының тұрақты тоғымен өзінің сақтандырғышы арқылы, ал ажырату электромагниті басқа сақтандырғыштардан жасалады. Үш фазалы сұлбалар әдетте терең жерлендірілген бейтарабы бар тораптарда қолданылады.



а) ток тізбектері; б) қорғаныстың оперативті тізбегі.

4.2 сурет – үш фазалы МТҚ принципалды сұлбасы

## 4.2 Қосылу тоғын таңдау

МТҚ қосылу тоғын таңдау кезінде қойылатын шарт оның қорғалатын бөліктің зақымдалуы кезінде берік жұмыс жасауы, сонымен бірге ол жүктеменің жұмыстық максималды тоғы кезінде және электр қозғалтқыштардың қосылуы мен өзіндік іске қосылуы кезіндегі қысқа уақыттағы асқын жүктемеде, сонымен бірге электр торабының қалыпты жұмысы бұзылған кезде қосылмауы тиіс.

Электр қозғалтқыштардың өзіндік іске қосылу кезіндегі жүктеменің тоғының көбеюі өзіндік қосылу коэффициенті деп аталады  $k_{сэп}$ , ол  $I_{р\ max}$  тоғының қаншалықты өскенін көрсетеді.

МТҚ  $I_{н\ max}$  реттеу үшін екі шартты орындау қажет. *Бірінші шарт бойынша* тораптағы ҚТ кезінде іске қосылған МТҚ (қорғалатын ЭЖЖ басқа), қорғалған ЭЖЖ жүктеме тоғы  $I_{н\ max}$  болған жағдайда, ҚТ ажыратылған кезде өз орнына түсуі қажет.

Бірінші шарт бойынша:

$$I_{с.з} = (k_{отс} / k_{в}) k_{сэп} I_{р}. \quad (4.1)$$

Екінші шарт бойынша  $I_{н\ тах}$ :

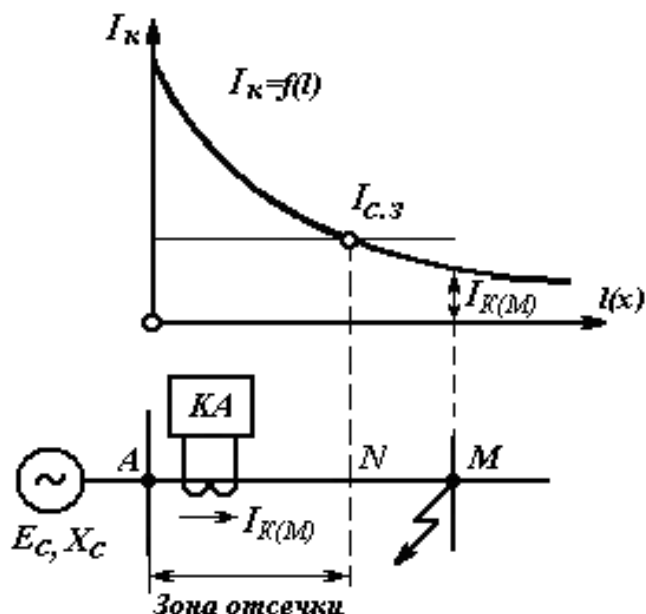
$$I_{с.з} > I_{н\ тах}. \quad (4.2)$$

## 4.3 Тоқ үзінділері. Тоқ үзінділерінің әсер ету принципі

Үзінді МТҚ бір түрі болып табылады, ол ҚТ тез өшірілуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Тоқ үзінділері бірден әсер ететін үзінді және уақыт ұстанымы бар үзінді болып бөлінеді.

Тоқ үзіндісінің селективтілігі белгілі бір ауданда ғана жұмыс жасайды, ол үзінді бұл ауданнан бөлек, көршілес жерде уақыт ұстанымы үзіндінің уақытымен бірдей немесе жоғары ҚТ болғанда іске қосылмауы тиіс. Ол үшін үзіндінің іске қосылу тоғы ҚТ максималды тоғынан (мысалы, АМ 4.3 сурет) көп болуы тиіс.

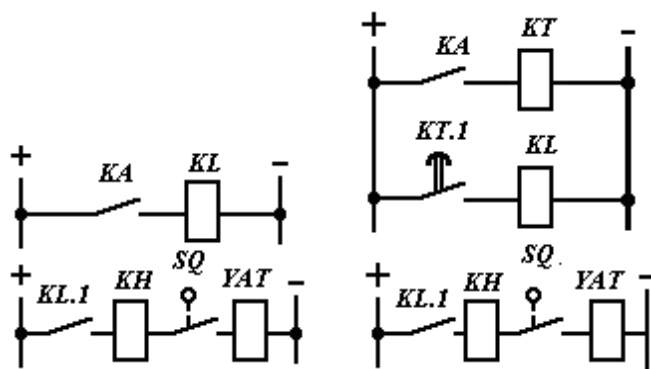
Селективтілік шарты бойынша *шапшаң* үзіндінің әсер ету аумағы қорғалып тұрған ЭЖЖ аспауы қажет. Уақыт ұстанымымен жұмыс жасайтын үзіндінің аумағы қорғалып тұрған ЭЖЖ асады және селективтілік шарты бойынша көршілес жатқан РҚ аумағынан тоқ және кернеу бойынша соңынан бастап қосылуы тиіс. Тоқ үзіндісі бір жақты және де екі жақты қоректенетін радиалды тораптарда қолданылады.



4.3 сурет - Ток үзінділерінің әсер ету принципі

Үзінділердің тұрақты тоқтағы тізбегінің сұлбасы 4.4, а, б. суреттерде келтірілген. Электр механикалық релелерде және тұрақты оперативті тоқта орындалған үзінді сұлбасы МТҚ сұлбасымен бірдей.

Уақыт ұстанымы бар үзіндінің сұлбасы уақыт ұстанымы тәуелсіз МТҚ сұлбасымен толығымен бірдей болып келеді. Олардың МТҚ сұлбасынан бір айырмашылығы уақыт релесінің жоқтығында.



4.4 сурет – Электр механикалық релелердегі ток үзіндісінің тұрақты ток тізбегіндегі сұлбалары

## 5 дәріс. Бағытталған ток қорғаныстары

Дәрістің мазмұны: екі релелік орындаудағы бағытталған қорғаныстың сұлбасы және оның желідегі ҚТ кезіндегі жұмысы келтірілген.

Дәрістің мақсаты: екі қоректендіру көзі бар тораптардағы бағытталған қорғаныстың қажеттілігін анықтау және бағытталған қорғаныстың қызмет

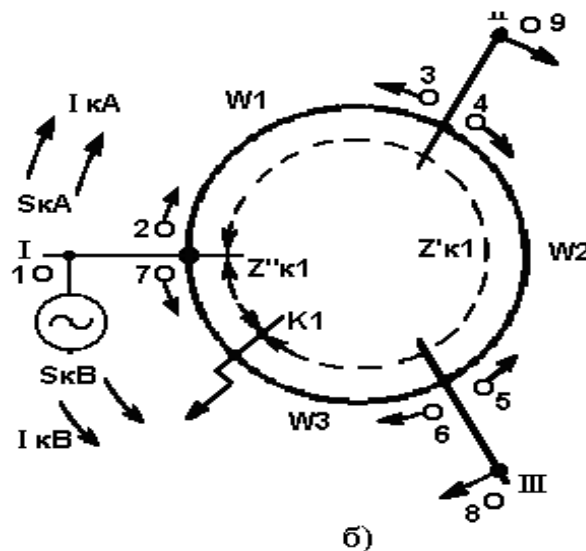
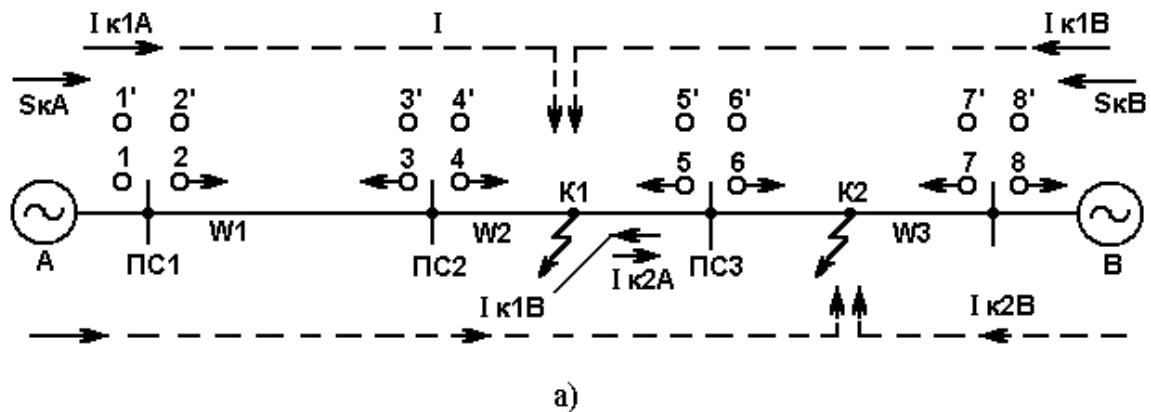
жасау принципін қарастыру.

### 5.1 Екі жақты қоректендірілген тораптардағы бағытталған ток қорғанысы

Бағытталған РҚ ҚТ қуатының белгілі бір бағытында қызмет жасайды. Бағытталған РҚ қолдану екі жақты қоректендірілетін (5.1, а сурет) тораптарда және бір жақты қоректендіруі бар (5.1, б сурет ) сақиналық тораптарда қажет.

Екі жақты қоректендіру кезінде ҚТ орындары РҚ зақымдалуын жою үшін қорғалатын ЭЖЖ екі жағында да (5.1 сурет) орналасуы қажет.

ҚТ РҚ ең оңай әдісі бір жақты қоректендірілетін тораптардағыдай, ҚТ тоғының пайда болуына әсер ететін қорғаныс бола алады. Бірақ токтың ғана шамасына қарайтын жоғарыда қарастырылған қарапайым МТҚ, мұндай тораптарда зақымдалудың селективті түрде ажырауын қамтамасыз ете алмайды.



а) радиалды торап; б) сақиналық тізбек.

5.1 сурет – екі жақты қоректендірілген тораптың сұлбасы және осы тораптарға РҚ орналастыру

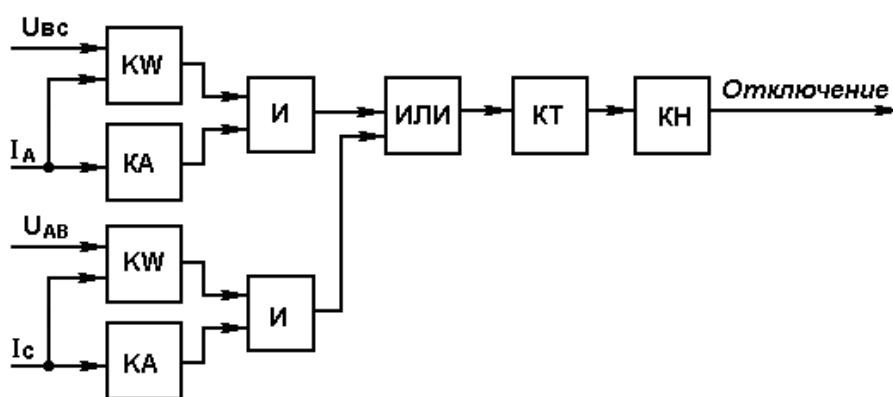
Оның селективті қызметі үшін қорғалатын қосылу жерінен өтетін қуат белгісін сезетін бағыт релесімен толықтыру қажет. 5.1 суретте берілген тораптағы барлық ЭЖЖ МТҚ орнатылған деп олардың біреуінің жұмысын қарастырып көрсек - мысалы 5'. К1 нүктесіндегі ҚТ кезінде 5' қорғанысының уақыт ұстанымы 6', 7' және 8' РҚ яғни,  $t_5 < t_6, t_7$  және  $t_8$ . қызмет ету уақытынан аз болуы қажет. К2 нүктесіндегі ҚТ болған жағдайда, МТҚ 5' РҚ 6' ( $t_5 > t_6$ ) жәй болуы керек. Екі шарттың да бірдей орындалуы тиіс. Бірінші шарт (яғни  $t_5 < t_6$ ) орындалған жағдайда МТҚ 5' W3 ҚТ болғанда селективті қызмет етпейді.

Бұл селективтілік еместікті МТЗ 5' шинадан ЭЖЖ ҚТ қуаты бағытталған кезде ғана іске қосылатын 5 бағытталған қорғаныспен ауыстырып жоюға болады. Бұл кезде 5 РҚ ҚТ кезінде W3 әсер етпейді, себебі бұл кезде қуаттың ҚТ желіден шинаға бағытталады да екінші шарт ( $t_5 > t_6$ ) қажет болмайды. Сатылы принциппен бір бағытта жұмыс жасайтын РҚ уақыт ұстанымын таңдағанда, тораптың басқа МТҚ бірдей орындалуы кезінде зақымдалудың селективті ажыратылуы мүмкін болмайды.

Жоғарыда аталғандардың нәтижесі бойынша екі жақты қоректендірілген тораптағы РҚ селективтілігінің орындалуының принциптерін жасауға болады:

1) қорғаныс ЭЖЖ екі жағынан да орнатылуы тиіс және ҚТ пайда болған кезде өшіруге қызмет жасауы қажет, егер қуат шинадан желіге бағытталған болса (5.1 сурет);

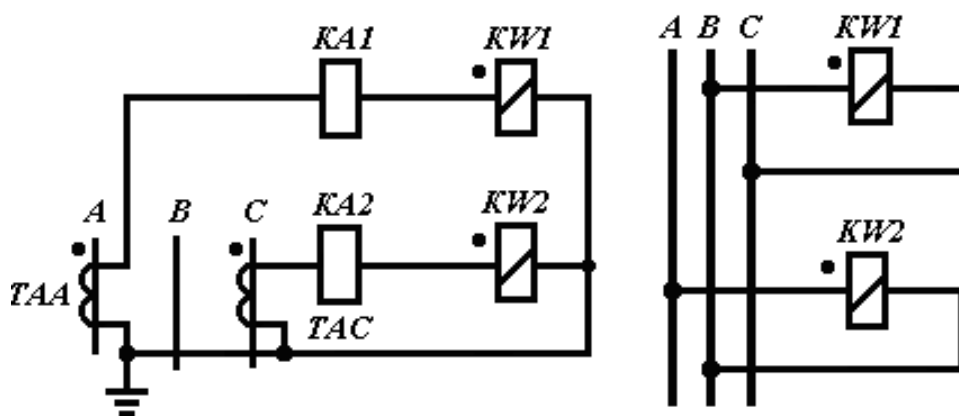
2) қуаты бір бағытта жұмыс жасайтын РҚ уақыт ұстанымы сатылық принцип бойынша қоректендіру көзіне қарай жоғарылауы тиіс: А қорек көзінен әсер ететін РҚ уақыт ұстанымы  $t_6 < t_4 < t_2$ ; В қорек көзінен әсер ететін РҚ уақыт ұстанымы  $t_3 < t_5 < t_7$ .



5.2 сурет - бағытталған тоқ қорғанысының әсер етуі және функционалдық сұлбасы

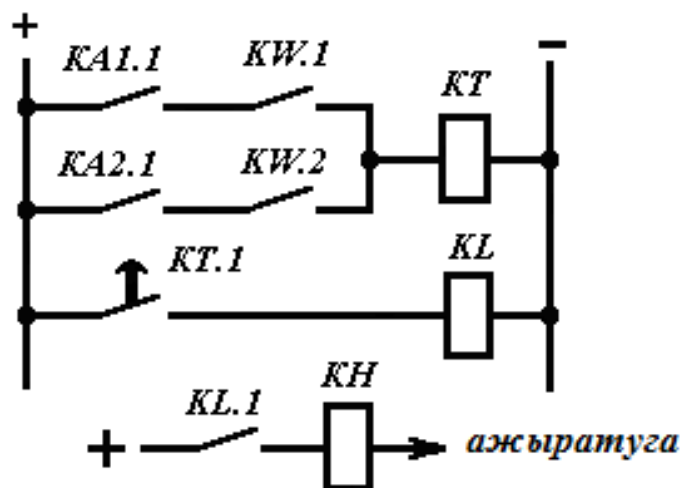
Бағытталған тоқ қорғанысы ҚТ кезінде қорғалатын ЭЖЖ зақымдалған фазаларының тоғы мен кернеуінің шамасына әсер етуі тиіс. Көп қолданылатын және 5.2 суретте көрсетілген БТҚ (НТЗ) структуралық (функционалдық) сұлба негізгі үш элементтен (органнан) тұрады: ҚТ тоғы

пайда болған кезде қосылатын және РҚ іске қосылуына рұқсат беріп белгі беретін екі қосқыш тоқ релесі КА (тоқ органдары); қуат шинадан ЭЖЖ қарай бағыт алған кезде РҚ іске қосылуына рұқсат беріп белгі беретін екі қуат бағытының релесі КВ (қуат бағытының органдары – ҚБО (ОНМ)). Егер қуат шинаға бағытталған болса, онда КВ релесі РҚ қызметін, берлгілі бағдарлама бойынша қызмет ететін логикалық сұлбаны (логика органдары) блоктайтын белгі береді: тоқ органының іске қосылғандығы жайлы белгіні қабылдап ҚБО (ОНМ) РҚ іске қосылуы жайлы белгіні жинақтайды, ол өз кезегінде берілген уақыт ұстанымымен ажыратқыштың ЭА жетіп оны өшіреді.



а) айнымалы тоқ тізбегі; б) кернеу тізбегі.

5.3 сурет – Электр механикалық релелі бағытталған МТҚ екі фазалық сұлбасы



5.4 сурет - Екі релелік бағытталған МТҚ оперативті тізбегі

КА Қосқыш тоқ релесі ЭЖЖ фазаларына тоқты қосады, ал қуат бағытының релесі (ҚБР (РНМ) – сол фазаның тоғына және сәйкес фаза аралық кернеуге қосады (5.3 сурет). ҚБР (РНМ) жұмысы оның қысқыштарына берліген қуат белгісімен анықталады:

$$S_p = U_p I_p \sin(\alpha - \varphi_p), \quad (5.1)$$

мұнда  $\alpha$  - кернеу релесінің тізбегіндегі кернеу мен тоқтың арасындағы жылжу бұрышы (ішкі жылжу бұрышы);

$\varphi_p$  -  $U_p$  және  $I_p$  арасындағы жылжу бұрышы.

Қорғалып тұрған ЭЖЖ ҚТ кезінде  $S_p$  оң ( $+ S_p$ ), және ҚБР (РНМ) БТҚға (НТЗ) өшіруге қызмет жасауға рұқсат береді. Қорғалатын W1 ЭЖЖ (7.1 сурет) немесе одан кейінгі W2 бөлігінде ҚТ болған жағдайда КА және КW релесі іске қосылып, И кірмесіне сигнал береді (5.1 сурет). И элементінің кірмесінде сигнал пайда болып, ол ҚТ іске қосады (5.1 және 5.4 сурет). Берілген уақыт бойынша КТ кірмесінде сигнал пайда болып, КL элементіне әсер етеді, ол өз кезегінде ажыратқыштың ажыратылуына белгі береді. Осы қосалқы стансаның (W2 5.1 сурет) басқа қосылымдарында ҚТ болған жағдайда КА іске қосылады, егер  $I_k > I_{c.3}$ , бірақ КW жұмыс жасамайтындықтан И элементі сәйкесінше НТТ (НТЗ) жалпы іске қосылмайды. Қарастырылған сұлба контактілері бар және де контактілері жоқ релелер арқылы іске асырыла алады.

Қалыпты жағдайда, егер жүктеме қуаты шинадан ЭЖЖ бағытталған болса РНМ іске қосылуы мүмкін. Бұл жағдайда НТТ қосылуын жою үшін оның қосқыш органы КА жүктеме тоғынан жылжытып алу қажет ( $I_{c.3} > I_{n \max}$ ). Энерго жүйеде НТТ тербеліс кезінде қате жұмыс жасауы мүмкін, егер тербеліс тоғы  $I_{c.3}$  жоғары болса, КW қысқыштарындағы  $S_p$  қуат шинадан ЭЖЖ қарай бағытталады, тербеліс периоды НТТ уақыт ұстанымынан көп болады. Сақинада орналасқан НТТ ісін талдаған кезде оның қызметінің каскадты түрде болуы мүмкін екендігін ескеру қажет, яғни РҚ тізбекті қызмет жасауы мен қорғалатын ЭЖЖ соңындағы ажыратқыштың ажыратылуы. К1 нүктесінде ҚТ болған жағдайда қоректендіру көзінен қашық орналасқан III ҚСТ 6 РҚ өлшеу органдары, зақымдалу кезінде сезімталдығының төмендігінен іске қосылмай қалуы мүмкін. I ҚСТ жағындағы зақымдалудан кейін ЭЖЖ өшіріліп, III ҚСТнан өтетін тоқ жоғарылайды және 6 РҚ каскадты түрде жұмыс жасап, К1 нүктесіндегі ҚТ жояды.

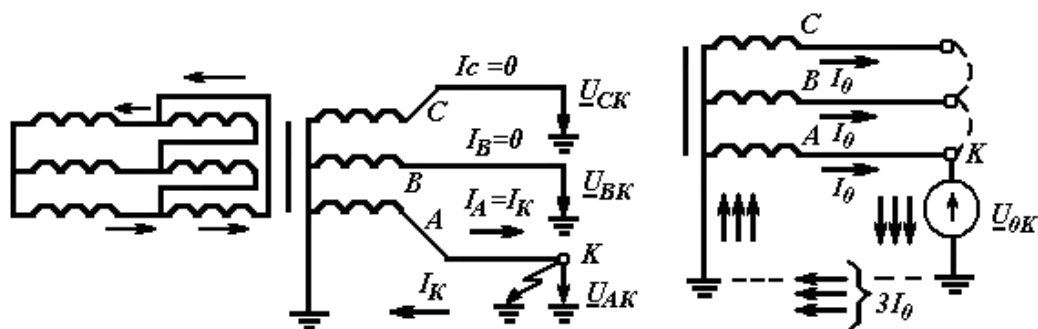
## **6 дәріс. Тұйықталу тоқтары жоғары тораптардағы жерге қысқа тұйықталудан тоқтық қорғаныстар**

Дәрістің мазмұны: бейтарабы терең жерлендірілген тораптардағы жерге тұйықталудан жерліні қорғаудың сұлбасы келтіріліген, оның қызмет жасау принципі қарастырылған.

Дәрістің мақсаты: бейтарабы терең жерлендірілген тораптардағы нөлдік тізбектегі тоқтың таралуын, және жерге ҚТ бағытталмаған сонымен қатар бағытталған қорғаныстың сұлбасының түрлерін қарастыру.

## 6.1 Бейтарабы жерге қысқа тұйықталуған тораптардағы жерге қысқа тұйықталудан қорғаныс

ЭЖЖ жерге (бір және екі фазалы) ҚТ қорғау үшін нөлдік тізбектегі ток пен қуатты сезінетін РҚ қолданылады. Бұл РҚ әлдеқайда қарапайым және жоғарыда қарастырылған фазаның толық тоғына әсер ететін МТҚ қарағанда бірнеше артықшылықтары бар. Нөлдік тізбектегі қорғаныс МТҚ нөлдік тізбегі түрінде және қарапайым сонымен бірге бағытталған үзінді ретінде жасалады.



6.1 сурет – Тораптағы бір фазалы ҚТ (а) және  $I_0$  тоғының  $U_0$  (б) әсері арқылы өтуі

Бір фазалы ҚТ кезінде зақымдалған жердегі НТ тоғы  $I_{OK}$  зақымдалған фазадағы ҚТ тоғының  $1/3$  тең және фаза бойынша онымен бірдей болады, ал ҚТ нүктесіндегі кернеу зақымдалмаған фазалардың кернеуінің геометриялық суммасының  $1/3$  тең.

Қорғалатын W1 ЭЖЖ (6.1 сурет) немесе одан кейін орналасқан W2 бөлігінде ҚТ болған кезде КА және КВ релелері іске қосылып И кірмесіне (6.1 сурет) сигнал береді. Сонымен жерге ҚТ кезінде  $I_0$  тоқтарының пайда болуы, тек бейтарабы жерлендірілген трансформаторлар бар торапта ғана болады. Бірнеше жерлендірілген бейтарабы болса зақымдалу орнында НТ тоғы оның тарамдарының кедергісіне пропорционал кері таралып кетеді.

6.2 суретте торап сұлбасындағы НТ тоғының таралуының біршама жағдайлары көрсетілген. ҚТ орнына өтетін тоқтың бағыты оң деп қабылданған. Егер трансформатордың нөлдік нүктесі ЭЖЖ бір жағынан ғана жерлендірілген болса, онда жерге ҚТ кезінде НТ тоқтар зақымдалған орындар мен жерлендірілген бейтарап арасындағы бөлікте ғана өтеді (6.2 а сурет). Егер трансформатордың бейтараптары қарастырылып жатқан бөліктің екі жағынан да жерлендірілген болса (6.2, б сурет), НТ тоқтары ҚТ орынының екі жағынан да өте алады. Яғни тораптағы НТ тоқтың таралуы генератордың орналасу орнымен емес, ал жерлендірілген бейтараптың орналасынан анықталады деп тұжырым жасаймыз. Егер трансформатордың орамдары жұлдызша - үшбұрыш болып жалғанса, онда үшбұрыш жағындағы тұйықталу жұлдызша жағында НТ тоқтары болмайды.



Жұлдызша тораптағы орнатылған РҚ, үшбұрыш торабында жерге тұйықталуда жұмыс жасамайды.

*Қорғаныстың әсер етуі және сұлбасы.* НТ бағытталмаған МТҚ қорғалатын учаскенің бір жағында бейтарабы жерлендірілген трансформатор орналасса қолданылады. Бұл релелік қорғаныстың функционалды сұлбасы суретте келтірілген (6.3, а, б сурет). КАО тоқ релесі НТ тоқтың сүзгішіне қосылған, ол үшін толық жұлдызша сұлбасымен қосылған ТТ нөлдік сымы қолданылады. КАО-дағы тоқ үш фазаның екіншілік тоқтарының геометриялық суммасына тең:

$$I_p = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 3\underline{I}_0 / K_I. \quad (6.1)$$

КАО релесі  $3I_0$  тоғы пайда болғанда жұмыс жасайды да КТ уақыт релесін іске қосады; ол  $t$  уақыттан кейін КЛ аралық релесіне белгі береді, ал ол өз кезегінде ажыратқыштың ажыратылуына команда береді.

6.1 - суретке сәйкес қосылу релесінде  $I_0$  тоғы болса ғана РҚ пайда болады, сондықтан 6.1 - суретте көрсетілген НТ МТҚ жерге бір және екі фазалық ҚТ кезінде ғана жұмыс жасайды.

Фаза аралық ҚТ-да, сонымен қатар жүктеме және тербелу кезінде НТ МТҚ жұмыс жасамайды, себебі бұл режимдерде  $\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0$  тоқтарының суммасы және  $3I_0$  тоғы жоқ. НТ МТҚ басты артықшылығы ол жүктемеге әсер етпейді. Соның арқасында оны қалыпты режимдегі және асқын жүктемедегі тоқтардан реттеудің қажеті болмайды, ол фазалық тоқтарға әсер ететін МТҚ қарағанда РҚ біршама жоғары сезімталдығын қамтамасыз етеді. Бірақ НТ МТҚ жұмысы ТТ магниттелу тоғынан пайда болатын қателіктен қиындай түседі. Сондықтан біріншілік тоқтарының балансы бар болған режимдерде  $(\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0) >$  екіншілік тоқтардың суммасы  $\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c \neq 0$ . НТ МТҚ нөлдік сымында және қосылу релесінде баланс емес ( $I_{нб}$ ) деп аталатын қалдық тоқ пайда болады, ол  $I_0$  біріншілік тоғы болмаған кезде РҚ қажетсіз іске қосылуына алып келеді.  $I_{нб}$  шамасын ТТ магниттелу тоғын ескеріп табуға болады:

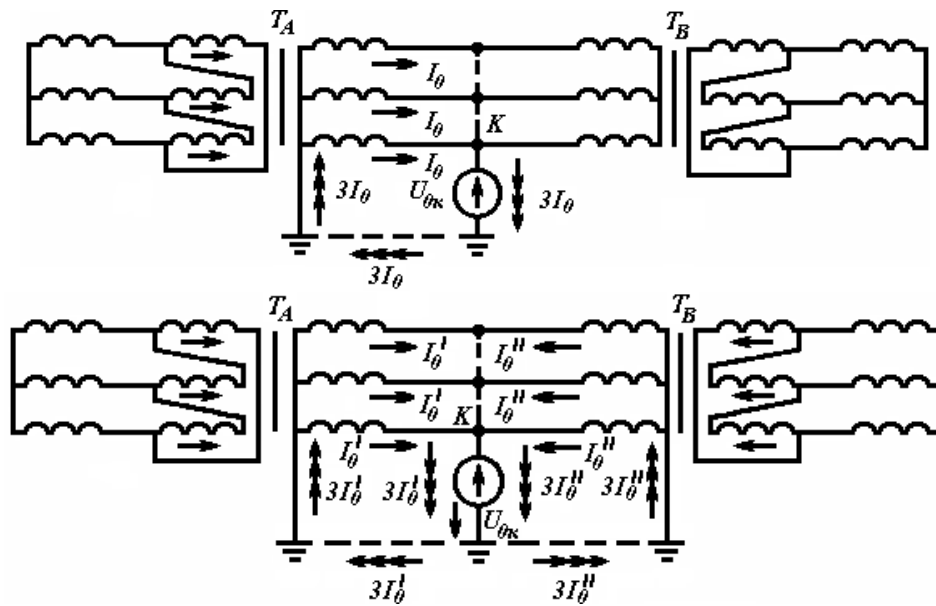
$$\begin{aligned} I_p &= \left( \frac{\underline{I}_A - \underline{I}_{A.нб}}{K_I} \right) + \left( \frac{\underline{I}_B - \underline{I}_{B.нб}}{K_I} \right) + \left( \frac{\underline{I}_C - \underline{I}_{C.нб}}{K_I} \right) = \\ &= \frac{\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C}{K_I} - \left( \frac{\underline{I}_{A.нб}}{K_I} + \frac{\underline{I}_{B.нб}}{K_I} + \frac{\underline{I}_{C.нб}}{K_I} \right) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Байқағанымыздай, 4.2-дегі екінші мүше баланс емес тоғы болып табылады. Оны  $I_{нб}$  деп белгілеп алып және бірінші мүшені  $I_0$  деп алып:

$$I_p = (3\underline{I}_0)/K_I - \underline{I}_{нб}. \quad (6.3)$$

аламыз.

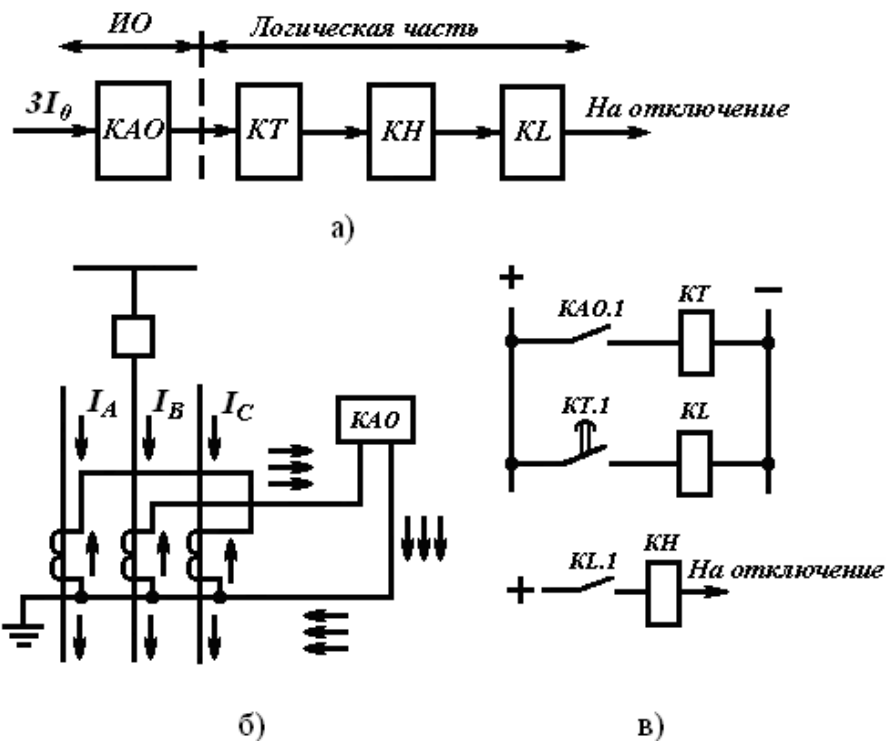
6.3 - теңдеу НТ МТҚ қосылу тоғында,ы ток екі құраушыдан тұрады: оның бірі  $I_0$  біріншілік тоғы және екіншісі ТТ қателігі. Соңғысы НТ МТҚ әсер ететін  $3I_0$  тоғының шамасын өзгертеді.



а) бейтараптың ЭЖЖ бір жағынан жерлендірілген кезде;

б) бейтараптың ЭЖЖ екі жағынан да жерлендірілген кезде.

6.2 сурет - Бір фазалы ҚТ кезіндегі нөлдік тізбектегі токтың таралуы



а) структуралық сұлба; б) ток тізбектері цепи;

в) электр механикалық РҚ бар оперативті РҚ тізбектерінің сұлбасы.

6.3 сурет - Нөлдік тізбектегі токтың қорғаныс сұлбасы

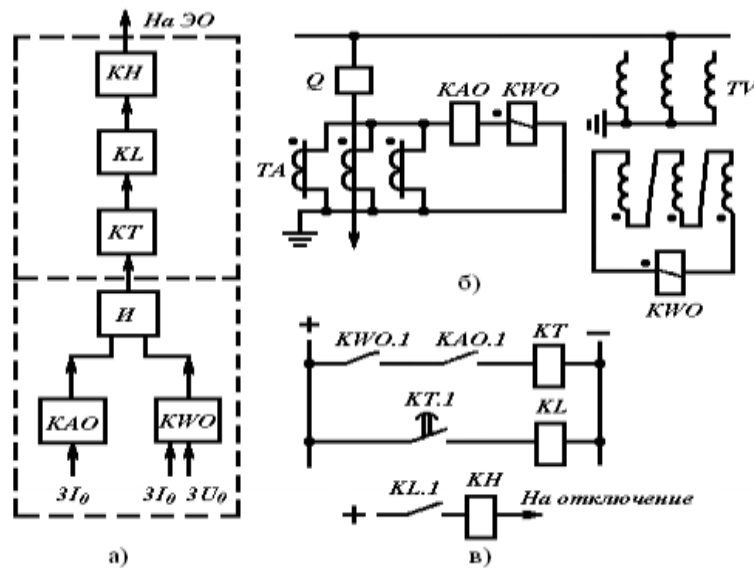
## 6.2 Нөлдік тізбектегі тоқтың бағытталған қорғанысы

Қарастырылып жатқан бөліктің екі жағында да орналасқан бейтарабы жерлендірілген тораптарда, НТ МТҚ селективті қызметін қуат бағытының органы бар кезде ғана қамтамасыз етіледі. Бағытталған НТ МТҚ (НТ БТҚ) қорғалған ЭЖЖ ҚТ болғанда жұмыс жасайды және осы қосалқы стансасынан кететін басқа қалған қосылуларда зақымдалуларда жұмыс жасамайды. Оның бұл жұмысы ҚТ кезіндегі НТ қуат (бағыт) белгісіне әсер ететін РНМ КВО арқылы қамтамасыз етіледі. НТ БТҚ (НТЗ НП) қорғаныстарындағы қуаттың бірдей бағытында жасалатын уақыт ұстанымдары сатылық принциппен таңдалуы тиіс. НТ бағытталған қорғаныстың структуралық сұлбасы 6.4, а суретте келтірілген. Бұл сұлба бойынша электр механикалық және жартылай өткізгіш реледегі қорғаныстар орындалады.

Сұлба жерге ҚТ пайда болуына (6.4, б сурет) әсер ететін КАО қосылу релесінен, ҚТ кезіндегі қуат бағытын анықтайтын қуат бағытының релесінен КВО, және КТ уақыт релесінен тұрады. Қосылу релесі және РНМ тоғының тізбегі толық жұлдызша сұлбасымен қосылған ТТ нөлдік сымна  $3I_0$  – на қосылады, РНМ кернеу тізбегінің кірістегі қысқыштарына КТ ажыратылған үшбұрышының  $3U_0$  кернеуі беріледі. Мұндай қосылуда КВО релесі НТ қуатына әсер етеді  $S_0 = U_0 I_0$ .  $U_0 I_0 \approx 90^\circ$  векторларының арасындағы және  $U_p = 3U_0$ ,  $I_p = 3I_0$  теңдеуінің жылжу бұрышын есепке алып қуатқа әсер ететін НТ релесін қолданамыз:

$$S_p = U_p I_p \sin(\alpha - \varphi_p) = 9U_0 I_0 \sin(\alpha - \varphi_p), \quad (6.4)$$

мұнда  $\varphi_p = \varphi_0 - U_p$  және  $I_p$  немесе  $U_0$  и  $I_0$  арасындағы фазаның жылжу бұрышы.



а) структуралық сұлба; б) тоқ және кернеу тізбегінің сұлбасы;  
в) оперативті тоқ тізбегі.

6.4 сурет - Нөлдік тізбектің бағытталған максималды тоқ қорғанысының сұлбасы

### **6.3 Нөлдік тізбектегі сатылы ток қорғанысы**

110 кВ және жоғары тораптарында НТ БТҚ кең қолданыс тапты, ал радиалды ЭЖЖ бір жақты қоректендіруі тоғы  $I_0$  бар және бағытталмаған НТ МТҚ (МТЗ НП). Сатылы РҚ уақыт ұстанымы бар және уақыт ұстанымынсыз үзінділерінен және НТ МТҚ (МТЗ НП) тұрады. Мұндай 4-сатылы НТ МТҚ (МТЗ НП) сұлбасы мен сипаттамалары 6.5 суретте келтірілген. РҚ бірінші сатысы уақыт ұстанымынсыз үзінді болып табылады, ол КА01 ток релесі арқылы және КWO қуат бағыты арқылы жасалады, оның арқасында қорғалатын ЭЖЖ бірінші жартысы ҚТ кезінде тез өшеді. Екінші саты келесі бөліктің ток үзіндісінен реттеледі және  $t_{II} = 0,4 \div 0,6$  с болады; ол КА02 релесі арқылы және КТ1 уақыт релесі арқылы жасалады, оның арқасында қорғалатын ЭЖЖ екінші жартысының РҚ қамтамасыз етіледі. Үшінші саты келесі бөліктегі РҚ екінші сатысынан реттеледі және оның уақыт ұстанымы  $t_{III} = 0,9 \div 1,1$  с тең, ол Қарсы ҚСТ шинасына кететін ЭЖЖ резервте ұстап, КА03 және КТ2 релесі арқылы орындалады.

Төртінші саты сезімталдық коэффициенті жоғары келесі учаскідегі РҚ резервтеуге арналған. Ол КА04 және КТ3 релесінің көмегімен орындалады. Үзіндіні разрядтағыштың жұмысынан реттеу үшін іске қосылу уақыты 0,03-0,06 с KL1 аралық релесі қарастырылған.

## **7 дәріс. 10-35 кВ тораптардағы жерге тұйықталудан қорғаныс**

Дәрістің мазмұны: бейтарабы оқшауланған тораптардағы жерге тұйықталудан желіні қорғаудың әдістері, кабельді желілерді қорғаудың ерекшеліктері оқытылады.

Дәрістің мақсаты: бейтарабы оқшауланған тораптардағы жерге тұйықталу кезінде нөлдік тізбектегі токтың таралуын анықтау, сәйкес қорғаныстардың спецификалық ерекшеліктерін қарастыру.

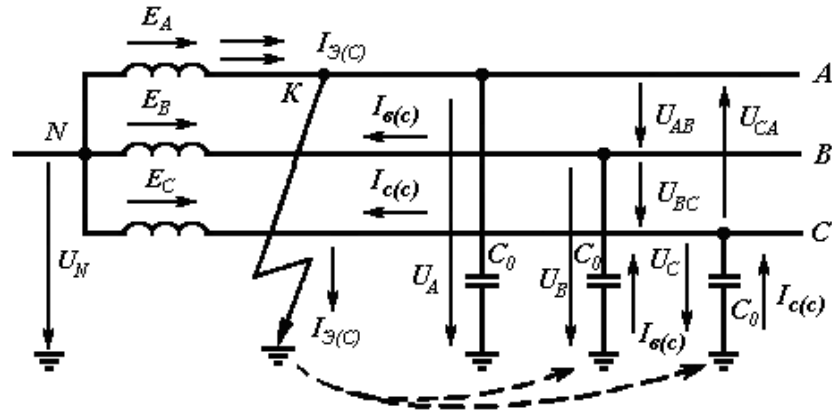
### **7.1 Бейтарабы оқшауланған тораптардағы бір фазалы жерге тұйықталудан қорғаныс, бір фазалы жерге тұйықталу кезіндегі токтар және кернеу**

Отандық энерго жүйелерде кернеуі 6 - 35 кВ электр тораптары, әдетте оқшауланған бейтарап немесе доға өшіргіш реактордың үлкен индуктивті кедергісімен жерлендірілген, сонымен қатар үлкен активті кедергі арқылы жерлендірілген бейтараппен жұмыс жасайды.

Бейтарабы терең жерлендірілген торапқа қарағанда, бейтарабы оқшауланған тораптағы бір фазалы тұйықталуда үлкен ҚТ тоғы пайда болмайды, себебі зақымдалу тоғы тораптағы фаза сыйымдылығының үлкен кедергілері арқылы жерге тұйықталады.

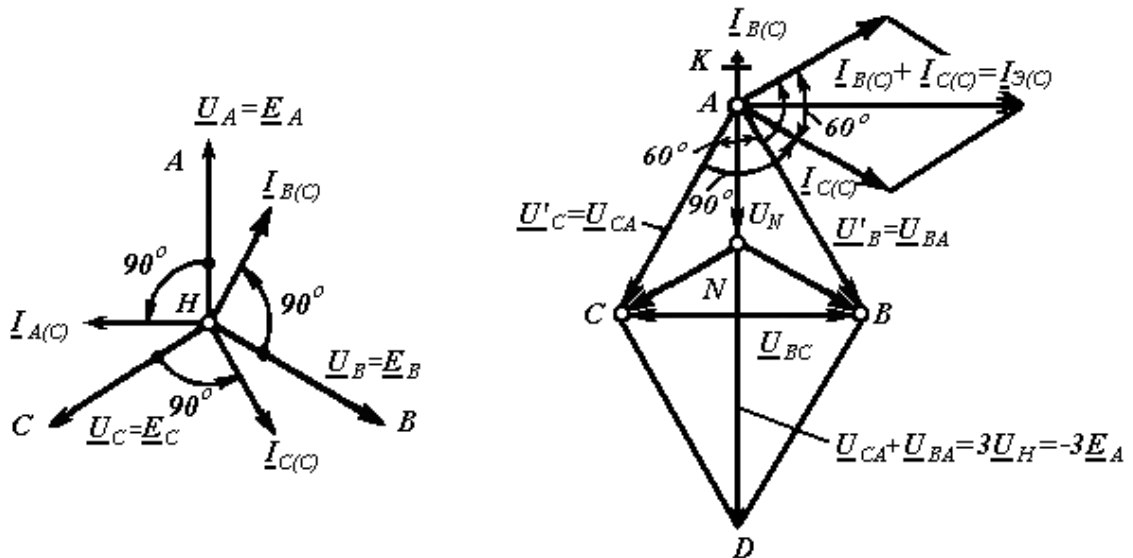
Тораптағы ток пен кернеудің өзгеру сипаттамасын және олардың

векторлық диаграммасын қарастырайық, егер олар қалыпты жағдайда болғанда және доға өшіргіш реактор немесе активті резистор арқылы тұйықталып тораптың бейтарабы оқшауланған кездегі режимде.



7.1 сурет – Бейтарабы оқшауланған тораптағы жерге тұйықталу кезіндегі фазалық токтардың өтуі

Жеңілдету үшін тораптағы жүктемені жоқ деп аламыз. 7.1 суретте қоректену көзі бар бейтарабы оқшауланған радиалды торап (генератор немесе төмендеткіш трансформатор) және шартты түрде барлық торапты көрсететін бір эквивалентті ЭЖЖ келтірілген. Жерге қатысты фазалардың таратылған сыйымдылығы келтірілген эквивалентті сыйымдылықпен  $C_0$  ауыстырылған. ЭЖЖ  $R$  және  $X$  кедергілері есепке алынбайды. Қоректену көзінің сыйымдылығы оның шамасы аз болғандықтан есепке кірмейді.



а) қалыпты симметриялық режимде; б) бір фаза жерге тұйықталған кезде.

7.2 сурет - Фазалық токтар мен кернеудің векторлық диаграммасы

Қалыпты режимде жерге қатысты А, В және С сымдарының кернеуі

сәйкес фазалық  $\underline{U}_A$ ,  $\underline{U}_B$ ,  $\underline{U}_C$  кернеулерге тең, олар жүктеме болмаған жағдайда қоректендіру көзінің ЭҚК тең  $\underline{E}_A$ ,  $\underline{E}_B$ ,  $\underline{E}_C$ . Бұл фазалық кернеулердің векторлары симметриялық жұлдызшаны құрайды (7.2, а сурет), ал олардың суммасы нөлге тең, соның нәтижесінде  $N$  бейтарбындағы кернеу болмайды:  $U_N = 0$ . Фазалық кернеудің әсерінен фазаның сыйымдылықтарынан жерге қатысты фазалық кернеуді  $90^\circ$  басып өтетін  $C_A, C_B, C_C$  тоқтары өтеді.

$$\underline{I}_A = \underline{U}_A / -jX_C; \quad \underline{I}_B = \underline{U}_B / -jX_C; \quad \underline{I}_C = \underline{U}_C / -jX_C,$$

мұнда

$$X_C = 1 / \omega C_0 \quad (7.1)$$

Қалыпты режимде фазалардан өтетін сыйымдылық тоқтарының суммасы нөлге тең, сондықтан да  $3I_0$  болмайды (7.2, а сурет).

*Бейтарабы оқшауланған тораптағы бір фазаның жерге металдық тұйықталуы.* А фазасы зақымдалды (7.1 сурет) деп алсақ, онда оның жерге қатысты фазалық кернеуі нөлге дейін төмендейді ( $U_A = 0$ ). Жерге қатысты  $U_N^{(1)}$  бейтараптың кернеуі  $\underline{U}_N = \underline{U}_{KN}$  тең болады (7.1 және 7.2, б сурет), яғни шамасы мен кері жерлендірілген фазаның белгісімен сәйкес:

$$U_N = U_{KN} = -E_A. \quad (7.2)$$

Зақымдалған фазаның жерге қатысты кернеуі фаза аралық шамаға дейін жоғарылайды  $\underline{U}_B^{(1)} = \underline{U}_{BA}$  және  $\underline{U}_C^{(1)} = \underline{U}_{CA}$ . Фаза аралық кернеу 7.1 және 7.2 суретте көрсетілгендей өзгермеген күйінде қалады. 7.2, б суретте жерге қатысты ( $\underline{U}_B^{(1)}$ ,  $\underline{U}_C^{(1)}$ ,  $U_N$ ) тораптың бейтарабы мен сымдардың кернеуінің векторлық диаграммасы құрылған: А, В, С нүктелері сымдардың потенциалын көрсетеді,  $N$  нүктесі қоректендіру көзінің бейтарабына сәйкес, А нүктесі жермен байланысқан және нөлдік потенциалға ие.

Жерге тұйықталу асқын тоқтың пайда болуына әкелмейтіндіктен және фаза аралық кернеудің шамасын өзгертпейтін болғандықтан, олар тұтынушылардың қоректенуі әсер етпейді және қатерлі тоқтармен жабдықтардың асқын жүктелуі болмайды. Сондықтан да бейтарабы оқшауланған торапта жерге ҚТ қарағанда тез арада жоюдың қажеті жоқ.

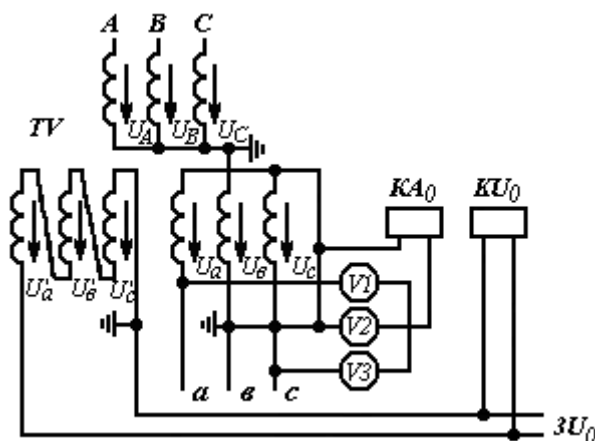
Бірақ жерге тұйықталудың ажыратылуы қажет, себебі тұйықталу тоғының жылуының жерге әсерінен және зақымдалу орынындағы электрлік доғаның әсерінен кабельдік ЭЖЖ фазалары арасындағы оқшауламаның зақымдалуы және бір фазалық тұйықталу фаза аралық тұйықталуға айналуы мүмкін. Одан басқа, жерге тұйықталудан пайда болатын асқын кернеу әсерінен зақымдалмаған фазаларда оқшауламаның жабылып қалуы немесе тесілуі мүмкін болғандықтан, тораптың әртүрлі нүктелерінде жерге екі тұйықталудың пайда болуына алып келуі мүмкін.

## 7.2 Жерге бір фазалық қысқа тұйықталудағы қорғаныстың орындалу принципі

Бір фазалы жерге тұйықталудан РҚ барлық түрлері  $I_0$  тоғының және  $U_0$  кернеуінің нөлдік тізбектерінің құраушыларына әсер етеді. Қарапайым құрылғының бірі жерге тұйықталуда  $3U_0$  әсер ететін селективті емес сигнал беруші болып табылады. Мұндай құрылғы тұйықталмаған жұлдызша сұлбасымен қосылған КТ орамдарынан  $3U_0$  кернеуінен қорек алатын  $KV_0$  кернеу жоғарылатқыш релесінен тұрады (7.3 сурет). Мұндай селективті емес сигнал бергіш 6-35 кВ тарату қондырғыларының шиналарында орнатылады. Оның орындалуы сол суретте көрсетілген басқа да нұсқасы болуы мүмкін. Бұл сұлбада жердің пайда болуы туралы, көрсеткіші зақымдалған фазаны көрсететін тораптағы фазаның оқшауламасын бақылайтын вольтметрдің нөлдік сымна қосылған релесі белгі береді.

Селективті сигнал беру тораптың қай жерінде жерге тұйықталу болғанын анықтай алатын РҚ толықтырылуы қажет. Селективтілік ретінде НТ құраушыларын әсер ететін бағытталмаған және бағытталған РҚ қолданылады.

Барлық қолданылатын РҚ қорғаныстың төрт түріне бөлуге болады, олар әсер етеді:



7.3 сурет – Жерге тұйықталу кезіндегі селективті емес сигнализацияның сұлбасы

- 1) тораптың табиғи сыйымдылығына (РҚ мұндай әдісі компенсация болмаған жағдайда немесе тораптың сыйымдылық тоғының асқын компенсациялануы бар кезінде ғана мүмкін);
- 2) қолдан жасалған НТ тоқтарына;
- 3) орнықталған режимдегі сыйымдылық тоқтарының резонанстық компенсациялануы кезінде зақымдалуған ЭЖЖ пайда болатын жоғары гармоника тоқтарына;
- 4) бірінші рет тұйықталу кезінде пайда болған өтпелі режимнің тоғына.

### 7.3 Нөлдік тізбектегі тоқтардың сүзгіштері

$I_0$  тоқтарының құраушыларын алу үшін бейтарабы терең жерлендірілген тораптарда қолданылатын үш трансформаторлы сүзгіштерді немесе нөлдік тізбектегі арнайы тоқ трансформаторларын қолдануға болады (7.4 сурет). Айтылып кеткендегідей  $I^{(1)}_3$  тоқтары өте аз, сондықтан үш трансформаторлы сүзгіштер пайдаланыла алмайды. Шындығында қарапайым ТТ мен электр механикалық релені пайдаланып сезімтал селективті сигналды орындауда біршама қиындықтар кездеседі:

1) қарапайым ТТ номиналды тоғы желінің жүктеме тоғы арқылы таңдалады, сондықтан да олардағы трансформация коэффициенті салыстырмалы түрде жоғары болады. Соның әсерінен жерге тұйықталудың екіншілік тоғының шамасы өте аз болады. Мысалы жерге тұйықталу тоғы 18 А, ал ТТ трансформация коэффициенті 600/5 болса, онда екіншілік тоғы 0,15 А тең;

2) мұндай тоққа қосу үшін ең сезімтал орамдарының кедергісі 80 Ом РТ-40/0,2 тоқ релесін таңдау керек. Мұндай кедергілері жоғары релені қосудың нәтижесінде тоқтың жартысы ғана релеге түсіп, сору тоғы деп аталатын қалған бөлігі пайдасыз түрде ТТ екіншілік орамдары арқылы зақымдалмаған фазаға тұйықталады. Сору тоғының шамасы 40-50% дейін жетеді.

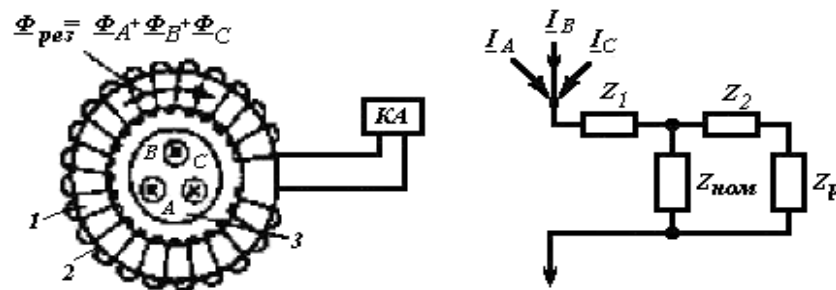
Жерге бір фазалы тұйықталу кезінде жоғары сезімталдықты, арнайы НТ ТТ (ТНП) орындалған, шығысында балан емес тоғы аз және соған байланысты сезімтал РҚ қамтамасыз ететін сигнал бергіш жасайды. НТ ТТ (ТНП) құрылғысы 7.4, а. суретте көрсетілген. Трансформатор болатынан жиналған 1 магнит сымы қорғалатын кабельді ЭЖЖ барлық үш фазасын орайтын дөңгелік немесе тік бұрыш көлемінде жасалған. НТ ТТ (ТНП) тесігінен өтетін А, В, С фазаларының сымы, трансформатордың біріншілік орамы болып табылады, екіншілік орамы ораушының саны  $w = 20 \div 30$  магнит сымында орналасады.  $I_A$ ,  $I_B$  және  $I_C$  тоқтарының фазалары магнит сымында сәйкесінше  $\Phi_A$ ,  $\Phi_B$ ,  $\Phi_C$  магнит ағынын жасайды, олар жиналып нәтижелік ағынды құрайды:

$$\Phi_{рез} = \Phi_A + \Phi_B + \Phi_C. \quad (7.3)$$

Тоқтардың суммасы  $I_A + I_B + I_C = 3I_0$  болғандықтан, НТТ біріншілік тоғынан пайда болатын нәтижелік тоқ, НТ тоқтарының құраушыларына пропорционал болады:

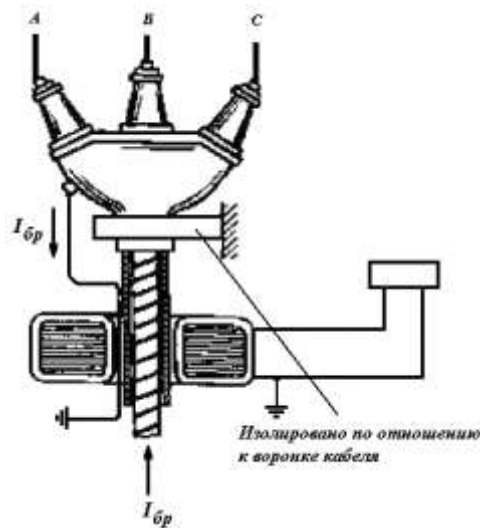
$$\Phi_{рез} = k3I_0. \quad (7.4)$$





а)

б)



в)

а) қондырғы; б) орынбасу сұлбасы; в) НТТ кабельде орналастыру.

7.4 сурет – нөлдік тізбектегі тоқ трансформаторы

$\Phi_{рез}$  ағыны, сәйкесінше екіншілік ЭҚҚ  $E_2$  және екіншілік тоғының  $I_2$  пайда болу шарты бойынша, фаза тоқтарының суммасы нөлге тең емес немесе басқаша айтқанда НТТ өтетін фазалық тоқтарда  $I_0$  құраушысы болуы керек. Сондықтан да НТТ екіншілік тізбегіндегі тоқ жерге тұйықталу болғанда пайда болады. Жүктеме режимінде, үш фазалы және екі фазалы ҚТ-да фазалар тоғының суммасы  $I_A + I_B + I_C = 0$ , сондықтан реледе ток болмайды ( $\Phi_{рез} = 0$ ).

Бірақ, НТТ екіншілік орамына қатысты А, В, және С фазаларының бірдей орналаспағандығынан екіншілік орамадр мен осы фазалардың өзара индукциялық коэффициенттері әртүрлі, біріншілік тоқтардың симметриялылығына қарамастан қалыпты режимде олардың магнит ағындарының суммасы нөлге тең емес. Екіншілік орамда ЭҚҚ және  $I_{нб}$  тоғын шығаратын баланс емес магнит ағыны ( $\Phi_{рез} = \Phi_{нб}$ ) пайда болады. НТТ баланс емес тоғы үш трансформаторлы сүзгішке қарағанда біршама аз. Оның себебі, әсіресе ҚТ тоқтары кезінде өзекшенің болаты қаныққан кезде пайда болатын, трансформация қателігімен ( $I_{нам}$ ) өзгертілетін екіншілік тоқтардың қосындысымен түсіндіріледі, ал НТТ тоқ трансформациясы баланс емес тоғы болмайды. НТТ бір орамды біріншілік орауыштардың магнит қозғалтқыш күштері қосылады, олардың қосындысы фаза аралық ҚТ-да нөлге тең. НТТ

екінші орауышындағы  $I_{нб}$  тоқ біріншілік тоқтар фазасының симметриялық еместігіне байланысты болады. Желіні қорғау үшін НТТ кабельді типте жасалады (ТЗ, ТЗЛ, ТФ). Әуелік ЭЖЖ РҚ жасау қажет болғанда кабельді қойылым жасалып оған НТТ орнатылады. Әуелік ЭЖЖ кабельге воронканы жасау кезінде кигізілетін, алынбайтын магнит сымы бар ТЗ түріндегі, және де кабельдік воронкасын алудың қажеті жоқ іске қосылып тұрған кабельдерде орналастырылатын, магнит сымы алынатын ТЗР және ТФ түріндегі НТТ жасалады. НТТ оралған зақымдалмаған кабельдің қабығынан  $I_{бр}$  тоғы өткенде РҚ релесінде РҚ дұрыс жұмыс жасамайтын тоқ пайда болады. Бұл тоқтар жерге тұйықталу болғанда немесе балқыту құрылғыларының жұмыс жасауы кезінде пайда болады. РҚ дұрыс емес жұмысын жою үшін, қорғасын қабығына және кабельдің қаптамасына тұйықталатын адасу тоқтарының әсерін өтемелеу қажет. Бұл мақсатта воронкадан НТТ дейінгі бөлікте кабельдің воронкасы мен қабығы жерден оқшауланады (7.4, в сурет), ал жерлендіргіш сым кабельдің воронкасына қосылып НТТ терезесі арқылы жүргізіледі.

Мұндай жасалуда кабельдің қаптамасынан өтетін тоқ жерлендірілген сым арқылы қайтады, сондықтан НТТ магнит сымындағы магнит ағыны қаптамадағы және сымдағы тоқтан өзара жойылады. НТТ магнит сымы кабель қаптамасынан берік оқшаулануы қажет.

## **8 дәріс. Желінің бойлық дифференциалдық қорғанысы**

Дәрістің мазмұны: желінің бойлық дифференциалдық қорғанысының сұлбасы оның қызмет ету принципі қарастырылған.

Дәрістің мақсаты: абсолютті селективтілігі бар желінің бойлық қорғанысының қызмет ету принципі, баланс емес тоғының пайда болу себебі, қорғаныстың ерекшеліктерін оқыту.

### **8.1 Желінің дифференциалды қорғанысы. Бойлық дифференциалдық қорғаныстың әсер ету принципі**

Қорғалып тұрған ЭЖЖ ҚТ кезінде барлық бөлікте уақыт ұстанымынсыз өшіруді орындау үшін дифференциалды РҚ қызмет етеді, олар бойлық және көлденең болып бөлінеді.

Бойлық дифференциалды РҚ қызмет ету принципі қорғалатын ЭЖЖ басында және соңындағы шамалардың және фоза тоғының салыстыруына негізделген. 8.1, а суреттен байқағанымыздай, сыртқы ҚТ-да (К нүктесіндегі) ЭЖЖ АВ ұштарында  $I_I$  және  $I_{II}$  тоқтары бір бағытт және шамалары бойынша тең, ал қорғалатын ЭЖЖ (8.1, б сурет) кезінде олар әртүрлі бағыт алған, және де бір біріне тең болмайды. Сәйкесінше,  $I_I$  және  $I_{II}$  тоқтарының шамасы мен фазасын салыстырып, ҚТ қорғалатын ЭЖЖ ме әлде оның сыртында болғандығын анықтай аламыз. Тоқтарды шамасы мен

фаза бойынша бұлай салыстыру әсер еткіш органда (тоқ релесі) жасалады. Бұл мақсат үшін қорғалатын ЭЖЖ соңына орналасқан және трансформация коэффициенттері бірдей ТТ екіншілік орауыштары қосқыш кабельдің көмегі арқылы КА (әсер еткіш орган) дифференциалды релесіне, сыртқы ҚТ кезінде реледегі тоқ  $I_{IB}$  және  $I_{IIB}$  тоқтарының айырымына тең, ал ЭЖЖ ҚТ кезінде олардың  $I_{IB} + I_{IIB}$  қосындысына болатындай етіп қосылады. Екіншілік тоқтарды (8.1 сурет) салыстыруға негізделген тоқтары циркуляцияланған дифференциалды РҚ сұлбасы қолданылады. Әсер еткіш орган – КА ток релесі ТТ екіншілік орауыштарына қатар қосылады. Мұндай қосылу кезінде сыртқы ҚТ болған жағдайда  $I_{IB}$  және  $I_{IIB}$  тоқтары КА орауыштары арқылы тұйықталып, одан кері бағытта өтеді (8.1, а сурет). Реледегі тоқ тоқтардың айырымына тең:

$$I_p = I_{IB} - I_{IIB} = I_I/K_I - I_{II}/K_I. \quad (8.1)$$

Трансформация коэффициенті тең болғанда және ТТ жұмысында қателіктер болмағанда, реле орауыштарын түсетін  $I_{IB} - I_{IIB}$  екіншілік тоқтары теңестіріледі,  $I_p = 0$  тоғы және реле қызмет жасамайды. Сонымен қызмет етуіне байланысты дифференциалды РҚ сыртқы ҚТ-ға, жүктеме тоғына және тербелуге әсер етпейді, сондықтан ол уақыт ұстанымынсыз жасалады және жүктеме тоғы мен тербелуге қатысты реттелмейді. Шын мәнінде ТТ қателікпен жұмыс жасайды. Соның әсерінен реледе көрсетілген режимдерде балан емес тоғы пайда болады:

$$I_p = I_{нб} = I_{IB} - I_{IIB}. \quad (8.2)$$

Сыртқы ҚТ-да селективті емес жұмысты жою үшін дифференциалды РҚ  $I_{с.з}$  баланс емес тоғының максималды шамасынан асуы қажет:

$$I_{с.з} > I_{нб \max}. \quad (8.3)$$

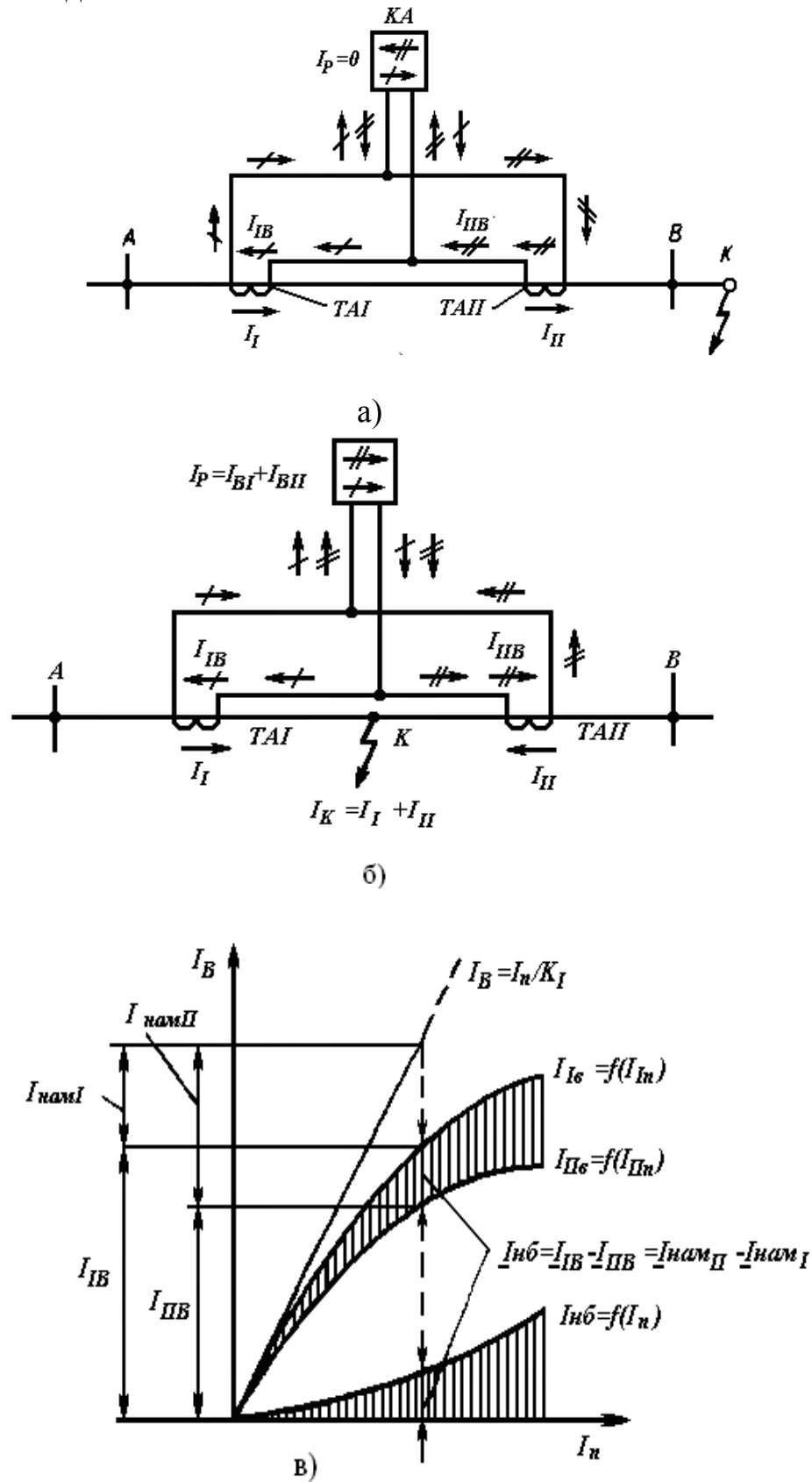
Қорғалатын ЭЖЖ ҚТ-кезінде (6.1, б сурет)  $I_I$  және  $I_{II}$  біріншілік тоқтары қосалқы станса шинасынан ЭЖЖ бағытталған (ҚТ орнына). Бұл кезде  $I_{IB} - I_{IIB}$  екіншілік тоқтары реле орауыштарында қосылады:

$$I_p = I_{IB} + I_{IIB} = I_I/K_I + I_{II}/K_I = I_K/K_I. \quad (8.4)$$

мұнда  $I_K$  – ҚТ толық тоғы, зақымдалу орнына келетін  $I_I$  және  $I_{II}$  тоқтарының қосындысына тең ( $K$  нүктесіне).

Бұл тоқтың әсерінен РҚ іске қосылады. 8.4 – теңдеуден байқағанымыздай дифференциалды РҚ зақымдалған жердегі толық ҚТ әсер етеді, және сондықтан да ЭЖЖ бір жағынан ғана өтетін тоққа әсер ететін тоқ РҚ қарағанда ол екі жақтан қоректенетін торапта оның сезімталдығы

жоғары. РҚ әсер ету аумағына тоқ релесі қосылған ТТ арасына орналасқан ЭЖЖ бөлігін алады.



8.1 сурет – Дифференциалды РҚ әсер ету принципі; ҚТ кезіндегі тоқтың таралуы: а) Қорғалмаған ЭЖЖ; б) Қорғалған ЭЖЖ; в) Баланс емес тоғы

## 8.2 Дифференциалды қорғаныстағы баланс емес тоғы

8.2 - теңдеуді біріншілік тоқтары арқылы екіншілік арқылы түрлендіріп, ТТ қателігін ескеріп реледегі  $I_{нб}$  аламыз:

$$I_{нб} = (I_I/K_I - I_{I_{нам}}) - (I_{II}/K_{II} - I_{II_{нам}}), \quad (8.5)$$

мұнда  $I_{I_{нам}}$  және  $I_{II_{нам}}$  – екіншілік орауыштарға ТТ (ТАІ және ТАІІ) жатқызылған магниттелу тоқтары. Сыртқы ҚТ-да, тоқтамай өтетін жүктеме тоғында кезінде және тербелуде, ЭЖЖ басындағы және соңындағы біріншілік тоқтар бірдей болғандықтан, 8.5 теңдеуден  $I_I = I_{II}$  аламыз:

$$I_{нб} = I_{II_{нам}} - I_{I_{нам}}. \quad (8.6)$$

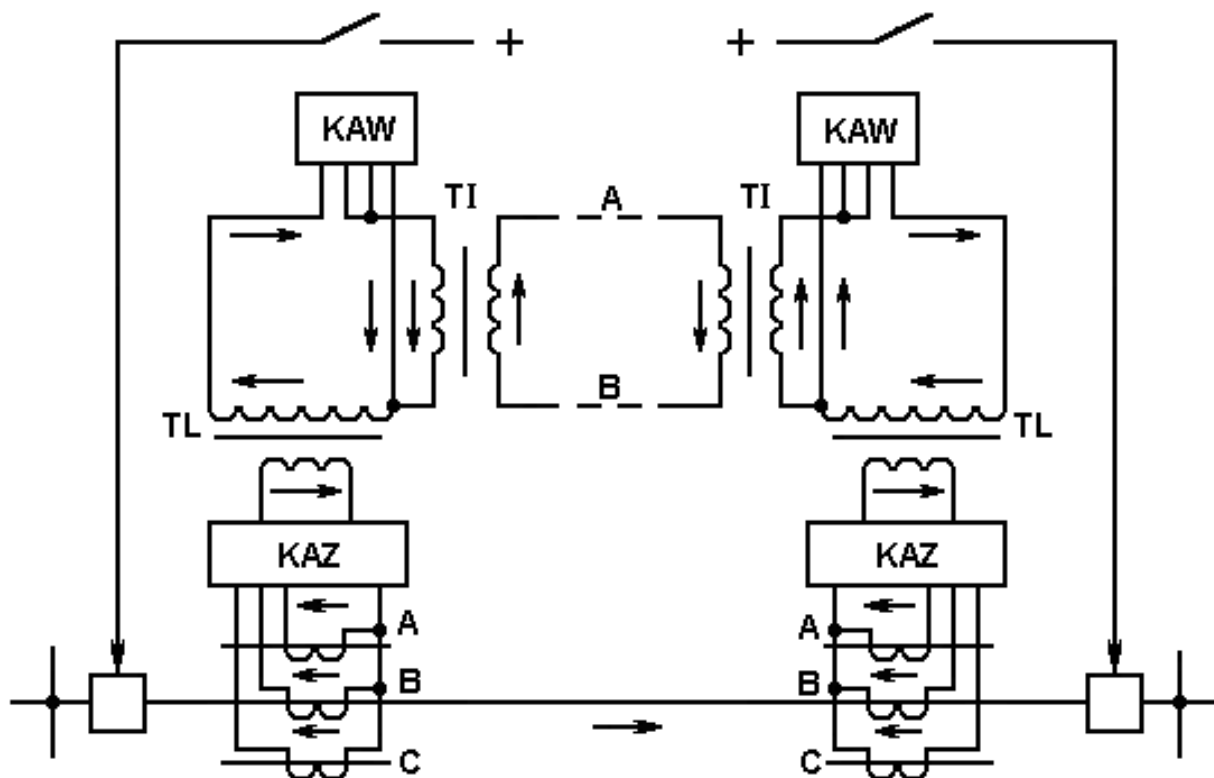
Бұл теңдеу баланс емес тоғының шамасының ТТ магниттелу тоқтары шамасының әртүрлілігімен анықталатынын көрсетеді. Сәйкесінше, баланс емес тоғын азайту үшін  $I_{I_{нам}}$  және  $I_{II_{нам}}$  магниттелу тоқтарының шамасы мен фазасы бойынша теңестіру қажет.

## 8.3 Желінің дифференциалды қорғанысының толық сұлбасы

Барлық қарастырылған сұлбаларда ҚТ-дың барлық түрлерінде РҚ іске қосылуы үшін фазаның үшеуінде де релені орнатудың қажеттілігі көрсетілген. Мұндай сұлбаны орындау үшін алты дифференциалды реле және төртеуден кем емес қосқыш сымдар қажет. Реле саны мен қосқыш сымдар санын азайту үшін, принципіалды сұлбада көрсетілгендей реле, симметриялық құраушылардың сүзгіші арқылы немесе қосынды трансформаторлар арқылы қосылады (8.2 сурет).

Бұл сұлбада қарастырылған элементтерден басқа айырғыш (оқшаулағыш) трансформатор қойылған, оның көмегімен АВ қосқыш кабелінің тізбегі реле тізбегінен ажыратылады. Мұндай айыру реле тізбегінде қорғалатын ЭЖЖ кабель қимасына келтірілген ҚТ тоғы өткенде немесе басқа себептерден пайда болатын жоғары кернеудің болуын жояды.

Тікелей және кері тізбектегі аралас сүзгіштері бар немесе тікелей және нөлдік тізбектегі РҚ кең тараған. Мұндай сүзгіштердің шығысындағы ток (немесе кернеу)  $I_1 + kI_2$  пропорционал немесе  $I_1 + kI_0$ . Тікелей тізбектің  $I_1$  құраушысы ҚТ-дың барлық түрінде бар.  $kI_2$  қосындысы симметриялы емес зақымдалуда пайда болады (екі және бір фазалы) және реледегі тоқты жоғарылатып РҚ сезімталдығын жоғарылатуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар  $kI_0$  қосындысының көмегімен де жасалады, бірақ жерге ҚТ кезінде ғана.



8.2 сурет – ЭЖЖ бір жүйелі бойлық РҚ толық принципіалды сұлбасы

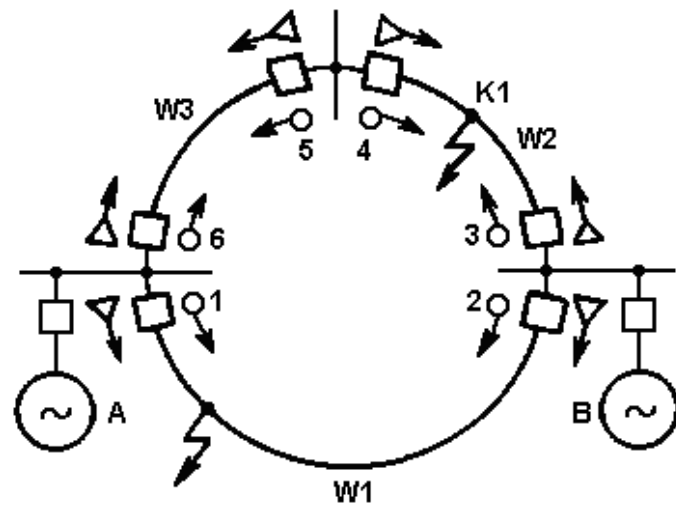
## 9 дәріс. Желінің дистанциондық қорғанысы

Дәрістің мазмұны: дистанциондық қорғаныстың қызмет ету принципі туралы жалпы мәліметті қарастыру

Дәрістің мақсаты: бірнеше қоректендіру көзі бар желіні қорғаудың ерекшеліктерін, кедергі релесінің қызметінің принципін, селективтілікке жетудің әдістерін қарастыру.

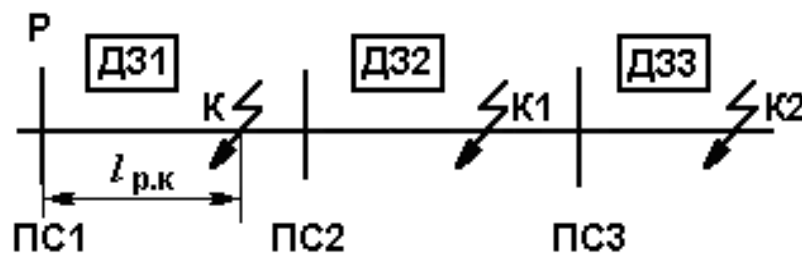
### 9.1 Желінің дистанциондық қорғанысы. Тағайындалуы және әсер етуі

Бірнеше қорек көзі бар күрделі құрылымдағы тораптарда қарапайым және бағытталған МТҚ (БТҚ) ҚТ селективті ажыратылуын қамтамасыз етпейді. Мысалы W2 (9.1 сурет) ҚТ болғанда 3 БТҚ 1 РҚ қарағанда тез іске қосылуы керек, ал W1 ҚТ болғанда 1 БТҚ 3 РҚ қарағанда тез іске қосылуы керек. Бұл қарама-қайшы шарттар НТҚ көмегімен орындалуы мүмкін емес. Сонымен қатар МТҚ және НТҚ көбінесе тез әсер ету және сезімталдық шартын қанағаттандырмайды. Күрделі сақиналық тораптардағы ҚТ селективті ажыратылуы дистанциондық РҚ (ДЗ) көмегімен қамтамасыз етілуі мүмкін.



Δ - дистанционды қорғаныс, о - бағытталған максималды тоқ қорғанысы  
 9.1 сурет - Екі қоректендіру көзі бар сақиналық торап

ДҚ  $t_3$  уақыт ұстанымы РҚ қойылған орны (Р нүктесі) мен ҚТ нүктесі (К) арасындағы қашықтыққа  $t_3 = f(l_{p.k})$  тәуелді (9.2 сурет), яғни  $l_{p.k}$  осы қашықтыққа байланысты өседі. Зақымдалу орнына жақын ДҚ уақыт ұстанымы алыс орналасқан ДҚ қарағанда аз. Мысалы, К1 нүктесіндегі (9.2 сурет) ҚТ кезінде зақымдалу орнына жақын 2ДҚ уақыт ұстанымы алыс орналасқан 1ДҚ қарағанда аз. Егер ҚТ К2 нүктесінде болса, 2ДҚ уақыт әсері жоғарылайды, және зақымдалған жерге жақын орналасқан 3ДҚ ҚТ селективті түрде ажырайды.

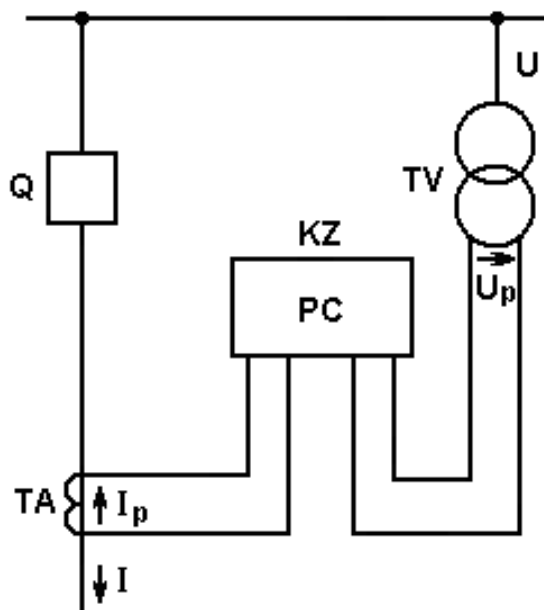


9.2 сурет – Дистанционды қорғаныстың уақыт ұстамдылығының тәуелділігі

ДҚ негізгі элементі ҚТ-дың РҚ орнатылған жерге дейінгі қашықтығын анықтайтын дистанционды өлшеу органы (ДО) болып табылады. ДО ретінде толық, реактивті немесе зақымдалған ЭЖЖ бөлігіндегі активті кедергілерге әсер ететін кедергі релесі (РС) қолданылады ( $Z, X, R$ ).

Сонымен, желінің кедергісіне әсер ететін дистанциондық органның жұмысы зақымдалған жерге дейінгі қашықтыққа тәуелді. ДО ( $Z, X$  немесе  $R$ ) әсер ететін кедергінің түріне байланысты, ДҚ толық, реактивті және активті кедергі РҚ бөлінеді. ДҚ-та ҚТ нүктесіне дейінгі  $Z_{p.k}$  кедергісін анықтауда қолданылатын кедергі релесі ДҚ орнатылған кернеу мен тоқты бақылайды

(9.3 сурет). Кедергі релесінің қысқыштарына ТТ мен КТ  $U_p$  және  $I_p$  екіншілік мәндері келтіріледі. Реле орындауы кезінде оның ісі  $U_p$  карағанда  $I_p$  тәуелді етіп жасалады. Бұл қатынас  $Z_p$  біршама кедергісі болып табылады. ҚТ кезінде  $Z_p = Z_{p.к}$  және  $Z_{p.к}$  белгілі шамаларында кедергі релесі қосылады; ол  $Z_p$  азаюына әсер етеді, себебі ҚТ кезінде азаяды, ал  $I_p$  көбейеді.



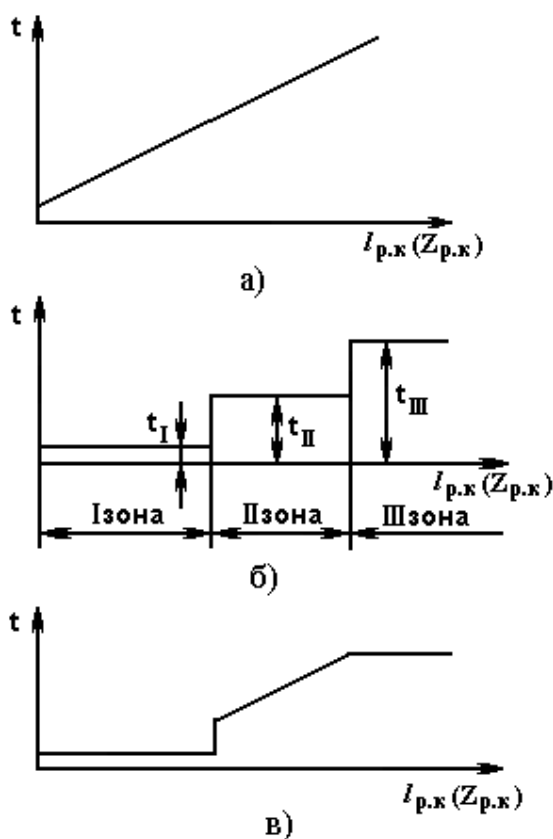
9.3 сурет – Тоқ тізбегі мен кедергі реле кернеуінің қосылуы

Кедергі релесі іске қосылатын  $Z_p$  ең жоғары шамасы реленің қосылу кедергісі деп аталады  $Z_{c.p.}$ :

$$Z_p = U_p / I_p \leq Z_{c.p.} \quad (9.1)$$

Екі жақты қоректенін күрделі құрылымдағы ЭЖЖ торабында сеоективтілікті қамтамасыз ету үшін ҚТ қуатының шинадан ЭЖЖ бағытталғанда іске қосылатындай ДҚ бағытталған болуы керек. ДҚ қызметінің бағытталуы қосымша РНМ арқылы немесе ҚТ қуатының бағытына әсер ететін бағытталған кедергі релесі арқылы қамтамасыз етіледі. ДҚ уақыт әсерінің қашықтыққа немесе ҚТ орнына  $t_3 = f(I_{p.к})$  немесе  $t_3 = f(Z_{p.к})$  кедергісіне тәуелділігі ДҚ уақыт ұстанымының сипаттамасы деп аталады. ДҚ осы тәуелділігі сипаттамасы бойынша үш топқа бөлінеді: қызмет етуі баяу жоғарылайтын (еңіс), сатылы және аралас сипаттамадағы қызмет уақыты. Сатылы ДҚ еңіс және аралас сипаттамадағы ДҚ карағанда тез іске қосылады, және де конструкциялық құрылымы қарапайым болады. Кең тараған сатылы сипаттамадағы ДҚ әдетте ДҚ әсер ететін үш зонасына сай уақыттың үш сатысымен жасалады:  $t_I$ ,  $t_{II}$ ,  $t_{III}$  (9.4,б сурет)





а) еңкейтілген; б) сатылы; в) аралас.

9.4 сурет - дистанционды қорғаныстың сипаттамасы

## 9.2 Сатылы дистанциондық қорғаныстың көмегімен тораптың селективті қорғанысының орындалу принциптері

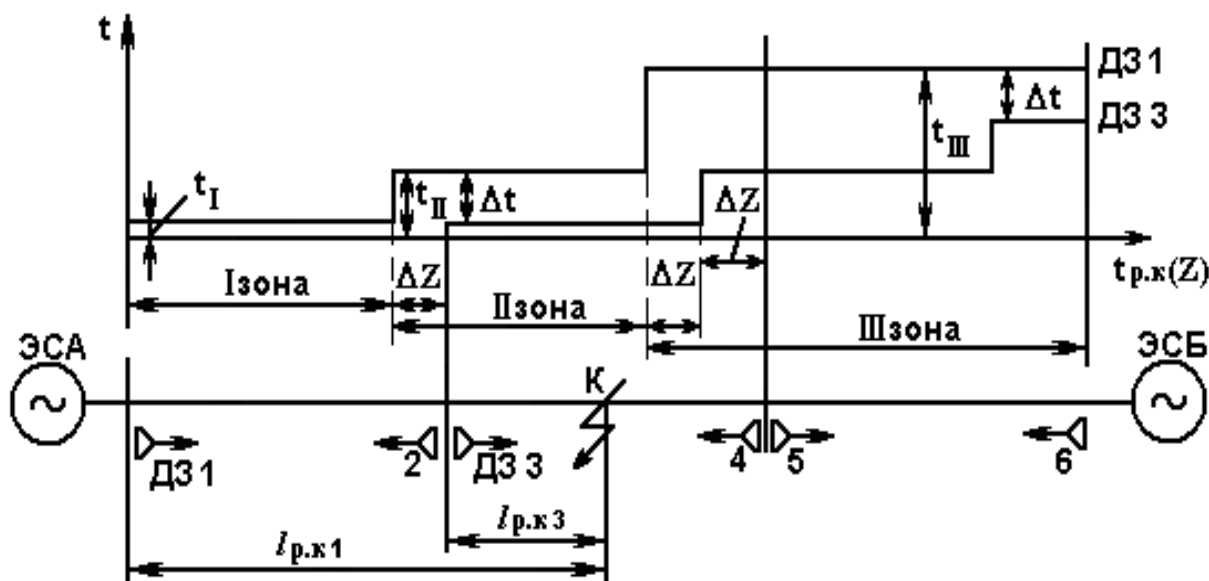
Екі жақтан қоректенетін ЭЖЖ ДҚ әр ЭЖЖ екі жағынан да орнатылады және шинадан ЭЖЖ қуат баыттталған кезде жұмыс жасауы қажет. Қуттың бағыты бір болғанда іске қосылатын дистанционды РҚ өзара уақыт және әсер ету зонасы бойынша, ҚТ ажыратылуы селективті түрде болуын қамтамасыз ететіндей келістіру керек. Қарастырылған сұлбада (9.5 сурет) Д31, ДЭЗ, Д35 және Д36, Д34, Д32 өзара келістірілген. ДҚ бірінші сатысының уақыт ұстанымы ( $t_1 = 0$ ) болмайтынын есепке алынса, олар селективтілік шарты бойынша қорғалатын ЭЖЖ сыртында қызмет жасамауы керек. Осыған сай, уақыт ұстанымы жоқ ( $t_1 = 0$ ) бірінші сатының созылуы, қорғалатын ЭЖЖ созылуынан аз болып алынады және әдетте ЭЖЖ ұзындығының 0,8 - 0,9 құрайды. Қорғалатын ЭЖЖ қалған бөлігі және қарсы орналасқан қосалқы стансаның шинасы осы ЭЖЖ ДҚ екінші сатысымен қорғалады. Екінші сатының созылуы мен уақыт ұстанымы келесі бөліктегі ДҚ бірінші сатысының ұстанымы мен созылуымен келістіріледі. Мысалы, 1 ДҚҚ екінші сатысының әсер ету зонасы ДЭЗ (яғни,  $Z_{II(1)} < Z_{I(3)}$ ) бірінші сатысының соңынан бастап реттеледі, ал әсер ету уақыты  $\Delta t$  саты  $t_{I(3)}$ :  $t_{II(1)} = t_{I(3)} + \Delta t$  жоғары етіп алынады.

ДҚ соңғы үшінші сатысы резерв болып табылады, оның созылуы келесі

бөліктегі РҚ немесе ажыратқыштың жұмыс жасамай қалған кездегі ораудың шартынан алынады. Уақыт ұстанымы келесі бөліктегі екінші немесе үшінші ДҚ қызмет етуінің уақытынан  $\Delta t$  жоғары етіп алынады. Сол кездегі үшінші сатының әсер уақыты келесі бөліктің екінші немесе үшінші зонасының соңынан реттелуі қажет.

Дистанциондық принциптің негізгі артықшылығы: кез-келген сандағы коректену көзі бар әртүрлі құрылымдағы тораптарда қызметінің селективтілігі: қорғалатын ЭЖЖ 85 - 90% алатын I зонамен қамтамасыз ететін, қорғалатын бөліктің басында ҚТ кезіндегі уақыт ұстанымы аз; МТҚ қарағанда қызмет зонасының тұрақтылығы жоғары; ҚТ кезінде сезімталдығы біршама жоғары және МТҚ қарағанда жүктеме мен тербелуде реттелуі жақсы.

ДҚ кемшілігі: барлық қорғалатын ЭЖЖ аумағында ҚТ бірден ажыратылуын қамтамасыз ете алмайды; жүктеме мен тербелуге әсері; кернеу тізбегіндегі бұзылулар кезінде жалған жұмыс жасауы мүмкін; ДҚ және ДО сұлбаларының күрделілігі.



$\Delta Z$  - дистанционды реленің қателігі;  $\Delta t$  – селективтілік сатысы.

9.5 сурет – Сатылы сипаттамадағы дистанциондық РҚ уақыт ұстанымын келістіру

## 10 дәріс. Трансформаторлардың және автотрансформаторлардың резервтік қорғанысы

Дәрістің мазмұны: трансформаторлардың және автотрансформаторлардың резервтік қорғанысы қарастырылады.

Дәрістің мақсаты: трансформаторлардың қалыпты емес режимдері мен зақымдалудың негізгі түрлерін және оларды қорғаудың әдістерін оқыту.

## 10.1 Трансформаторлардың және автотрансформаторлардың қорғанысы. Трансформаторлардың және автотрансформаторлардың зақымдалуы және қалыпты емес жұмыс режимдері, қорғаныстың түрлері және оларға қойылатын талаптар

*Зақымдалудың түрлері.* Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың зақымдалуының негізгі түрлері: трансформатор (үш фазалы) ішіндегі фазалардың және орауыштардың сыртқы кірмелеріндегі орауыштардың тұйықталуы; бір фазаның орамдарының орауыштары арасындағы тұйықталу (орамдық тұйықталу); орауыштардың жерге немесе олардың сыртқы кірмелерінің тұйықталуы; жылынуға және «болаттың өртенуінің» пайда болуына алып келетін трансформатордың магнит сымының зақымдалуы. Тәжірибеден байқағандай, кірмедегі ҚТ мен орауыштардағы орамдық тұйықталу көп болады. Трансформатор ішіндегі фаза аралық зақымдалу оған қарағанда аз болады. Үш фазалы трансформаторларда да болуы мүмкін, бірақ фаза аралық оқшауламаның жақсы беріктігіне байланысты мүмкіндігінше аз. Бір фазалы үш трансформатордан құралған трансформатор тобында, фазалар орауыштарының өзара тұйықталуының пайда болуы мүмкін емес десе де болады. Орам зақымдалуы кезінде зақымдалу орнына қорек көзінен баратын тоқтар үлкен болмайды. Тұйықталған орамның саны  $w_a$  аз болған сайын, тораптан келетін  $I_k$  тоқтың шамасы да аз болады. Трансформатор зақымдалуынан РҚ бұзылу көлемін шектеу үшін ол тез жұмыс жасауы керек ( $t = 0,05 \div 0,1$  с).

*Зақымдалудан қорғаныс.* Мұндай РҚ ретінде тоқ үзіндісі, дифференциалды және газдық қорғаныс қолданылады. Қуаты 200 МВ•А және жоғары трансформаторларда автоматты түрде сумен өртті сөндіру қарастырылады. Ары қарай айтылғандардың барлығы да трансформаторлар мен автотрансформаторларға да қатысты

*Қалыпты емес режимдердің түрлері.* Трансформаторлардың жұмыс режимінің қалыпты еместігі көбінесе ондағы асқын тоқтардың пайда болуында, яғни, трансформатордың номиналды тоғынан асатын. Трансформаторлардағы асқын тоқ сыртқы ҚТ, тербелу және асқын жүктелу кезінде пайда болады. Асқын жүктелу электр қозғалтқыштардың өзіндік іске қосылуы әсерінен, қатар жұмыс жасайтын трансформатордың ажыратылуы әсерінен жүктеменің жоғарылауынан, АВР қызметі кезінде жүктеменің автоматты түрде қосылуынан және т.б. пайда болады.

*Сыртқы ҚТ.* Трансформатор шинасындағы зақымдалудан болған немесе кететін шинадан қосылған ажыратылмаған зақымдалудан болған сыртқы ҚТ-да, трансформаторда, олар трансформатордың зақымдалуына алып келетін оның орауыштарын рұқсат етілген шамадан тыс қыздыратын ҚТ  $I_k > I_{ном}$  тоқтары өтеді. Соған байланысты трансформаторда сыртқы ҚТ РҚ болуы қажет, ол трансформаторды өшіреді.

Сыртқы ҚТ қорғаныс МТҚ, минималды кернеуді блоктаушы МТҚ, дистанционды РҚ, нөлдік және кері тізбектегі тоқтық РҚ арқылы іске

асырылады. Сыртқы ҚТ қызмет зонасына қосалқы стансаның шинасы (I бөлік) мен осы шиналардан кететін қосылулар (II бөлік) кіруі қажет. Бұл РҚ сонымен бірге трансформатордағы зақымдалудың резерві болып табылады.

*Асқын жүктелу.* Асқын жүктелудің РҚ әсер уақыты орауыштардың окшауламасының қызуымен анықталады. Май трансформаторлары асқын жүктелудің 5% жібереді. Апатттық режимде қысқа уақыттағы асқын жүктелу келесі аралықта рұқсат етіледі:

Асқын жүктелудің қайталануы.....	1,3	1,6	1,75	2	3
Асқын жүктелудің рұқсат етілген уақыты, мин .....	120	45	20	10	1,5

Бұл мәліметтерден байқағанымыздай, ондаған минутпен өлшенетін, біршама уақыт аралығында (1,5 - 2)  $I_{ном}$  асқын жүктемені жіберуге болады. Әсіресе ұзақ болмағандығы үшін трансформаторға зақым келтірмейтін, мысалы электр қозғалтқыштарының өзіндік іске қосылуынан немесе итеріп жіберетін түрдегі (электрпоезд, көтергіштер және т.б.) жүктемеден пайда болатын қысқа аралық, өзі жойылатын асқын жүктелу жиі болады. Мұндай асқын жүктелуде трансформаторды ажыратудың қажеті болмайды. АВР арқылы автоматты түрде қосылатын жүктемеден, қатар жұмыс жасайтын трансформатордың ажыратылуымен және т.б. жасалынған ұзақ асқын жүктемелерде уақыты жеткілікті қызметкерлердің өшіруіне болады. Кезекші қызметкерлері жоқ қосалқы стансаларда ұзақ асқын жүктемені жою жауапкершілігі аз тұтынушылар немесе асқын жүктелген трансформаторды ажырату арқылы автоматты түрде РҚ-тан жасалуы қажет. Сонымен асқын жүктелу кезіндегі трансформатордың РҚ іске қосылуы қажет, егер асқын жүктелу автоматты түрде немесе қызметкерлер жоя алмаған жағдайда.

*Толық емес фазалық режим.* Автотрансформаторларда (АТ) жоғары (ВН) немесе орта кернеу (СН) жақтарын ажыратқанда (немесе қосқанда) пайда болатын толық фазалық емес режимнен РҚ қарастырылады. Бұл РҚ АТ ажыратылуына қызмет етуі тиіс. Мұндай РҚ орнату осы қосалқы стансадағы аталған режимде қатар жұмыс жасайтын екінші АТ ажыратылу мүмкіндігімен шартталған.

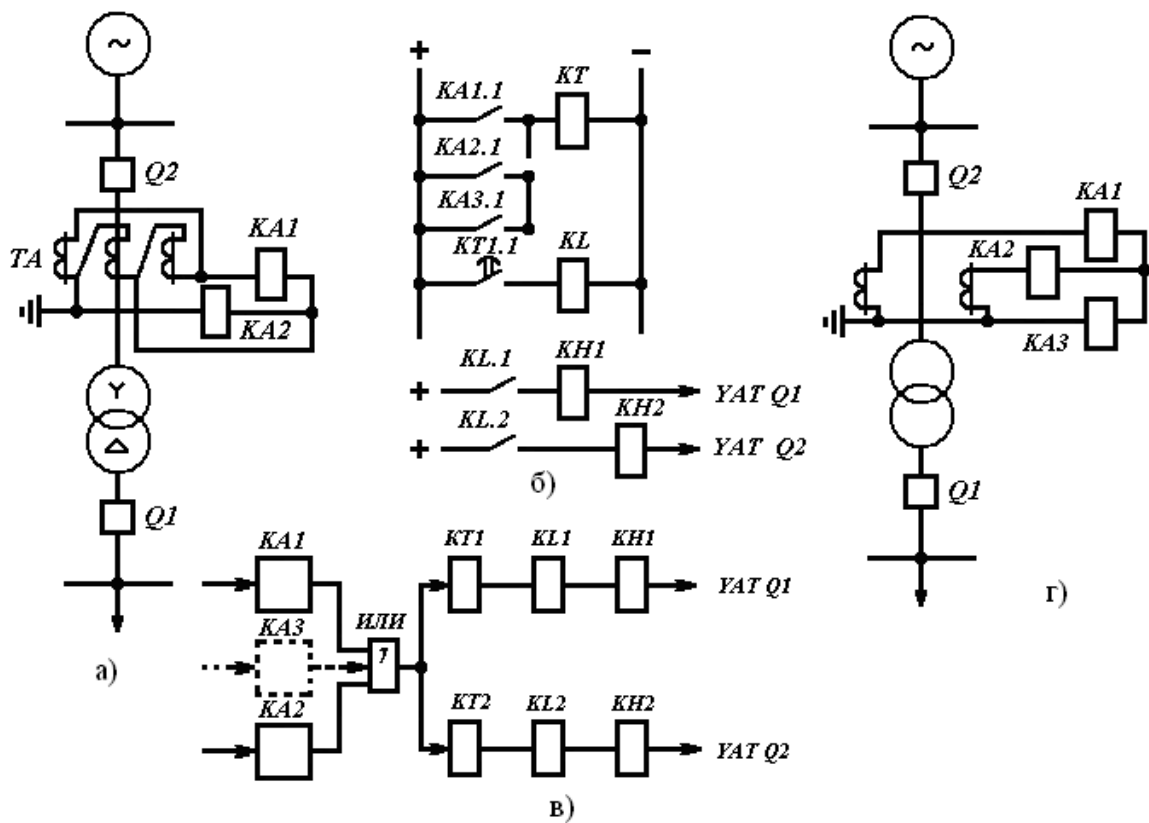
*Трансформатор бағындағы майдың деңгейінің төмендеуі* бактың ағуынан немесе сыртқы ауаның температурасының бірден төмендеуі салдарынан орауыштардың деңгейінен төмендеуі орауыштардың зақымдалуына алып келеді.

## 10.2 Сыртқы қысқа тұйықталу кезіндегі асқын тоқтан қорғаныс

Сыртқы ҚТ қорғаныс трансформаторды жинақтау шинасында немесе олардан жіберілетін қосылуларда ҚТ болғанда қызмет етеді (10.1 сурет), егер РҚ немесе осы элементтердің ажыратқышы істен шықса. Сонымен қатар сыртқы ҚТ РҚ трансформатордағы зақымдалудан қорғаныс ретінде де қолданылады. Бірақ селективтілік шарты бойынша сыртқы РҚ-тың уақыт

ұстанымы болуы керек, сондықтан да тез іске қосылмайды. Сол себептен трансформатордағы зақымдалудың негізгі РҚ ретінде тек аз қуатты трансформаторларда ғана қолданылады. Ішкі ҚТ-дан арнайы РҚ бар трансформаторларда, сыртқы РҚ осы қорғаныстың резерві болып табылады, егер ол іске қосылмаған жағдайда. Сыртқы ҚТ-дан РҚ ең қарапайым түрі МТҚ болып табылады.

*Трансформаторлардың максималды тоқ қорғанысы. Екі орамды төмендеткіш трансформаторлардың қорғанысы.* Бір жақтан қоректенін трансформатордың МТҚ сұлбасы 10.1 суретте келтірілген. Трансформатордың өзі қызмет ету зонасына қосылу үшін, РҚ қоректену көзі жағынан қойылады және ол Q1 ажыратқышының ажыратылуына қызмет етуі керек. МТҚ тоқтық релесі Q2 ажыратқышына қойылған ТТ қосылады.



а) үш ТТ бар тоқ тізбектерінің сұлбасы; б) оперативті тізбектердің принципіалды сұлбасы; в) структуралық сұлба; г) екі ТТ бар тоқ тізбектерінің сұлбасы.

10.1 сурет - Екі орамды трансформатордың максималды тоқ қорғанысы

10.1, а суретте трансформатордың РҚ-ның сұлбасы келтірілген, ол уақыт ұстанымымен іске қосылып Q1 және Q2 ажыратқыштарының ажыратылуына жұмыс жасайтын екі KA1 және KA2 тоқ релесімен жасалған. Бұл кезде трансформатордың төменгі кернеу жағында (НН) сыртқы ҚТ жағдайында Q2 ажыратқышының ажыратылуы Q1 ажыратқышының қызметін резервте ұстайды. Көбінесе РҚ екі уақыт ұстанымен орындалады: бірі  $t_1$  төменгі кернеу жағындағы Q1 ажыратқышының ажыратылуына, ал

екіншісі  $t_2 = t_1 + \Delta t$  жоғары жақтағы Q2 ажыратылуына. МТҚ бұлай орындалуының құрылымдық сұлбасы 10.1, в суретте келтірілген. Сыртқы ҚТ-дан ажырамаған жағдайда төменгі жақтағы МТҚ  $t_1$  уақыт ұстанымымен Q1 ажыратқышы ажыратады, бұл кезде трансформатордың жоғары жағында кернеу болады. Ал трансформаторда зақымдалу болған жағдайда және оның негізгі тез әсер ететін РҚ қосылмағанда МТҚ уақыт ұстанымымен Q2 ажыратқышын ажыратады.

Жоғары кернеуі 110-220 кВ трансформаторларының сұлбасындағы КА1 және КА2 тоқ релелері үшбұрыш жалғанған ТТ-на қосылған (10.1, а сурет). МТҚ тоқ тізбектерінің осылай жасалуы 110-220 кВ тораптағы жерге ҚТ кезіндегі оның селективті емес қызметінің алдын алады (трансформатордың бейтарабы жерлендірілген жағдайда). Қорғаныс фаза аралық барлық ҚТ түрлерінде орауыштары  $Y/\Delta$  қосылған жоғары және төменгі кернеу жағында да қызмет жасайды. Бірақ та, толық жұлдызшамен жиналған ТТ қосылған үш тоқ релесі бар МТҚ - мен салыстырғанда, төменгі кернеу 6 - 10 кВ жағында екі фазалық ҚТ кезінде сезімталдық 15% төмендейді. Орауыштары  $Y/Y$  немесе  $\Delta/\Delta$  жалғанған және бейтарабы жерлендірілген тораппен байланысы жоқ сұлбадағы трансформаторлар үшін МТҚ екі КА1 және КА2 тоқтық релемен орындалады (10.1, г сурет), бұл кезде трансформаторлар толық емес жұлдызшаға жалғанады. МТҚ мұндай сұлбасы  $Y/\Delta$  орауыштары жалғанған сұлбадағы трансформаторларда да қолданылуы мүмкін. Осы кезде орауыштары  $Y/\Delta$  жалғанған сұлбадағы трансформатордан кейінгі екі фазалы ҚТ - ға МТҚ сезімталдығын жоғарылату үшін, КА3 тоқ тізбегінің кері сымында қосымша реле орнатылады (10.1, в - г суреттерде үзік сызықпен көрсетілген). Мұндай трансформаторлар орауыштарының қосылу сұлбасы үшбұрыш-жұлдызшаға жалғанған нөлдік нүктесі жерледірілген трансформаторларда да қолданылады (әдетте 0,4 кВ торабын қоректендіретін).

ЖК және төменгі кернеу жағында орнатылатын *бағытталған РҚ* ЖК және ТК ЭЖЖ қорғайтындай етіліп қосылады. МТҚ қарағанда күрделірек ДҚ қолдану, ЭЖЖ қарама-қарсы жақтарында орналасқан, және де алыстағы резервтегі ЖК және ТК тораптарын селективті РҚ-пен қамтамасыз етуді келістірумен түсіндіріледі.

Нөлдік тізбектегі тоқ қорғанысы сыртқы ҚТ-да (жерге бір және екі фазалы) және трансформатордағы ҚТ-да трансформаторда пайда болатын  $3I_0$  тоғына әсер етеді. Олар жоғарылатқыш трансформаторларда (сонымен бірге АТ-да) және жоғары және төмен кернеудегі орауыштар жағына орнатылады, егер соңғылар жұлдызша сұлбасымен жалғанып, терең жерлендірілген нөлдік нүктеде жұмыс жасаса.

Оперативті қызметкерлер бақылауындағы трансформаторларда трансформаторды асқын жүктемеден қорғау үшін – асқын жүктемеден РҚ бір тоқ релесінің сигналы арқылы орындалады.

## **11 дәріс. Трансформаторлардың және автотрансформаторлардың негізгі тоқ қорғанысы**

Дәрістің мазмұны: трансформаторларды ҚТ барлық түрінен негізгі қорғаулар қарастырылады.

Дәрістің мақсаты: трансформаторларды ҚТ барлық түрінен дифференциалды қорғаудың және тоқ үзіндісінің қызмет жасау принципі оқытылады.

### **11.1 Тоқ үзіндісі**

Тоқ үзіндісі – трансформатордағы зақымдалудан тез әсер ететін РҚ. Үзіндінің қызмет ету аумағы шектелген, жерге тұйықталу тоғы аз торапқа жұмыс жасайтын орамдары тұйықталған және орауыштары жерге тұйықталуларда жұмыс жасамайды. Үзінді қоректену жағынан қолданады.

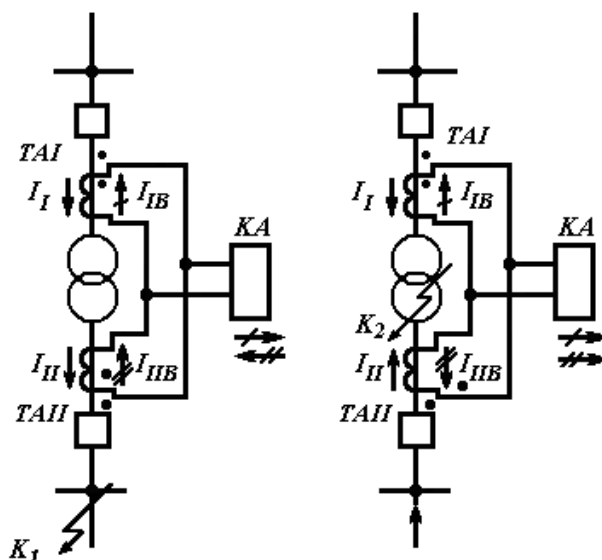
Үзіндінің қызмет ету аймағына ошиновка, трансформатордың қоректену көзі жағындағы орамның жартысы және шықпалар кіреді. Ішкі зақымдалудың РҚ болып табылатын үзінді трансформаторларды барлық қоректену көзі бар жағынан ажыратуы қажет. Үзіндінің артықшылығы оның қарапайымдылығы және тез әсер етуінде. Үзінді МТҚ мен газдық қорғаныспен бірге (төменде қарастырылған) төмен қуатты трансформатордың жақсы қорғанысын қамтамасыз етеді.

### **11.2 Дифференциалды қорғаныс. Трансформаторлардың дифференциалды қорғанысының тағайындалуы және әсер ету принципі**

*Трансформаторларды фаза аралық ҚТ-дан, жерге бір фазалы ҚТ-дан және бір фазаның орамының тұйықталуынан негізгі тез әсер ететін РҚ ретінде дифференциалды РҚ қолдану кең тараған (11.1 сурет). Сыртқы ҚТ және жүктемесі кезінде тоқтары бір жаққа бағытталған (11.1, а сурет) және қорғалатын трансформатордың трансформация коэффициентіне тең белгілі-бір қатынаста болады:*

$$I_{II} / I_I = K_T. \quad (11.1)$$

Сыртқы ҚТ кезінде қорғаныс жұмыс жасамауы, трансформатордағы ҚТ кезінде жұмыс істеуі қажет. Қорғаныс осыны есепке алып жұмыс жасайды. Сұлбаны қоректендіретін ТАІ және ТАІІ тоқ трансформаторлары қорғалатын трансформаторлардың екі жағынан қойылады. Олардың екіншілік орауыштары сыртқы ҚТ және жүктеме кезінде  $I_{IB}$  және  $I_{IIB}$  екіншілік тоқтары қосқыш сымдар контурында тізбек түрінде бағытталуы үшін әртүрлі аталатын полярлықпен қосылады.



а) сыртқы ҚТ; б) трансформатордағы ҚТ.

11.1 сурет - Трансформаторлардың дифференциалды қорғанысының әсер етуі

Дифференциалды реле КА ТТ екіншілік орауыштарына қатар қосылады. Мұндай қосылу кезінде сыртқы ҚТ жағдайында және жүктеменің тоғы кезінде екіншілік тоқтары КА релесінің орауыштарына тұйықталады және онда қарсы бағытталған, сондықтан да реледегі тоқтар  $I_{IB}$  және  $I_{IIБ}$  екіншілік тоқтардың айырымына тең:

$$I_p = \underline{I}_{IB} - \underline{I}_{IIБ}. \quad (11.2)$$

Қорғалатын трансформатордағы ҚТ кезінде  $I_{IB}$  және  $I_{IIБ}$  екіншілік тоқтары реле орауыштарынан бір бағытта өтеді (11.1, б сурет), соның нәтижесінде реледегі тоқ оның қосындысына тең:

$$I_p = \underline{I}_{IB} + \underline{I}_{IIБ}. \quad (11.3)$$

Егер  $I_p > I_{c.p}$  онда реле іске қобылып, трансформаторды ажыратады. Дифференциалды РҚ жүктеме және сыртқы ҚТ кезінде жұмыс жасамау үшін, олардың айырымына тең реледегі тоқ болмау үшін, РҚ-тағы екіншілік тоқтарды теңестіру қажет:

$$I_p = \underline{I}_{IB} - \underline{I}_{IIБ} = 0. \quad (11.4)$$

Ол үшін тоқтар модульі және фазасы бойынша бірдей болуы керек, яғни  $\underline{I}_{IB} = \underline{I}_{IIБ}$ .

*Трансформаторлардың және АТ дифференциалды қорғанысының ерекшелігі. ЭЖЖ және генераторлардың дифференциалды РҚ-да қорғалатын*



бөліктің басы мен аяғындағы біріншілік тоқтар бірдей, сондықтан селективтілік (11.4) шартын орындау үшін ТТ-ның трансформация коэффициентінің теңдігі болуы қажет. Трансформаторлардың дифференциалды РҚ оның жағдайы басқа. Трансформатордың біріншілік тоқтары шамасы бойынша тең емес және жалпы жағдайда фаза бойынша сәйкес болмайды.

Трансформатордың төменгі кернеу жағындағы тоқ  $I_{II}$  жүктеме және сыртқы ҚТ кезінде жоғары кернеу жағындағы тоқтан  $I_I$  әрдайым көп болады. Олардың қатынасы күштік трансформатордың трансформация коэффициенті бойынша анықталады (11.1).

Орауыштары жұлдызша-үшбұрыш және үшбұрыш-жұлдызша болып жалғанған трансформаторларда  $I_I$  және  $I_{II}$  тоқтары шамасымен ғана емес, сонымен бірге фаза бойынша айырмашылығы болады. Фазаның жылжу бұрышы трансформатордың орауыштарының жалғану тобына байланысты. Кең тараған он бірінші топта үшбұрыш жағындағы сызықтық тоқ жұлдызша жағындағы сызықтық топты  $30^\circ$  басып озады. Орауыштары жұлдызша-жұлдызша жалғанған трансформаторларда  $I_I$  және  $I_{II}$  тоқтары фаза бойынша сәйкес келеді. Сонымен селективтілік шартын (11.4) орындау үшін екіншілік тоқтарды теңестіретін шамасы бойынша  $I_{IV} = I_I / K_{II}$  және  $I_{IIV} = I_{II} / K_{II}$ ; ал орауыштарының әртүрлі жалғануында ( $Y/\Delta$  және  $\Delta/Y$ ) – және релеге түсетін тоқтар тең болуы үшін фаза бойынша арнайы шаралар жасалады. Фазадағы тоқтардың компенсациясы күштік трансформатордың жұлдызша жағында орналасқан ТТ екіншілік тоқтарын  $I_{IV}$  және  $I_{IIV}$  үшбұрыш етіп жалғау арқылы жасалады. ТТ орауыштарын үшбұрыш етіп жалғау күштік трансформатор орауыштарының үшбұрыш жалғанғанына сәйкес болуы керек.

## **12 дәріс. Трансформаторлардың газдық қорғанысы**

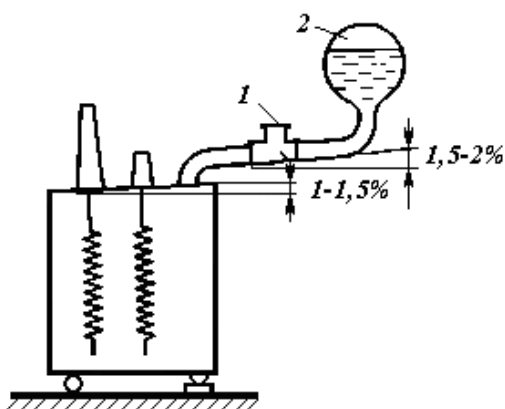
Дәрістің мазмұны: трансформатор багының ішіндегі зақымдалу туралы мәліметтер; газдық реленің құрылысы мен қызмет ету принципі келтірілген.

Дәрістің мақсаты: трансформаторды ішкі зақымдалудан қорғауды қарастыру.

### **12.1 Трансформаторлардың газдық қорғанысы. Газдық реленің қондырғысы және әсер етуі**

Газдық қорғаныс трансформатордың ішкі зақымдалуларынан өте сезімтал қорғанысы ретінде кең тараған. Кожух ішінде пайда болатын, трансформатордың зақымдалуы детальдардың қызуы және электрлік доғамен қатар жүреді, ол өз кезегінде майдың және оқшауланған материалдардың бұзылуына және ұшқын газдардың түзілуіне алып келеді. Майдан жеңіл болғандықтан газ трансформатордың жоғары бөлігі (12.1 сурет) және

атмосферамен қатыста болатын 2 кеңейткішке көтеріледі. Біршама зақымдалу кезінде газдың интенсивті түзілуінен, кеңейген газ күшті қысым жасап, оның әсерінен трансформатордағы май қозғалысқа түсіп кеңейткішке қарай жылжиды. Яғни, трансформаторда пайда болған газдар және майдың кеңейткішке қарай жылжуын трансформатордың зақымдалуған белгісін білдіреді. Бұл белгілер газдың пайда болуы мен майдың қозғалуына әсер ететін арнайы қорғанысты орындауда қолданылады. Газдық реле 1, ол өз кезегінде трансформаторда зақымдалу болған кезде кеңейткішке қарай жылжитын газ бен май ағыны өтетіндей жасалған трансформатор мен кеңейткішті қосып тұратын трубада орналастырылады. Трубада кеңейткіштегі майдың зақымдалған трансформатор багына түсуіне кедергі болатын (бактағы өртті шектеу үшін) газдық қорғаныс іске қосылғанда автоматты түрде жабатын жапқыш қарастырылған.



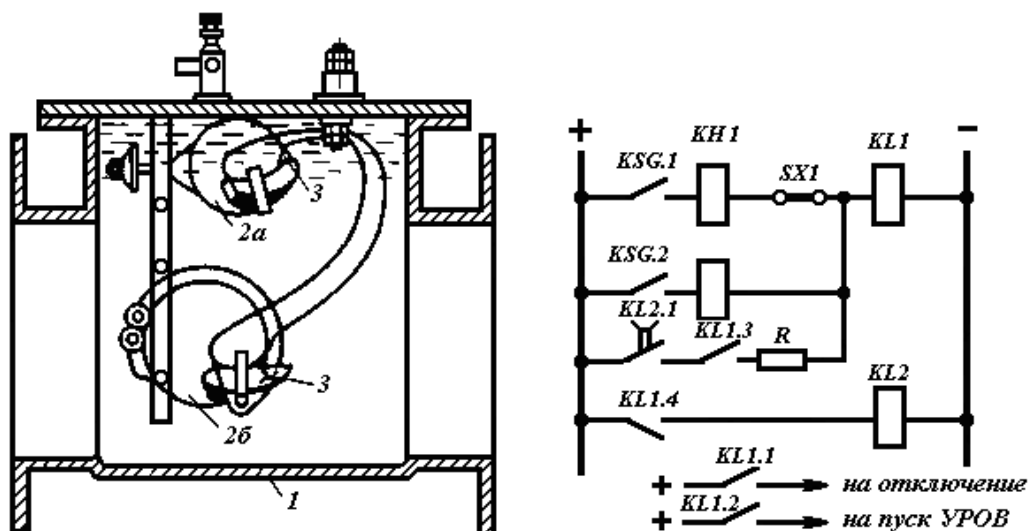
1- газдық реле; 2- кеңейткіш.

12.1 сурет - Трансформаторда газдық релені орналастыру

Газдық реленің құрылымының үш түрі бар, олар әсер еткіш элементтерінің орындалу принципі бойынша бөлінеді: қалтқы, лопасти, чашки.

Қалтқы газдық реленің құрылғысы 12.2 суретте көрсетілген. Реле шойын қабықтан тұрады және кеңейткішке трубка арқылы жалғанған. Реле қабығының ішінде екі қозғалғаш қалтқы орналасқан, олар қабырғасы жұқа цилиндр түрінде жасалған. Қалтқылардың белгілі-бір жағдайында сынап контактілерді тұйықтайды. Қабықтың сырт жағына шығатын контактілері майысқақ және оқшауланған өткізгіштер арқылы жасалған

Жоғары қалтқының контактілері сигналға әсер етеді, ал төменгісі-трансформаторлардың ажыратылуына. Реленің қабығы кеңейткіштегі майдың деңгейінен төмен орналасады, сол себепті ол әрдайым маймен толтырылған. Қалтқы жүзіп шығуға тырысып, жоғарыға барады, олардың контактілері ажыратылған.



Кішкене зақымдалуда газдың түзілуі жай жүреді, және ол азғантай көпіршіктеніп кеңейткішке көтеріледі. Реледен өтіп газ көпіршіктері оның жоғары жағын толтырып майды итеріп шығарады. Май деңгейінің төмендеуіне қарай жоғары контакт төмендейді және бірнеше уақыттан кейін тұйықталады.

Егер трансформатордың зақымдалуы біршама болса, онда тез арада түзілген газдың қысымымен, май төменгі қалтқыны итеріп қозғалысқа кіріседі. Оның әсерінен қалтқы бірден өзінің контактілерін тұйықтап ажыратуға белгі жасайды. Ажыратқышпен басқару сұлбаларында ажыратқыш сигналдарды ұстап тұру қарастырылғандықтан, газдық реленің контактілерінің қысқа уақытта тұйықталуы кезінде де ажыратқыш берік түрде ажыратылады. Кішкене зақымдалуда ажыратудың орнына сигналының берудің өзі кезекші қызметкерлерге жүктемені басқа қорек көзіне қосып және содан кейін трансформаторды ажыратуға мүмкіндік береді.

Газдық қорғаныс сонымен қатар трансформатордағы май деңгейінің төмендеуіне де әсер етеді. Бұл кезде бірінші кезекте сигналды контакт іске қосылады да, содан кейін май деңгейі ары қарай тағы да төмендеп жатса ажыратқыш контакт іске қосылып трансформаторды өшіреді.

Газдық қорғанысты бағалау. Газдық қорғаныстың негізгі артықшылықтары: оның құрылғысының қарапайымдылығы, біршама зақымдалуларда қыюметінің уақыты азаяды, зақымдалудың көлеміне байланысты ажырату немесе сигналға әсер ету. Газдық қорғаныс трансформатордың орауыштарының зақымдалуында және әсіресе орамдық тұйықталуда өте сезімтал қорғаныс болып табылады. Қуаты 1000 кВ•А және одан жоғары барлық май трансформаторлар газдық қорғаныспен жеткізіледі. Газдық қорғаныс трансформатордың шықпаларындағы зақымдалуда іске қосылмайтындықтан, ішкі зақымдалудан екінші қорғаныспен толықтырылуы қажет. Қуаты аз трансформаторларда мұндай қорғаныс ретінде МТҚ мен тоқтық үзінді қызмет етеді. қуаты жоғары трансформаторларда жаңаланған дифференциалды РҚ қолданылады.

## **13 дәріс. Жинақтау шиналарын қорғау**

Дәрістің мазмұны: шиналарды қорғаудың принципі туралы жалпы мәліметтер, сыртқы ҚТ мен шинадағы ҚТ кезіндегі қорғаныстың әсері келтірілген.

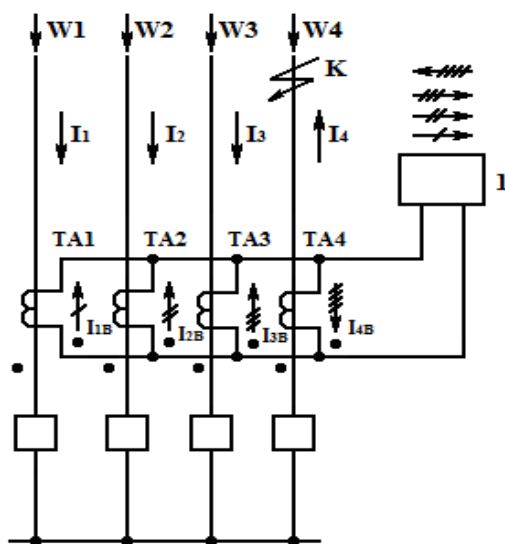
Дәрістің мақсаты: шинаның дифференциалды қорғанысының қызмет ету принципі мен қорғаныстың екіншілік тізбегіндегі тоқтың таралуын, баланс емес тоғының пайда болу себептерін үйрену.

### **13.1 Шиналардың дифференциалды қорғанысы**

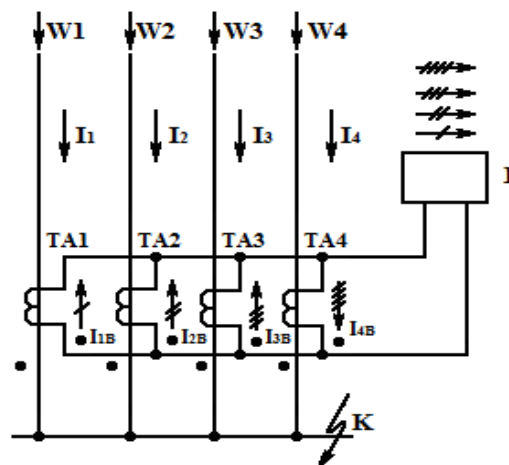
Жоғары және өте жоғары кернеудегі электр стансаларындағы және электр тораптарының қосалқы стансасының шинасындағы зақымдалулар, осы шинаға қосылған элементтерге қарама-қарсы орналасқан резервті РҚ арқылы ажыратылуы мүмкін. Бірақ резервті РҚ мұндай жағдайларда біршама уақыт ұстанымы  $t_{рез.з}$  арқылы жұмыс жасайды және зақымдалған шиналардың селективті түрде өшірілуін қамтамасыз етпейді. Бірақ шинадағы ҚТ энерго жүйенің тұрақтылығы және тұтынушылардың жұмыс шарты бойынша тез өшіруді талап етеді. шинадағы ҚТ тоқтату үшін олардың РҚ шинаны қоректендіріп тұрған қосылуылардың барлығын өшіруі тиіс. Соған сай шиналардың арнайы РҚ ерекше жауапкершілік алады, себебі оның дұрыс жұмыс жасамауы тұтас электр стансасы немесе қосалқы станса немесе олардың секциясының өшірілуіне алып келеді. Сондықтан шинадағы РҚ қызмет ету принципі және олардың жасалуы жалған жұмыс жасау мүмкіндігінсіз, өте берік болып ерекшеленуі тиіс. Шинаның тез әсер ететін және селективті РҚ ретінде дифференциалды принципке негізделген қорғаныс кең тараған.

Шинаның дифференциалды РҚ алдында қарастырылған ЭЖЖ, трансформаторлар және генераторлардың дифференциалды РҚ (13.1 сурет) жұмыс принципіне, яғни қорғалатын элементтерге (ҚС шинасына) келетін және кететін тоқтардың шамасы мен фазасын салыстыруға негізделген. Барлық қосылулардағы ШДҚ қоректендіру үшін трансформация коэффициенті бірдей ТТ орнатылады (қосылудың қуатына тәуелсіз).

Дифференциалды реле 1, шинаға бағытталған біріншілік тоқтарында, барлық қосылулардың тоғының суммасына тең тоқ өтетіндей болып барлық қосылулардың ТТ-на қосылады.



13.1 сурет – Сыртқы ҚТ кезіндегі дифференциалды қорғаныстың екіншілік тізбегіндегі тоқтың таралуы



13.2 сурет – Шинадағы ҚТ кезіндегі дифференциалды қорғаныстың екіншілік тізбегіндегі тоқтың таралуы

Сыртқы ҚТ кезінде (13.1 суретте К нүктесі) зақымдалған W4 ЭЖЖ арқылы шинадан ҚТ орнына келетін ҚТ тоғы  $I_4$ , қоректендіру көзінен (W1, W2, W3 желісі арқылы) шинаға келетін тоқтардың суммасына тең:

$$\underline{I}_4 = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3. \quad (13.1)$$

13.2 суреттеге тоқтың таралуынан байқағанымыздай, екіншілік тоқтар шинаға келетін -біріншілік тоқтарға сәйкес реленің орауышында екіншілік тоққа қарама-қарсы.

$$\underline{I}_p = (\underline{I}_{1B} + \underline{I}_{2B} + \underline{I}_{3B}) - \underline{I}_{4B}. \quad (13.2)$$

Екіншілік тоқтарды біріншілік тоқтар арқылы көрсетіп және (13.1) теңдікті есепке алып тоқты аламыз:

$$\underline{I}_p = \underline{I}_1 / K_1 + \underline{I}_2 / K_2 + \underline{I}_3 / K_3 - \underline{I}_4 / K_4 = 0.$$

Сәйкесінше, егер ТТ қателігін есепке алмасақ, сыртқы ҚТ кезінде реледе тоқ болмайды. Магниттелуді есепке алғандағы ТТ екіншілік тоғы:

$$\underline{I}_{1B} = \underline{I}_1 / K_1 - \underline{I}_{НОМ1};$$

$$\underline{I}_{2B} = \underline{I}_2 / K_2 - \underline{I}_{НОМ2}.$$

Екіншілік тоқтардың бұл шамаларын (13.2) теңдікке салсақ:

$$\underline{I}_P = \underline{I}_{НАМ4} - (\underline{I}_{НОМ1} + \underline{I}_{НОМ2} + \underline{I}_{НОМ}) = \underline{I}_{НБ}; \quad (13.3)$$

$$\underline{I}_{НБ} = \underline{I}_{НОМ.повр.пр} - \sum \underline{I}_{НОМ.неповр.пр}. \quad (13.3a)$$

Егер реленің әсер ету тоғы, сыртқы ҚТ кезінде пайда болатын максималды баланс емес тоғынан  $I_{К\max}$  көп болған жағдайда қорғаныс әсер етпейді:

$$I_{C.P} > I_{НБ\max}.$$

Шинаның ҚТ кезінде (13.2 сурет) қорек көзі бар қосылулардың барлығында (генератор), ҚТ тоғы зақымдалу орнына бағытталады, яғни қосалқы стансаның шинасына. Реле орауыштарындағы екіншілік тоқтар бірдей бағытталған, сондықтан реледегі тоқ олардың суммасына тең:

$$\underline{I}_P = \frac{(\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 + \underline{I}_4)}{K_1}; \quad (13.4)$$

$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 + \underline{I}_4 = \underline{I}_K,$$

болғандықтан:

$$\underline{I}_P = \frac{I_k}{K_1}. \quad (13.5)$$

13.5 теңдеу шинада ҚТ кезінде ШДҚ ҚТ орнындағы толық токқа  $I_K$  әсер ететінін көрсетеді. Қорғаныс қызмет жасайды егер  $I_K > I_{C.3}$ . Қалыпты режимде шинаға келетін тоқтардың смуммасы шинадан кететін тоқтардың суммасына тең, сондықтан реледегі тоқ нөлге тең:  $I_p = 0$ . ТТ қателігінен реледе баланс емес тоғы пайда болады, ол қалыпты режимде көп емес және сыртқы ҚТ кезінде көбейеді.

#### 14 дәріс. Электр қозғалтқыштарын қорғау

Дәрістің мазмұны: электр қозғалтқыштарды ҚТ барлық түрінен қорғау қарастырылады.

Дәрістің мақсаты: қозғалтқыштарды ҚТ барлық түрінен және асқын жүктелуден қорғаудың қызмет ету принципі мен қорғаныс сұлбалары қарастырылады.

## 14.1 Электр қозғалтқыштарын фаза арасындағы ҚТ және асқын жүктелуден қорғау

Статор орауыштарындағы фаза аралық ҚТ-да үлкен ҚТ тоқтары жүреді де олар зақымдалған электр қозғалтқыштарының біршама бұзылуына алып келеді. Сондықтан да электр қозғалтқыштарының фаза аралық РҚ міндетті түрде болуы қажет. Асқын жүктелуі жиі болатын электр қозғалтқыштарында асқын жүктелуден РҚ орнатылады, олар жұмыс жасау жағдайына және электр қозғалтқыштарының қызметіне байланысты сигналға әсер ететіндей, жетек механизмін жеңілдететін немесе электр қозғалтқышының ажырауына жұмыс жасайды.

Фазалар арасындағы ҚТ-дан қорғаныс электр қозғалтқыштарының негізгі РҚ, және де оны орнату міндетті болып табылады. Қуаты 5000 кВт дейінгі электр қозғалтқыштарының РҚ ретінде ҚТ-дан ПУЭ-ға сай МТҚ (ток үзіндісі) қолданылады. Қарапайым ток үзіндісі, ажыратқыштың жетегіне ендіріп жасалған тіке қызметтегі релемен жасалады. Қосымша қызметтегі реле үзіндісі тәуелсіз ток релесімен жасалады, оның сұлбасы 14.1 және 14.2 суреттерде келтірілген. Әсер ету тоғы электр қозғалтқышының қосылу тоғынан реттелуі қажет.

$$I_{c,p} = k_{отс} k_{сх} I_{пуск} / K_I, \quad (14.1)$$

мұнда  $k_{сх}$  – сұлба коэффициенті, ол 14.1 және 14.2 суреттегі сұлба үшін  $\sqrt{3}$  тең;

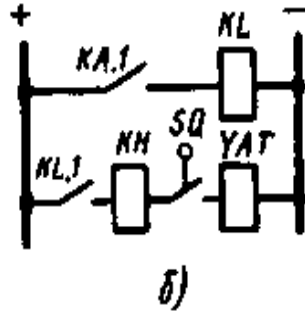
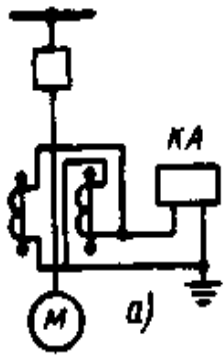
$I_{пуск}$  – электр қозғалтқышының қосылу тоғы;

$k_{отс}$  – реттелу коэффициенті, оның шамасы: аралық реле арқылы жұмыс жасайтын іске қосылу уақыты 0,04 - 0,06 с, РТ-40 түріндегі реледе - 1,8; тікелей қызметтегі және индукционды РТ-82 және РТ-84 түріндегі реледе – 2 тең деп алынады.

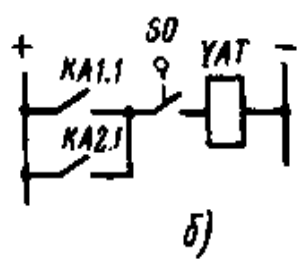
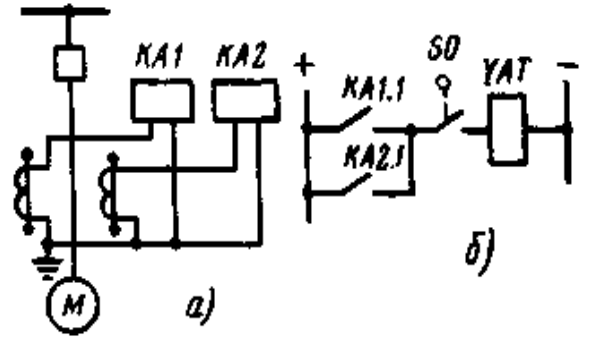
Егер ток үзіндісінің іске қосылу тоғы электр қозғалтқышының қосылу тоғынан реттелсе, онда ол ішкі ҚТ кезінде электр қозғалтқышы торапқа жіберетін тоқтан да берік реттеледі.

Қуаты 2000 кВт дейінгі электр қозғалтқыштарының тоқтық РҚ-ын, әдетте ең қарапайым және арзан бір релелі сұлба (14.1 сурет) бойынша жасайды. Бұл сұлбаның кемшілігі сезімталдығының төмендігінде.

Сондықтан да қуаты 2000-5000 кВт электр қозғалтқышында ток үзіндісі екі релелі болып жасалады. Үзіндінің екі релелік сұлбасын қуаты 2000 кВт дейінгі электр қозғалтқыштарында да қолданады, егер электр қозғалтқышының шықпаларындағы екі фазалы ҚТ кезіндегі бір релелі сұлбаның сезімталдығы екеуден аз болса ( $k_{ч} < 2$ ).



а - тоқ тізбегі;  
 б - тұрақты оперативті тоқ тізбегі.  
 14.1 - сурет-электр қозғалтқышының бір релелі тоқ үзіндісінің сұлбасы



а - тоқ тізбегі;  
 б - тұрақты оперативті тоқ тізбегі.  
 14.2 - сурет-электр қозғалтқышының екі релелі тоқ үзіндісінің сұлбасы

Қуаты 5000 кВт және одан жоғары электр қозғалтқыштарында бойлық дифференциалды РҚ орнатылады. Олар электр қозғалтқыштарының орауыштарындағы және шықпаларындағы ҚТ-ға сезімталдығы тоқ үзіндісі мен МТҚ қарағанда өте жоғары. Дифференциалды РҚ қуаты 5000 кВт дейінгі электр қозғалтқыштарында, егер тоқ үзіндісі сезімталдық шартын қанағаттандырмаса ғана қарастырылады. Дифференциалды РҚ әдетте РНТ-565 түріндегі реле арқылы екі фазалы болып жасалады. РҚ іске қосылу тоғы электр қозғалтқышының  $I_{нб}$  қосылуынан реттелуі қажет деп кеңес етіледі:

$$I_{сз} = 2I_{ном}. \quad (14.2)$$

Электр қозғалтқыштарының шықпаларындағы екі фазалы ҚТ кезінде РҚ-тың сезімталдық коэффициенті екіден аз болуы керек. Егер балан емес тоғынан РНТ-565 релемен реттелген РҚ қажетті сезімталдықты қамтамасыз ете алмаған жағдайда, тежегіші бар ДЗТ-11 түріндегі дифференциалды реле қолданылады. Мұндай РҚ-тар АТД 5000-8000 кВт түріндегі асинхронды қозғалтқыштарда, сонымен бірге қуаты 5000 кВт жоғары синхронды қозғалтқыштарда қолданылады.

*Электр қозғалтқыштарын асқын жүктелуден қорғау.* Электр қозғалтқыштарының асқын жүктелуі қосылуы созылып кеткенде және өзіндік қосылуда; келтірілген механизмдердің асқын жүктелуі кезінде пайда болады. Электр қозғалтқышының қосылуы мен өзіндік қосылуымен шартталатын асқын тоқтар қысқа уақыт аралығында болады және қалыпты айналу жиілігіне жеткенде өзі жойылады. Электр қозғалтқышының тоғы біршама жоғарылауы фаза үзілуі кезінде де болады, мысалы электр қозғалтқыштарын қорғайтын сақтандырғыштардың бірі күйіп кетсе. Номиналды жүктелуген электр қозғалтқышының сипаттамасына байланысты фаза үзілуі кезіндегі статор тоғының жоғарылауы жобамен



(1,6 - 2,5)  $I_{ном}$  құрайды. Бұл асқын жүктелу тұрақты сипаттамада болады. Және де электр қозғалтқышының механикалық бұзылуымен немесе оны айналдыратын механизмдермен және механизмнің асқын жүктелуімен шартталған асқын тоқтар да тұрақты сипаттамада болады. Асқын тоқтардың негізгі қаупі жекелеген бөліктердің, бірінші кезекте орауыштардың температурасының жоғарылауы болып табылады. Температураның жоғарылауы орауыштардың ескіруін жылдамдатады және қозғалтқыштың қызмет ету мерзімін азайтады.

Асқын жүктелуден РҚ орнатудың мәселесін шешу кезінде және оның қызметінің сипатында электр қозғалтқышының жұмыс шартымен нұсқау алынады, ол жетек механизмінің тұрақты асқын жүктелу мүмкіндігімен есепке алынады:

а) технологиялық асқын жүктелуге ұшырамаған (мысалы, циркуляциялық, қоректендіретін насостар және т.б.) және қосылу мен өзіндік қосылудың шарты ауыр емес механизмдердің электр қозғалтқыштарында, асқын жүктелуден РҚ орнатылмайды;

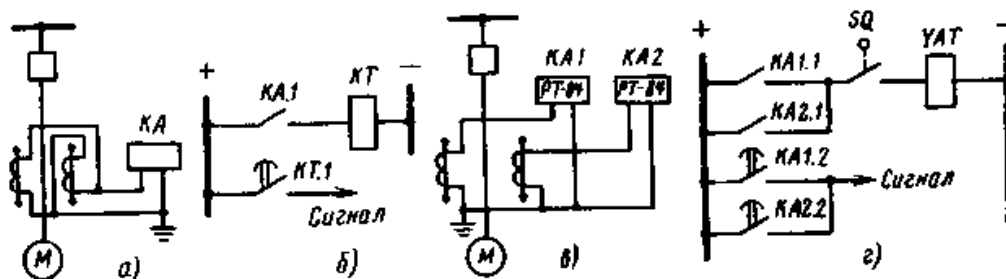
б) технологиялық асқын жүктелуге ұшыраған (мысалы, диірменнің, уатқыштың, багерлік насостардың электр қозғалтқыштарында және т.б.) электр қозғалтқыштарында, және де өзіндік қосылуы қамтамасыз етілмеген электр қозғалтқыштарында, асқын жүктелуден РҚ орнатылуы тиіс;

в) асқын жүктелуден қорғаныс ажыратылу қызметіне жұмыс жасайды, егер электр қозғалтқышының өзіндік қосылуы қамтамасыз етілмесе немесе механизмнен электр қозғалтқышын өшірмей технологиялық асқын жүктелу алынбайтын болса;

г) асқын жүктелуден қорғаныс механизмнің немесе сигналдың жүктелуден алынуына жұмыс жасайды, егер механизмнен технологиялық асқын жүктелу автоматты түрде немесе қызметкерлер механизмді тоқтатпай қолдан алынса және электр қозғалтқыштары қызметкерлердің бақылауында болса;

д) механизмнің жұмысы кезінде алынып тасталатын асқын жүктелуі бар механизмдердің, және де механизмі тоқтатылмай асқын жүктелуі жойылмайтын электр қозғалтқыштарында уақыт ұстанымы аз.

Электр стансаларының өзіндік қажеттілігіне жауапты электр қозғалтқыштары кезекші қызметкерлердің бақылауында болған жағдайда, жүктелуден РҚ-ты сигналға қызметтен орындауға болады. Технологиялық жүктелуге ұшыраған электр қозғалтқыштарының қорғанысы мүмкіндігінше бір жағынан рұқсат етілмейтін жүктелуден, ал екінші жағынан алдыңғы жүктеме мен қоршаған ортаның температурасын есепке алып электр қозғалтқыштың асқын жүктеме сипаттамасын пайдалану.



а, в - айнымалы ток тізбегі; б, г – уақыт ұстанымы тәуелді және тәуелсіз қорғаныс үшін айнымалы оперативті ток тізбегі.

14. 2 сурет - Электр қозғалтқыштарын асқын жүктелуден қорғаудың сұлбасы

*Тоқтық реле арқылы асқын жүктелуден қорғаныс.* Электр қозғалтқыштарын асқын жүктелуден қорғау үшін әдетте тәуелділігі шектелген сипаттағы РТ-80 түріндегі реленің МТҚ немесе МТҚ тәуелсіз ток релесі және уақыт релесі қолданылады (14.3 сурет).

Бір релелік орындалған (14.2, а, б сурет) уақыт ұстанымы тәуелсіз максималды тоқтық РҚ жылу және атомдық электр стансаларының өзіндік қажеттілігіндегі барлық асинхронды электр қозғалтқыштарында, ал өндірістік орындарда – жауапкершілігі бар механизмдер жетегі болып табылатын барлық синхронды және асинхронды электр қозғалтқыштарында, және де қосылу уақыты 12 - 13 с жоғары жауапкершілігі жоқ асинхронды электр қозғалтқыштарында қолданылады.

Фаза аралық ҚТ-дан РҚ кезіндегі қолданылатын РТ-80 түріндегі тоқтық реле асқын жүктелуден де қорғаныста қолданылады. Асқын тоқтан РҚ ажыратуға емес сигналға қызмет етсе РТ-84 түріндегі реле қолданылады, олардағы үзінді мен индукциялық элементтердің бөлек контактілері бар (14.2, в, г сурет).

Асқын жүктелуден МТҚ-ның іске қосылу тоғы электр қозғалтқыштың  $I_{ном}$ -нан реттелу шартынан орнатылады:

$$I_{с.з} = k_{отс} I_{ном} / k_B. \quad (14.3)$$

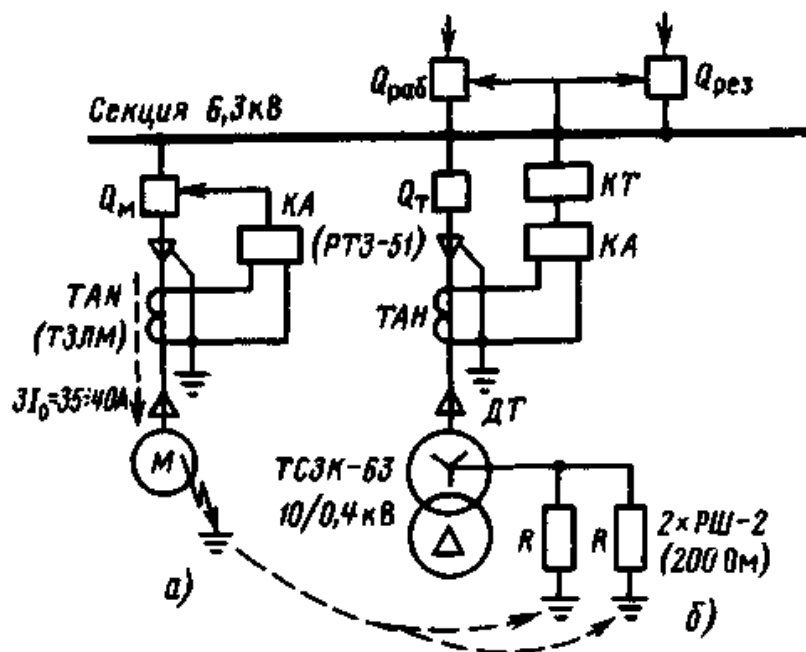
Асқын жүктелуден МТҚ-ның қызмет ету уақыты  $t_{э.п}$  электр қозғалтқышының қосылу уақытынан  $t_{пуск}$  жоғары болу керек, ал өзіндік қосылуға қатысы бар электр қозғалтқыштарда өзіндік қосылудың уақытынан көп болуы қажет.

Асинхронды электр қозғалтқыштың қосылу уақыты әдетте 10-15 с құрайды. Сондықтан да РТ-80 түріндегі реленің сипаттамасы тәуелсіз бөлікте 12-15 с аз болмауы тиіс. Тәуелсіз сипаттамадағы асқын жүктелуден РҚ-та уақыт ұстанымы 12-20 с болып қабылданады.

## 14.2 Электр қозғалтқыштарын жерге тұйықталудан қорғау

Ажыратуға қызмет ететін статор орауышындағы жерге тұйықталудан РҚ ПУЭ-ға сай қуаты 2000 кВт және одан жоғары электр қозғалтқыштарында жерге тұйықталу тоғы 5 А жоғары болған жағдайда, ал қуаты төмен электр қозғалтқыштарында - жерге тұйықталу тоғы 10 А жоғары болса орнатылады. Бірақ та қолданыста, жерге тұйықталу тоғы 5 А жоғары болғанда, жерге тұйықталудан РҚ көбінесе кез-келген қуаттағы электр қозғалтқыштарында орнатылады, себебі жерге тұйықталу кезіндегі зақымдалуды шектеуге мүмкіндік береді. Жерге тұйықталудан қорғаныс тораптың сыйымдылық тоғына әсер етеді және РТЗ-51 (бұрын қолданылатын, РТЗ-50) түріндегі бір ток релесінің көмегімен жасалады, ал ол өз кезегінде қозғалтқышты қоректендіріп тұрған, кабельде орнатылған нөлдік тізбектегі ТТ-на (ТТНП) қосылады.

ТЗ, ТЗЛ, ТЗЛМ және т.б. түріндегі ТТНП қолданылады (14.3, а сурет). Егер электр қозғалтқыштың қоректендірілуі бірнеше қатар кабель (екі-төрт) арқылы орындалған жағдайда, әрқайсысына жеке киілген ТТНП екіншілік орауыштары тізбектей немесе қатар жалғанады.



а – қозғалтқышты жерге тұйықталудан қорғау; б - резисторы жерлендірілетін қосымша трансформатордың қосылу сұлбасы.  
14.3 сурет - Жерге тұйықталудан қорғаудың структуралық сұлбасы

РҚ-тың іске қосылу тоғы, сыйымдылық тоғына (50 Гц) әсер ететін кабельдік желілердің РҚ-на таңдалғандай етіп алынады:

$$I_{c.3} \geq k_{omc} k_{\sigma} I_C, \quad (14.3)$$

мұнда  $I_C$  – электр қозғалтқыштың өзіндік сыйымдылық тоғы;

$k_{OTC}$  – реттелу коэффициенті, 1,2-1,3 тең деп алынады;

$k_6$  – сыртқы орын алмастыратын жерге тұйықталу кезіндегі электр қозғалтқышының лақтырылатын сыйымдылық тоғын ескеретін коэффициент. Уақыт ұстанымынсыз қызмет жасайтын РҚ-та, бұл коэффициент 3 - 4 тең деп алынады. РҚ-тың сезімталдығын жоғарылату үшін  $k_6 = 1,5 \div 2$  азайтылған шамасын алуға рұқсат етіледі. Бұл кездегі қорғаныстың уақыт ұстанымы 1 -2 с.

Асқын кернеуді азайту мақсатында, жерге тұйықталу кезінде жоғары қуаттағы АЭС және ТЭС энерго блоктарының өзіндік қажеттілігі тораптарында, және де 6 кВ электр қозғалтқыштары мен СН 6,3/0,1 кВ трансформаторларындағы сезімталдық пен РҚ-тың селективтілік қызметін жоғарылату үшін, бұл тораптар резистор арқылы жерлендірілген бейтараппен жұмыс жасайды. Ол үшін СН 6,3 кВ блоктық әр секциясында, орауыштарының қосылу сұлбасы жұлдызша, бейтарабы –үшбұрыш жерлендірілген мысалы, ТСЗК-63 түріндегі қосымша жерлендірілетін трансформатор (ДТ) орнатылады. ДТ-ның бейтарабына, арнайы электр техникалық бетоннан (бетела) жасалған, әр қайсысы 200 Ом екі жоғары вольтті жерлендіретін резистор қатар қосылады (14.3, б сурет).

## **15 дәріс. РҚМҚ жалпы құрылымы мен конструктивті орындалуы**

Дәрістің мазмұны: дистанциондық басқару, автоматика, релелік қорғаныстың микропроцессорлық құрылғылары туралы негізгі мәліметер. Микропроцессорлық құрылғылардың сипаттамалары.

Дәрістің мақсаты: сандық терминалдарды тексеру үшін жаңа аппаратуралар мен сандық терминалдар түрінде жасалған жаңа бағыттағы элементтік базамен таныстыру.

### **15.1 РҚМҚ жалпы құрылымы мен конструктивті орындалуы**

РҚА қондрғыларын өндіруші көптеген фирмалар электр механикалық релелерді және құрылғыларды шығаруын тоқтатып сандық элементтік базаға көшуде. Жаңа элементтік базаға көшу релелік қорғаныс пен электр автоматикасы принциптерінің өзгеруіне әкелмейді, тек қана оның функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтеді, қолданысын кеңейтеді, және де оның бағасын төмендетеді. Сол себепті микропроцессорлық құрылғылар ескірген электр механикалық және микроэлементті релелердің орнын тез басуда. Микропроцессорлық қорғаныстың негізгі сипаттамалары микроэлементтік және электр механикалық релелердікіне қарағанда біршама жоғары.

Кернеу және тоқ өлшем трансформаторларынан тұтынатын қуат 0,1 - 0,5 ВА шамасында, ал аппараттың қателігі 2 - 5%, өлшем органдарының

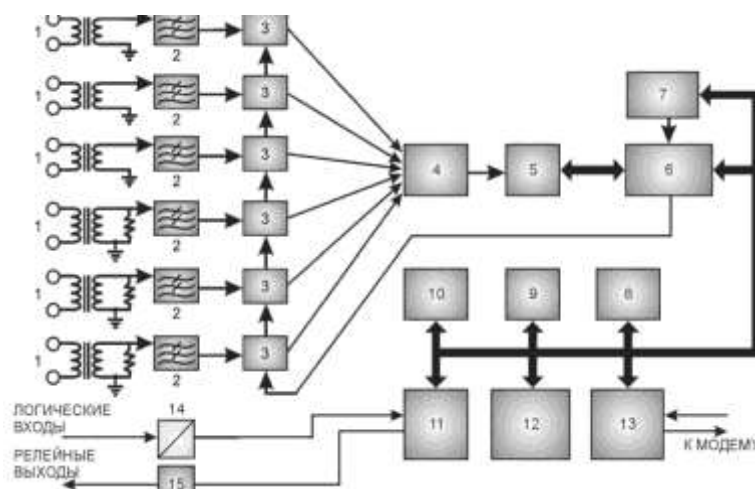
кайту коэффициенті 0,96 - 0,97.

РҚА құрылғыларын өндірушілердің әлем бойынша алдыңғы қатардағылары SIEMENS, ALSTOM, ABB еуропалық концерндері. Оларға ортақ нәрсе сандық техникаға көшудің жаңа бастамалары болып табылады. Осы фирмалардың шығаратын сандық қорғаныстарының бағасы өте жоғары, бірақ олар жоғары техникалық сипаттамалар мен функцияларының көп болуымен ақталады. Микропроцессорлық аппаратураларды басқа да фирмалар шығарады: GE Multilin, SEL. РҚА құрылғыларындағы ақпараттарды өңдеудің жаңа әдісіне көшу электр құрылғылардың қорғанысын құрудың жаңа принциптеріне әкелмесе де релелердің қолдану кезіндегі сапасын жақсартты.

РҚА жаңа сандық құрылғылары релелік қорғаныс, өлшеу, электр құрылғыларын басқару мен реттеу функцияларын бірегей ақпараттық кешенге бағытталды. Мұндай құрылғылар энергетикалық бөлімде технологиялық процесстерді автоматты басқару жүйесі (АСУ ТП) құрылымында ақпаратты жинақтаудың соңғы құрылымдары болып табылады.

РҚА өңделген сандық кешендерінде ферромагнитті орауыштары жоқ трансформаторлар, оптоэлектронды бақылағыштар негізінде кернеу мен тоқты түрлендіретін дәстүрлі емес жаңа өлшемдерге өтуге мүмкіндік пайда болды. Бұл түрледіргіштерді өндірісте пайдалану ыңғайлы, өте жоғары метрологиялық сипаттамаларға ие, бірақ шығысындағы қуат аз және қалыптасқан аппаратуралармен жұмыс жасауға келмейді. Тағайындалуы әртүрлі сандық РҚ ортақ нәрселер көп, ал олардың структуралық сұлбалары өте ұқсас және 15.1 суретте келтірілгендерге ұқсайды. Сандық құрылғылардың орталық түйіндері микроЕҚМ, ол өзінің кіріс-шығыс құрылғылары арқылы алыстағы түйіндермен ақпарат алысады. Сол қосымша түйіндер арқылы микроЕҚМ сыртқы ортамен байланысады: бастапқы ақпарат бақылаумен, басқару бөлімімен, оператормен және т.б.

### Аналогтық шығыстар



15.1 сурет – Микропроцессорлық қорғаныстың құрылымдық сұлбасы

Айта кететін жайт шын құрылығыда РҚ бірнеше микропроцессор қолданылуы мүмкін. Олардың әрқайсысы жоғары әсер етуді қамтамасыз етуге арналған жалпы тапсырманың жекелеген бөлшектеріне жауап береді. ALSTOM фирмасы осы мақсат үшін бір мықты процессор, ал АВВ фирмасы қатар жұмыс жасайтын 4-10 МП пайдаланады

РҚМҚ негізгі түйіндері: 1 – ішкі тоқ және кернеу трансформаторлары ПТН және ПТТ (кіріс түрлендіргіштері); 2 - антиалиазингтік сүзгіштер; 3 – таңдау және есте сақтау тізбектері (sample-and-hold circuit); 4 - мультиплексор; 5 - аналогтық-сандық түрлендіргіштер (АЦП); 6 - микропроцессор; 7 - таймер; 8 – қайта бағдарлама жасалатын электрлік өшірілетін есте сақтау құрылғысы (EEPROM); 9 - оперативті жады (РАМ); 10 – тұрақты есте сақтау құрылғысы (РОМ); 11 - логикалық кіріс-шығыс; 12 – пернетақта және дисплей; 13 - сериалды порт; 14 - оптрондар; 15 – шығыс релесі.

Жоғарыда аталған түйіндердің негізгі функциялары келесі:

Кіріс түрлендіргіштері сыртқы тізбекті құрылғының ішкі тізбегінен гальваникалық шешілуін қамтамасыз етеді. Сонымен бірге кіріс түрлендіргіштері бақыланатын сигналдарды бір түрге (әдетте, кернеуге) және нормаланған деңгейге келтіреді.

Дәл осы жерде аналогты сандық түрлендірудің алдында кіріс сигналдарын алдын ала жиілікті сүзгілеуі жүргізіледі. Сонымен бірге құрылғының ішкі элементтерін бөгеттерден және асқын кернеуден қорғау үшін шаралар жасалады. Кіріс сигналдарының түрлендіргіштері аналогтық (1) және логикалық (14) болады. Біріншілері

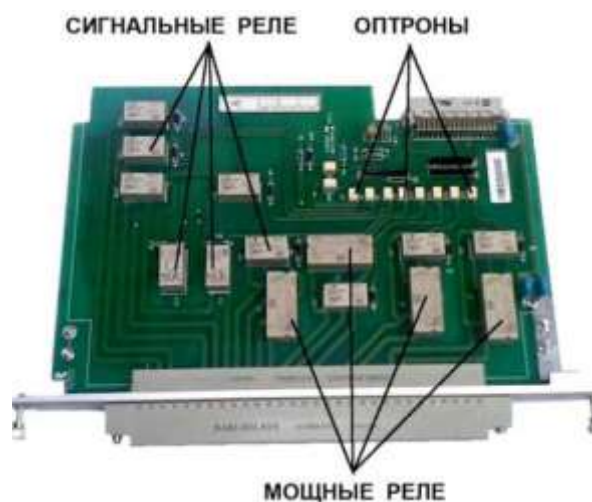
Реленің қорғалатын объектіге әсері басқарудың дискретті сигналы ретінде орындалады. Сонымен қатар қорғаныс құрылғысының шығыс тізбектері коммутациялық тізбектерді өзара және де РҚ құрылғысының ішкі тізбектерге қатысты гальваникалық ажырауын қамтамасыз ететіндей етіп жасалады. Шығыс түрлендіргіштер сәйкес коммутациялық қабілетімен, және коммутация жасалатын тізбекте көрінетіндей ажыратылуы қажет.

Аналогтық-сандық түрлендіргіштер жолына мультиплексор (4) және өзіндік аналогтық-сандық түрлендіргіштер (АЦП) - 5 кіреді. Мультиплексор – АЦП кірісіне кезектеп басқарылатын сигнал беретін электронды коммутатор. Мультиплексорды пайдалану бірнеше каналға бір АЦП (қымбат тұратын) қолдануға мүмкіндік береді. АЦП кіріс белгісінің шамасы бірден оған пропорционалды сандық шамаға түрлендіріледі. Түрлендіру берілген периодпен іске асады.

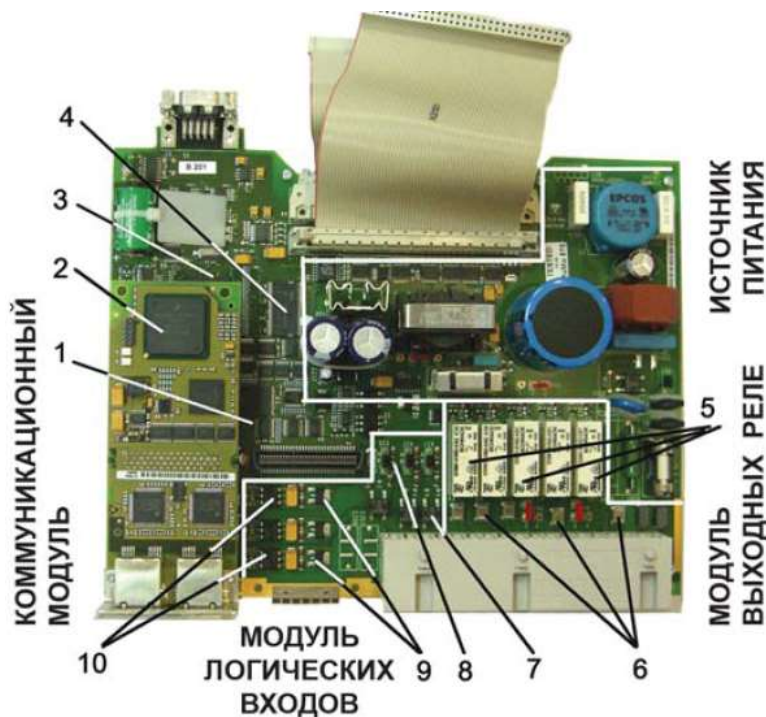
15.3, 15.4, 15.5 суреттерде SIPROTEC SIEMENS және Nari-Relays түріндегі РҚМҚ модульдері келтірілген.



15.3 сурет - SIPROTEC 7UT 612 SIEMENS түріндегі реленің конструкциясы



15.4 сурет - Nari-Relays компаниясының шығысы релелерінің модулі



- 1 - 32 Мб CMOS S29AL32090 түріндегі флэш-память;
- 2 - MPC860EN түріндегі коммуникациялық контроллерлер;
- 3 - MCF5280CVM66 (Freescale) түріндегі орталық процессор;
- 4 - 48LC2M3282 түріндегі синхрондалған динамикалық оперативті жады;
- 5 - V23061-A1001 түріндегі шығыс релелері; 6 – қатар жалғанаған конденсаторлар (4,7 нФ, 250 В); 8 - стабилитрон; 9 - транзисторлар;
- 10 - SFH601 типтегі оптрондар.

15.5 сурет - SIPROTEC 7UT 612 SIEMENS түріндегі РҚМҚ аралас модулі

## Әдебиеттер тізімі

Негізгі:

1. Булычев А.В., А.А. Наволочный. Релейная защита в распределительных электрических сетях. - М.: ЭНАС, 2011.- 208 с.
2. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. 2-е изд., стер.- М.: Изд.дом МЭИ, 2010.- 336 с
3. Киреева Э.А., Цырук С.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. - М.: Академия, 2010.- 288 с.
4. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. 6-е изд.стер.- М.: Высш.шк., 2008.- 640 с.
5. Андреев В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах.- М.: Высш.шк., 2008.- 256 с.
6. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем. под ред.А.Ф.Дьякова.- 2-е изд., перераб.и доп.- М.: МЭИ, 2007.- 476 с.
7. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. 5-е изд.стер.- М.: Высш.шк., 2007.- 640 с.
8. Басс Э.И. , Дорогунцев В.Г., Релейная защита электроэнергетических систем. под ред.А.Ф.Дьякова.- 2-е изд., стер.- М.: МЭИ, 2006.- 296 с.
9. Авербух А.М. Релейная защита в задачах с решениями и примерами. - М.: Энергия, 2005. – 416 с.
10. Шабад М.А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты.Экспериментальная и расчетная проверки. МЭ РФ; ПЭИПК; Каф.релейной защиты и автоматики электр.станций, сетей и систем.- СПб., 2003.- 64 с.

Қосымша:

1. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. «Релейная защита энергетических систем. Учебное пособие для техникумов».-М.: Энергоатомиздат, 1998.
2. Сборник директивных материалов (Электротехническая часть).- М.: Минэнерго СССР, 1985.
3. Королев Е.П., Либерзон Э.М. Расчеты токовых нагрузок в цепях релейной защиты. - М.: Энергия, 1980. – 208 с.
4. Справочник по наладке вторичных цепей электростанций и подстанций/Под ред. Э.С. Мусаэяна. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13А. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Схемы. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 112 с.
6. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 96 с



Михаил Владимирович Башкиров  
Гульназ Сайпудиновна Жунусова

## ТАРАТУ ТОРАПТАРЫНЫҢ РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСЫ

5B081200 – Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету  
мамандығының студенттері үшін дәрістер жинағы

Редактор Б.С. Қасымжанова  
Стандарттау бойынша маман Н.К. Молдабекова

Басуға қол қойылды \_\_\_\_\_  
Таралымы 50 дана  
Көлемі 4,1 оқу-басп.т.

Формат 60x84 1/16  
№1 типографиялық қағаз  
Тапсырыс \_\_\_\_ бағасы 2050 тг.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамының  
көшірмелі-көбейткіш бюросы  
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126