

Э. А. КИРЕЕВА, С.А.ЦЫРУК

РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫС ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ

ОҚУЛЫҚ

*«Электр станциялары, желілері және жүйелері» мамандығы бойынша
орта кәсіптік білім беру бағдарламаларын іске асыратын
білім беру мекемелерінің оқу үдерісінде қолдануға арналған
оқулық ретінде «Білім беруді дамытудың федералдық институты»
Федералды мемлекеттік мекемесі ұсынған.*

*Тіркеудің тіркеу нөмірі
2010 жылғы 12 наурыздан бастап 47 «ФТО»*

5-ші басылым, стереотипті



**Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2016**

ӘОЖ 621.31(075.32)
КБЖ 31.27-05я723
К43

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес «ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды. Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

Рецензенттер:

Энергетиктердің біліктілігін арттыру институтының ректоры, техника ғылымдарының докторы, профессор *О.А. Терешко*;

«Ұлы Петр» атындағы ӘА СЗК Зымыран жүйелерінің электрмен жабдықтау жүйелері бөлімінің бастығының орынбасары *В.В. Зоринец*

Киреева Э.А.

К43 Релелік қорғаныс және электр энергетикалық жүйелерді автоматтандыру: орта кәсіптік білім беру студенттеріне арналған оқулық / Э.А. Киреева, С.А. Цырук. - 5-ші баспа үйі, стер. - М.: «Академия» баспа орталығы, 2016. - 288 б.

ISBN 978-601-333-204-8 (каз.) ISBN 978-5-4468-3268-2 (рус.)

Схемалар, пайдалану қағидалары, қолданыстағы қорғаныстың қолданылуы және олардың параметрлерін есепке алу қарастырылады. Қашықтағы және жоғары жиілікті қорғау, трансформаторлар, қозғалтқыштар, автобустар мен желілерді қорғау туралы негізгі мәліметтер берілген. Сипатталған тізбектер мен автоматты реакциялау қағидасы, автоматты резервтік коммутация, автоматты жиілікті түсіру және жиілікті автоматты түрде қайта қосу, сондай-ақ микропроцессорлық қорғаныс құрылғылары.

Оқу құралы «Электр станциялары, желілері және жүйелері» мамандығы бойынша «Электр станцияларының, желілері мен жүйелерінің электр жабдықтарын пайдалану» (МДК.02.02) кәсіптік модульді меңгеру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттері үшін.

ӘОЖ 621.31(075.32)
КБЖ 31.27-05я723

ISBN 978-601-333-204-8 (каз.)
ISBN 978-5-4468-3268-2 (рус.)

© Киреева Э.А., Цырук С.А., 2010
© «Академия» оқу-баспа орталығы, 2013
© Дизайн. «Академия» баспа орталығы, 2013

Алғы сөз

Релелік қорғаныс қазіргі заманғы энергетикалық жүйелерде пайдаланылатын автоматтандырудың маңызды және ең жауапты компоненті болып табылады. Энергетикалық жүйелердің электрлі бөліктеріндегі зақымдар мен қалыпсыз режимдерді автоматты түрде жою, олардың сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.

Қазіргі уақытта релелік қорғаныс электр станцияларының өсуіне, электр желілерінің кернеуінің артуына байланысты маңызды болып келеді. Релелік қорғанысты және автоматтандыруды микропроцессорлық базаға біртіндеп көшіру.

Релелік қорғанысты және автоматтандыруды одан әрі жетілдіру цифрлық технологияны кеңінен қолдану жолымен жүреді. Оның артықшылығы релелік қорғанысты және авариялық-құтқару және авариялық режимдерде автоматтандырудың әсерін анықтайтын параметрлерді түзету, кейіннен ақпаратты диспетчерлік нүктелерге беру.

Осы оқулық Ресейдің энергетикалық жүйелерінде сәтті пайдаланылатын релелік қорғаныс пен автоматтандырудың классикалық және заманауи құрылғысын көрсетеді.

Осы оқулықты жазған кезде, авторлар Мәскеу энергетика институтында (Техникалық Университет) осындай пәндерді оқытуда көп жылдық тәжірибелерін пайдаланды. сондай-ақ оның релелік қорғаныс, автоматтандыру және телемеханика бойынша кітаптары мен мақалалары бар.

Оқулық электр энергетикалық жүйелер мен өнеркәсіптік электрмен жабдықтау жүйелерінің релелік қорғау және автоматтандырудың негізгі мәселелері мен ерекшеліктерін қамтиды. Микропроцессорлық релелік қорғанысқа және жоғары жылдамдықты автоматтандыру құрылғыларына үлкен көңіл бөлінеді.

Қабылданған акронимдердің тізімі

АРК	—	автоматты резервтік коммутация
ӨТМ	—	өріс тазарту машинасы
АҚ	—	асинхронды қозғалтқыш
АТҚІҚ	—	автоматты түрде қайта іске қосу
АТЖТ	—	автоматты түрде жиілікті түсіру
ЖӘЕАРК	—	жылдам әрекет ететін АРК
ҚБ	—	қуат блогы
КБҚБ	—	кернеуі бар қуат блогы
ТҚБ	—	тұрақтандырылған қоректендіру блогы
АБ	—	ағымдық блок
ӘЖ	—	әуе желісі
ЖК	—	жоғары кернеу
ЖЖ	—	жоғары жиілікті
ЖКГ	—	жоғары кернеу генераторы
НҚС	—	негізгі қосалқы станция
ДСР	—	доға сөндіру реакторы
ҚБ	—	қашықтан басқару (өлшеу)
ДТҚ	—	дифференциалдық ток қорғанысы
ЖТҚ	—	жабық тарату құрылғылары
ИС	—	интегралды сұлба
ӨО	—	өлшеуіш орган
КӨД	—	кернеу өлшеу денесі
АӨЭ	—	ағымдағы өлшеу элементі
ТТК	—	тұрақтандырылған тамақтану көзі
ҚТ	—	қысқа тұйықталу
ТТҚ	—	толық тарату құрылғысы
ЛО	—	логикалық орган
МҚК	—	магнитті қозғалтқыш күші
ЕКФТҚ	—	ең көп фазалы ток қорғанысы
МТҚ	—	максималды ток қорғанысы
ТҚ	—	төмен кернеу
ҚТТ	—	қаныққан ток трансформаторы
МО	—	мотор орамасы
ТАҚА	—	төтенше аварияға қарсы автоматика

ӘЖҚ	—	ӘЖ қабылдағышы
СБО	—	стресті бастаушы орган
ҚС	—	қосалқы станция
АТТ	—	аралық ТТ
ЭҚЕ	—	электр қондырғыларының ережелері
РҚ	—	релелік қорғаныс
ТН	—	тарату нүктесі
ҚР	—	қарсыласу релесі
СҚ	—	синхронды қозғалтқыш
Ш	—	шиналар
ҮАҚҚ	—	үшфазалы АҚҚ
КТ	—	кернеу трансформаторы
ҚТТ	—	қалдық ток трансформаторы
АҮ	—	ағымдағы үзіліс
ТТ	—	ток трансформаторы
ҮТС	—	үш трансформаторлық сүзгі
АЖЖЭС	—	аралас жылу және электр станциясы
БО	—	басқарушы орган
САСКЖҚ	—	сөндіргіш ақауларының сақтық көшірмесін жасау құрылғысы
ҚТДҚ	—	қысқа тұйықталу дабылы құрылғысы
АТЖҚБ	—	автоматты түрде жиілікті қайта белсендіру
ЧЭЗ	—	Чебоксары Электроаппараттар зауыты
ЭҚК	—	электр қозғалтқыш күші
ЭЖ	—	электр жүйесі

1 тарау

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЗАҚЫМДАР ЖӘНЕ ҚАЛЫПСЫЗ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ

1.1. Жалпы ақпарат

Электр энергетикалық жүйелерде зақымдар мен қалыпты жұмыс режимдері орын алуы мүмкін.

Зақымданулар төтенше режимдер болып табылады, олар елеулі токтардың пайда болуына және электр станцияларының және қосалқы станциялардың автобустарында кернеудің терең төмендеуіне әкелуі мүмкін. Ақаулық тогы ақаулық орынға және сымдардың қауіпті қыздырылуына нұқсан келтіруі мүмкін. Кернеуді төмендету электр энергиясын тұтынушылардың қалыпты жұмысын және электр жүйесіндегі электр станцияларының параллель жұмысының тұрақтылығын бұзады [14].

Ақаулы режимдер төтенше жағдай емес, себебі олар әдетте кернеу, ток және рұқсат етілген мәндерден жиілік ауытқуына әкеледі. Жиілік пен кернеу төмендеген кезде, тұтынушылардың қалыпты жұмысын бұзу және қуат жүйесінің тұрақтылығы бұзылу қаупі бар, кернеу мен ток күшейту жабдықты бұзуға әкелуі мүмкін.

Зардап шеккен жердегі зақымдарды азайту және қуат жүйесінің бүлінбеген бөлігінің қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін бүлінген аймақты тез ажырату қажет.

Нормаланбаған режимдердің қауіпті салдарлары олардың зарарлануына қатысты тиісті шараларды уақтылы қабылдау арқылы (мысалы, ол ұлғайған кезде ток соғуды азайту) және қажет болғанда, егер ол үшін қолайлы режим болса, электр жабдықтарын өшіруден аулақ болуға болады.

Релелік қорғаныс зақымдануларға және мінез-құлқсыздандыру режимдеріне әсер етеді, оларды анықтайды және сапарға зақым келтірген жағдайда қолданылады, ал қалыпты режимде - сигналға немесе сапарға. Осылайша, релелік қорғаныс электрлік автоматтандырудың негізгі түрі болып табылады, ол электр жүйелері мен электр желілерінің қалыпты жұмысы мүмкін емес.

1.2. Зиянның түрлері

Желі ақауларының негізгі түрі - қысқа тұйықталу (ҚТ). Қысқа тұйықталу ақауларының себептері тозу немесе асқын кернеу салдарынан электр жабдықтарын оқшаулау, жұмысшы персоналдың қате әрекеттері, ластанған кезде изоляторларды өшіру, жануарлар мен құстардың оқшаулауын бұзуы және т.б. болуы мүмкін.

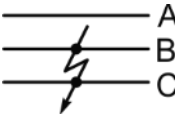
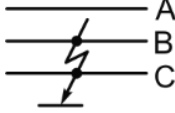
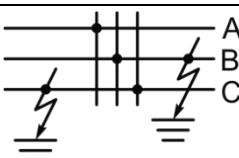
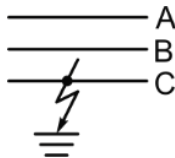
Жабудың ықтимал түрлері 1.1 кестеде келтірілген.

Үш фазалы ҚТ-да барлық үш фаза бір нүктеде бірге жабылады. Үш фазалы ҚТ АЗ деп белгіленеді. Үш фазалы ҚТ-ға байланысты токтар, кернеулер мен қуаттар тиісінше (ЛЗ), (SЗ) және (ІЗ) арқылы белгіленеді. Үш фазалы қысқа тұйықталу ақаулығы - ең қысқа тұйықталу токтарының пайда болуына себеп болатын ең ауыр түрі. Сондықтан үш фазалық ақаулық максималды ақаулық тоғын анықтау кезінде есептеледі.

Екі фазалы қысқа тұйықталу кезінде екі фаза өздері арасында жабылады. Екі фазалық ТҚ нүктесі $K < 2$ арқылы белгіленеді. Токтар, кернеулер екі фазалық ТҚ байланысты өкілеттіктер сәйкесінше / (2) және $\{1 \setminus A'(2)$ арқылы белгіленеді. Екі фазалық ақаулық ағымдары алға және кері тізбектің құрамдастарын ғана қамтиды.

1.1 кесте

Тұйықталудың түрлері

Сызба	Жабу түрлері
	Үш фазалы ТҚ
	Екі фазалы ТҚ
	Жерге тұйықталған екі фазалы ТҚ
	Қос жерге тұйықталу
	Бір фазалы қысқа жерге тұйықталу Бір фазалы жерге тұйықталу

Жердегі екі фазалы қысқа тұйықталу жағдайында, екі фазаның жабылуы ақаулық нүктесінің жерге тұйықталуымен (жерге тұйықталған бейтарап жүйелерде) бірге жүреді. Екі фазалы қысқа тұйықталу нүктесі AG (1L) арқылы белгіленеді. Жерге екі фазалы қысқа тұйықталуға қатысты токтар, кернеулер және қуаттар тиісінше (1), (5) бойынша белгіленеді. Жердегі екіфазалы қысқа тұйықталу токтарының алға, кері және нөлдік тізбектерінің компоненттері бар. Жердегі екіфазалы қысқа тұйықталу электр қуатын тұтынушылар мен тұрақтылық үшін үшфазалы қысқа тұйықталудан кейінгі ең ауыр болып табылады.

Қос жерге тұйықтау - бір фазалық жерге тұйықталумен ұзақ мерзімді желінің жұмысының нәтижесі. Желінің басқа нүктесіндегі тағы бір фазаның жерге тұйықталуы жерге қатысты бүлінбеген фазалардың кернеулерінің жоғарылауы (фаза аралық) мәндеріне байланысты туындайды.

Бір фазалық ақаулармен фазалардың біреуі жерге немесе бейтарап сымға жабылады. Бірфазалы қысқа тұйықталу нүктесі K_n арқылы белгіленеді. Бірфазалы қысқа тұйықталуға қатысты токтар, кернеулер, қуаттар сәйкесінше / (1), U_{sl} , 5, (1) арқылы белгіленеді. Бірфазалы ақаулық ағымдары алға, кері және нөлдік тізбектің құрамдастарына ие.

Сымның бұзылуына және түрлі фазалардың сымдарын бір уақытта жауып тастауға байланысты қысқа тұйықталудың басқа түрлері кездеседі.

Үш фазалық ақаулық симметриялы, себебі бұл жағдайда үш фазаның барлығы бірдей жағдайда болады. Барлық қалған ақаулар асимметриялы болып табылады, өйткені фазалар бірдей жағдайларда қалмайды, ток және кернеу жүйелері бұрмаланған.

Үш фазалық ақаулар сирек кездеседі (қысқа тұйықталу санын жалпы санының 5%).

Ең жиі кездесетін жердегі бір фазалық жерге тұйықталу. Олар жабылулардың жалпы санының 65% -ын құрайды. Белгілі болғандай, 6, 10, 20 және 35 кВ желілері оқшауланған бейтарап немесе доғалық өрт сөндіру реакторы арқылы (НҚС) бейтараптандырылған жұмыс істейді. үлкен индуктивті қарсылыққа ие. Бөлек бейтарапты желінің жұмысы рұқсат етілген деп саналады. егер 6, 10, 20 және 35 кВ кернеуге ие желілерде жерге тұйықталу кезіндегі ток сәйкесінше 30, 15 және 10 А аспаса, жоғары токтарда НҚС арқылы бейтараптандырылады.

Бір фазалық жерге тұйықталу тогы жерге қатысты фазалардың сыйымдылығына байланысты. Жерге қатысты тұйық фазаның кернеуі кіші жерге тұйықталған токпен байланысты желінің кез-келген нүктесінде нөлге тең болады. Бөлінген бейтарап желідегі жерге тұйықталу тогы алдыңғы, кері және нөлдік тізбектердің құрамдастарын қамтиды.

Осы немесе өзге түрдегі ТҚ ықтималдығы әртүрлі. Өлі тұйықталған бейтарап (110 кВ және одан жоғары) желіде ақаулық орынға үлкен қысқа тұйықталу тогы ағып тұрады. Оқшауланған немесе жерге тұйықталған бейтарап бейтарап реакторы бар желіде, бір фазалық жерге тұйықталу тоқында жерге қатысты сымдардың сыйымдылығымен анықталған шағын мәндер болады.

Ақаулардың орнына, әдетте, электр доғасы пайда болады, оның кедергісі ақаулардың ағымын есептегенде әдетте назардан тыс қалады. Қажет болған жағдайда доғаның қарсылығын шамамен ескере отырып есептелуі мүмкін [14]

$$R_d \approx 1050 I_d / I_d$$

мұндағы I_0 - доға ұзындығы, М; I_d - доға ағымы, А

1.3. Аномалсыз режимдер

Нормал емес режимдерге мыналар жатады: жабдықты шамадан тыс жүктеу; рұқсат етілген мәннен жоғары кернеуді арттыру; қуат жүйесінің генераторлары синхронды түрде жұмыс істеген кезде пайда болатын шуыл; синхронды генератордың қозғалыссыз асинхронды режимі (мысалы, өрісті босату автоматы өшірілгенде).

Ең көп таралған бұзылуы атаулы асатын, ағымдағы МТЗ, пайда болған туындаған электр шамадан болып табылады. Жүктеме өндірістік процестер кезінде, авариялық-құтқару режимдерінде, өндірістің кеңеюімен және жүктің өсуімен, профилактикалық және жөндеу жұмыстарымен жүреді. шамадан тыс кезде ток өткізетін бөліктерінің оқшауламасының жедел қартаю әкеледі электр қосымша жылу, жүреді. Жабдықты шамадан тыс жүктеу кезінде зақымдалуын болдырмау үшін, оны босату немесе (қажет болған жағдайда) өшіру жөніндегі шараларды қолдану қажет.

Жабдықты қауіпті оқшаулау, мысалы, бір жақты ажырату немесе үлкен сыйымдылықты өткізгіштігі бар ұзын жоғары кернеу желісін қосу арқылы пайда болуы мүмкін. Жоғары вольтты желілерде қауіпті асқынулардың жойылуы арнайы автоматтандыру арқылы жүзеге асырылады.

Тербелу - бұл өте қауіпті қалыпты режим, ол барлық энергия жүйесінің жұмысына әсер етеді. Ағымдағы және кернеу өзгерістерінің сипаты бойынша тербелістер қысқа тұйықталуға ұқсас. Релелік қорғаныс құрылғыларының көпшілігі (РҚ) ауытқулар кезінде қорғалған желілерді өшіруі мүмкін. Алайда, бұл үзілістер хаотикалық болып табылады, бұл тұтынушыларға электрмен жабдықтаудың ішінара немесе толық бұзылуына әкелуі мүмкін.

Асинхронды режимде, әдетте, генератордың статор ток ағуы байқалады, бұл генераторлардың кейбір түрлеріне, әсіресе осы режимде ұзақ жұмыс істеуіне жол берілмейді.

Бақылау сұрақтары

1. Электр энергетикалық жүйелерде қандай залал болуы мүмкін?
2. Энергетикалық жүйелерде қандай қалыпты режимдер болуы мүмкін?
3. Қалыпты және апаттық режимдер арасындағы айырмашылық неде?
4. Екі фазалық кемшіліктер қандай?
5. Қайсы қателіктер симметриялы?
6. Электр жабдығының жүктемесінің қандай зардаптары бар?

2 тарау

Релелік қорғаныс принциптері. Электромеханикалық реле

2.1. Релелік қорғаныстың жалпы принциптері

Қорғанысты іске асырудың негізгі элементтері - «реле» деп аталатын арнайы құрылғылар. Релемен қорғаныс релелік қорғаныс деп аталады.

РҚ техникасында реле бақыланатын жүйелерде (әдетте, электрлік бақылауда немесе сигнализациялық тізбектерде күрт өзгерісті орындау үшін белгілі бір сыртқы құбылыстарды сипаттайтын әсер ету санын анықтау үшін автоматты түрде әрекет ететін құрылғы деп түсініледі). РҚ техникасында қолданылатын реледе. Әдетте электр шамалары әрекет етеді, сондықтан бұл релелер электрлік деп аталады.

РҚ құрылымдық схемасы келесі негізгі органдарды қамтиды (2.1 сурет):

- қорғаныс объектісінің күйін үздіксіз бақылайтын және өлшеу түрлендіргіштерінен (ток трансформаторларынан, кернеулерден) кіретін электр сигналдарының параметрлеріне сәйкес жұмыс істеу (немесе істен шығу) жағдайларын анықтайтын өлшем бірлігі.

- логикалық сигналдарды қалыптастыратын және басқару элементіне РҚ операциясы туралы шығу сигналын беретін дискретті сигналдарын алатын логикалық корпус;

- коммутатордағы L O сигналдық сигналы негізінде қалыптасатын бақылау (атқарушы) орган (2 қорғалған объектілер.



2.1 сурет. РҚ құрылымдық диаграммасы

Реле өлшеу - релелерді өлшеу, олар ток кернеуіне, кернеуіне, қуатына, жиілігіне және т.б. релелеріне қосылады.

Егер өлшеу релесі күшейетін мәнмен жұмыс істеуге арналған болса, онда ол ең жоғары деп аталады; Егер реле ықпал ету шамасы төмендеген кезде жұмыс істейтін болса, ол ең аз деп аталады.

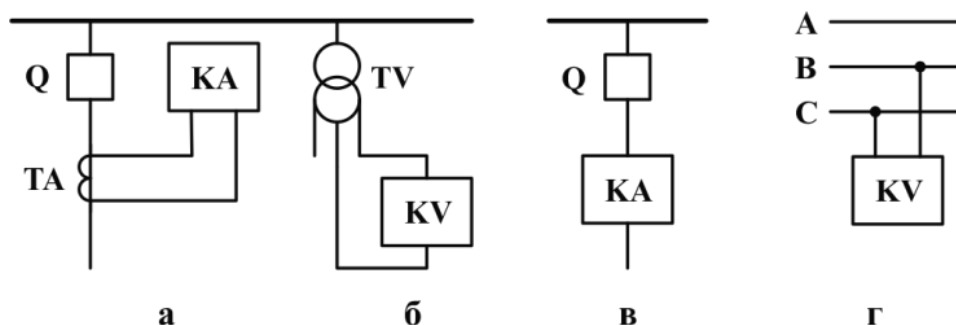
Релелік қабылдау бөлігін қорғаныш объектісіне қосу әдісімен реле қорғаныс объектісінің тізбегіне өлшеу ток трансформаторлары (ТТ) және кернеулер (ТК) арқылы енгізілетін қайталама заттарға бөлінеді. және қабылданатын бөлік тікелей қорғалатын объектінің тізбегіне енгізілген бастапқы болып табылады. Екінші реле жоғары қысымды кернеуден (ЖК) ТТ және ТК арқылы оқшауланады, ол ЖК жабдығынан қауіпсіз қашықтықта техникалық қызмет көрсету үшін ыңғайлы жерде орналасқан. Бұл олардың артықшылығы.

Логикалық релелер базалық деп есептелетін релдерді өлшеуге қарағанда, көмекші деп аталатын логикалық релелер деп аталады. Логикалық релелерге логикалық элементтер, уақыт элементтері (уақыт релесі), сигнал элементтері (индикатор релесі) кіреді.

Тұрақты электрмен жабдықтау көзі (ТЭЖК) ЛО және БО жүргізу үшін, сондай-ақ ИӨ-ны беру үшін қажет.

Байланыс схемаларында сигналдарды күшейтуге арналған сигналдарды күшейту үшін жетектер ретінде ажыратқыштарды өшіру үшін 5 ... 10 А дейінгі электр тоғы бар тізбекті жабуға қабілетті аралық электромеханикалық реле қолданылады.

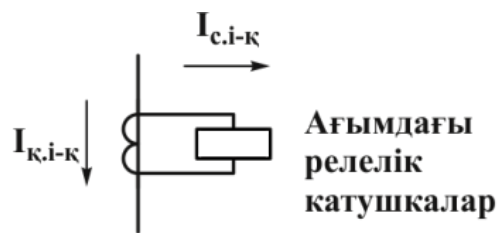
РҚ-та төрт элементтің негіздері пайдаланылады: электромеханикалық, жартылай өткізгіш, интегралды және микропроцессор, олардың әрқайсысының өз қолдану саласы бар.



2.2 сурет. Қосалқы (а, б) және негізгі (в, г) релдерді қосу жолдары:

KA - ток релесі; KV - кернеу релесі; TA - ток трансформаторы; TV- кернеу трансформаторы; Q - қосқыш

Релелік қорғаныс негізгі және резервтік болып бөлінеді. Ең бастысы - қорғаныс деп аталады, ол қысқа тұйықталудың барлық түрлерімен немесе олардың бөліктерін барлық қорғалған



2.3-сурет Реле іске қосылу тогы және қорғаныс іске қосылу тогы

элементтің ішінде жұмыс істеуге арналған, олар басқа белгіленген қорғаныстардан аз уақыт алады. Сақтық көшірме бұл элемент жұмыс істемей немесе жұмыс істемей қалған кезде негізгі элементтің орнына жұмыс істеуге арналған қорғаныс деп аталады, сонымен қатар іргелес элементтердің ауыстырып-қосқыштары немесе істен шыққан жағдайда көршілес элементтерді орнына салу.

Реле электрлік және электрлік емес мәндерге жауап береді. Соңғы зиянды немесе әдеттен тыс режимдерді жанама түрде сипаттайды.

Электрлік мөлшерге жауап беретін атқарушы релелерді үш топқа бөлуге болады:

- Бір электрлік мөлшерге (ток немесе кернеу) жауап беретін релелер;
- Екі электрлік мөлшерге жауап беретін релелер (желінің ток және кернеуі немесе U және $U \setminus f$ екі кернеуі, олардың әрқайсысы желінің ток және кернеуінің сызықтық функциясы болып табылады);
- Электр энергиясының үш шамасына немесе одан көп реакцияға ие релелер (мысалы, үш ток және үш желі кернеуі немесе желінің ағымдағы және кернеуінің желілік функцияларын білдіретін бірнеше кернеу).

Бірінші топқа ағымдағы реле және кернеу релесі, екіншісі - бір фазалы релелер (қуат, қарсылық және басқалары), үшінші фазалы электр релесі, көпфазалы қарсылық релесі және басқа құрылғылар кіреді.

Екінші және бастапқы релелерді қосу жолдары 2.2 суретте келтірілген.

Ағымдағы қорғаныс мысалында РҚ параметрлері (2.3-сурет):

- қорғанысты іске қосу ток / ss - қорғалған элементтің фазаларында минималды ток;
- релелік өшіру ток / $ср$ - ток өшірілуіне сәйкес келетін бастапқы ток кезінде реле катушкаларына ағатын ток;
- қорғаныс ағынын қайтарады / ss - қорғаныш элементінің фазасындағы максималды ток, ол қорғау бастапқы күйге келеді;
- релені қайтару ток / p (сәйкес / ow) - қорғаныс бастапқы күйге келген кезде реле катушкасының ағымы;
- қайтару жылдамдығы $\kappa_e = I_{вр} / I_{с.р} = I_{B3} / 7_{сл} \sim 0.80 \dots 0.85$.

2.2. Релелік қорғаныс схемасы бойынша реле және олардың контактілері

РҚ-тың негізгі сұлбалары аралықта орындалады, яғни. оларда өлшеу жүйелерінің сұлбалары, жедел ток және сигнал тізбегі бөлек ұсынылған. Осылайша, әр түрлі схемаларда немесе сол тізбектің әртүрлі бөліктерінде реле әртүрлі элементтері қорғалған (мысалы, орам және контактілер).

Релелік контактілердің орналасуы, сондай-ақ басқа да коммутация құрылғыларының РҚ тізбегіндегі схемалары аппараттың қуатсыз күйіне сәйкес келеді. Реле энергожабілетті күйден релеге жеткілікті бақылау әсерінен туындаған жаңа күйге ауысқанда, контактілер электр тізбектерінде орындалған функцияларға сәйкес жіктеледі.

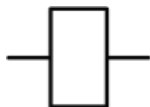
РҚ техникасында контактілер ерекшеленеді:

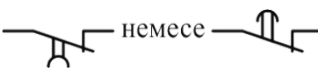
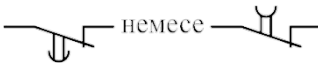
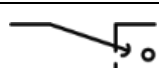
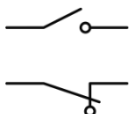
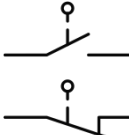
- жабылу уақытының кідірісімен, уақытты кідірту уақытша кідіріссіз, жабылу және ашу үшін уақыт кідірісі:
- бірдей уақыт сипаттамаларын ажыратады;
- ауысу.

Релелік бейнелер мен олардың байланыстары кестеде келтірілген. 2.1

2.1 кесте

Релелік бейнелер мен олардың байланыстары

Атауы	Ескерту
Релелік орау	
Контактілерді жабу:	
уақыт кешігуімен	
уақыт кешігуінсіз:	
ашу	 — немесе — 
жабу	 — немесе — 
ашу және жабу	 — немесе — 
Байланыстар ажыратылды: уақытша кідіріс жоқ	

Атауы	Ескерту
уақыт кешігуімен:	
ашу керек	
жабу	
ашу және жабу	
Контактілерді ауыстыру	
Контактілерді тізбекті ашпай ауысу	
Өзін-өзі қайтармай-ақ контактілерді жабу және ашу	
Қысқа тұйықталу (импульс)	
Шектеулі қосқышты жабу және ашу	

Суреттердегі РҚ құрылғыларының диаграммалары негізгі, құрылымдық, функционалды және орнату болып табылады.

Схемалық диаграммада РҚ немесе РҚ жиынтығының жұмыс принципі көрсетілген. Ол барлық релелер мен олардың арасындағы байланыстарды көрсетеді. Релелік контактілер релелік орамдардағы ток болмаған жағдайда диаграммаларда көрсетіледі. Түрлі типтегі релелер латын әріптерімен халықаралық стандартқа сәйкес белгіленеді: ағымдағы реле - АХ; кернеу релесі - КВ; уақыт релесі - КТ; аралық реле - КЛ; релелік көрсеткіш - КН; Қуат релесі - КW жиілік релесі - КF және т.б.

Құрылымдық диаграммалар құрылғыны құрайтын блоктарды көрсетеді және осы блоктардың өзара әрекеттесуін олардың жұмыс тәртібін көрсетумен анықтайды.

Функционалдық диаграммалар құрылымдық қарағанда егжей-тегжейлі. Олар РҚ құрылғысының қандай органдарының тұрады екендігін көрсетеді.

Электр схемалары орнату жұмыстарына арналған.

2.3. Электромеханикалық релелер туралы жалпы ақпарат

Отандық өнеркәсіп электромеханикалық релелерді шығарады, оның жұмысы электромагниттік немесе индукциялық принцип бойынша негізделеді. Осы релелердің негізгі элементтеріне қойылатын талаптар (байланыстар мен орамалар) төменде келтірілген.

Релелік байланыстар тігілген тізбектердегі жауапты элемент болып табылады. Олар бақыланатын тізбектердегі тоқты сенімді қосуды және ажыратуды қамтамасыз етуі керек және қайталанатын әрекеттерге арналған.

Контактілердің коммутациялық қуаты шартты түрде тізбектердің жабылуы мен ашылуын қамтамасыз ететін қуатымен сипатталады. Бұл қуаттың $N'k$ мәні U ток күшінің көзі кернеуінің өнімі болып табылады және оның өтуі байланыс арқылы рұқсат етілген ең жоғары ток / k , яғни $A'k \sim UIK$.

Коммутациялық операциялар кезінде контактілер тозады, бұл олардың жұмысының сенімділігін төмендетеді. Ең күрделі операция - бұл индуктивті жүктемесі бар тұрақты ток тізбегінің ашылуы, онда соққы орын алады.

Релелік орамдарда жылу тұрақтылығы болуы керек. реле түріне байланысты ұзақ уақытқа және қысқа уақытқа берілетін ток немесе кернеудің мәндері, сондай-ақ ораманың және кернеудің осы орамдағы кернеудегі жоғары кернеу арқылы өтетін I_p өнімі ретінде анықталатын, $S'P$ қолайлы қуат тұтынуына ие.

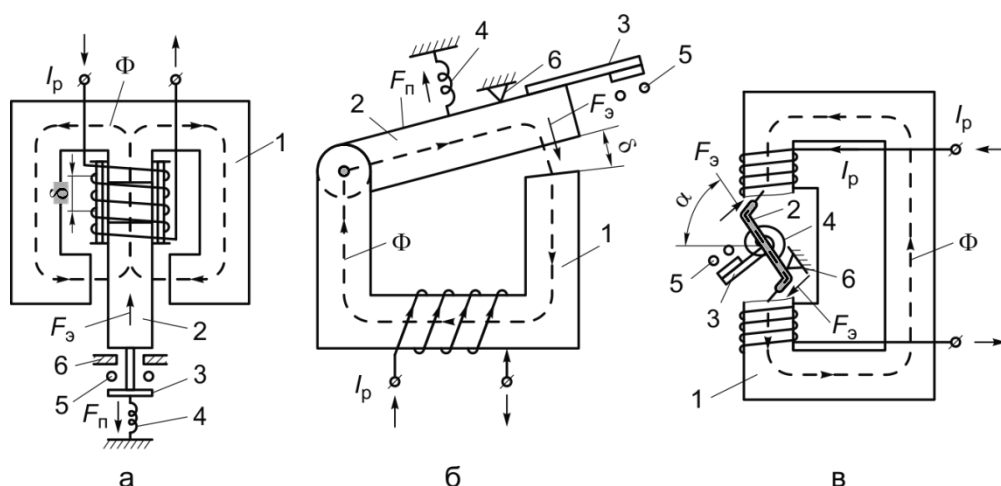
I_p қуатының тұтынуы қозғалмалы релелік жүйені белсендіру үшін қажетті орамалардың магниттау күштеріне байланысты.

2.4. Электромагниттік релелер

2.4.1. Электромагниттік релелердің құрылысы және жұмыс принципі

Электромагниттік релелердің әрекет ету принципі электромагнитке жылжымалы болат жүйесін тартуға негізделген, себебі ағым оның орамынан өтеді.

Суретте. 2.4 Электромагниттік релелік конструкцияның үш түрі бар, олар мыналардан тұрады: болат магниттік ядрадан және орамнан тұратын электромагнит 1; жылжымалы контактіні 3, бекітілген контактілерді 5 көтеретін болат жылжымалы жүйе (арматура) 2; қарсы әрекет ететін көктем 4.



2.4 сурет. Электрмагниттік реле түрлері:

a - тартылатын арматура; *б* - айналмалы арматурамен; *с* - якорь көлденең қозғалысы; 1 - электромагнит; 2 - якорь; 3 - жылжымалы байланыс; 4 - көктемге қарсы әрекет; 5 - тұрақты байланыс; *б* – тоқтату

Электромагнит орамынан өтіп жатқан ток / I_p магнит қозғалтқыш күшін (МҚК) тудырады. $W_p I_p$ (мұнда W_p - орамның бұрылыстар саны) F магнит ағыны пайда болады. Магнит өткізгіш электр магниттік тізбегі I , ауа аралық 5 және якорь арқылы жабылады. Якорь магниттелген, бұл электромагнит полюсіне якорь тартатын электромагниттік күштің пайда болуына әкеледі. Егер F_3 күші F_n күшінен үлкен, серіппелі күшінен 4 артық болса, онда якорь қозғалысқа түседі және оның жылжымалы байланысымен 3 реле бекітілген контактілерін жауып тастайды. Ағымдағы I_p тоқтағанда немесе мәнге дейін азайтылғанда, онда F күші күштен аз болады, якорь v байланыстарды бұзып, оның бастапқы орнына оралады. Якорьдың бастапқы және соңғы позициялары 6 тіректермен шектеледі.

Электромагнитке болат арматураны тартатын және арматураның қозғалысына әкелетін электромагниттік күш F_3 ауа саңылауының F магниттік ағынның квадратына пропорционалды:

$$F_3 = k\Phi^2$$

Φ магнит ағыны және оның ағымын жасаушы I_p келесі түрде байланысты

$$\Phi = I_p w_p / R_M$$

мұнда Φ магнит ағыны жабылатын жолдың магниттік кедергісі болып табылады R_M .

R_m электромагниттің магнитті өткізгіштің магниттік кедергісі оның болат бөлігінің R_c кедергісінен және ауа ағыны $\delta R_{в.з}$ тұрады.

$$R_M = R_c + R_{в.з}$$

(2.2) өрнегін (2.1) формулаға ауыстырғанда, келесіні аламыз:

$$F_3 = k' w_p I_p^2 / R_M^2$$

мұнда $k' = k w_p$.

Айналмалы якорь релесі (сурет 2.4b, в) және якорьдың көлденең қозғалысы үшін электромагниттік күш F айналмалы сәтті қалыптастырады

$$M_3 = F_3 d_p = \frac{d_p k' w_p I_p^2}{R_M^2} = k'' I_p^2$$

мұнда d_p - F_3 күштің иіні

Оның (2.3) және (2.4) өрнектерінен келер болсақ, тартымды күшті F_3 және оның сәті релелі M_3 орамдағы ток квадрасына пропорционалды. демек, осы токтың белгісіне (бағытына) байланысты емес тұрақты бағытта болады. Сондықтан электромагниттік принцип тікелей және айнымалы токтың релесін орындау үшін жарамды. Ол ағынды, кернеу және көмекші релелерді логикалық корпуста: аралық, сигнал және уақыт релесін өндіру үшін кеңінен қолданылады

Электромагниттік реликтің якорьын пайдалану бағытында жылжытқанда, ауа ағыны 5 төмендейді (2.4 суретті қараңыз) демек, және қарсыласу R_m де. R_m -ның тұрақты токпен төмендеуі F магнит ағынының көбеюін тудырады [(2.1) және (2.3) формулаларын қараңыз], бұл F_e және M ұлғаюына әкеледі ((2.4) формуласын қараңыз).

Якорьдың көлденең қозғалысы мен тартылымды якорь бар реледе күші (сәтте) реле қозғалысы бөлігінің қозғалысына қарсы тұратын, (F_n және M_n) күшін (сәті), үйкеліс күші (F_t және M_t) және қозғалмалы жүйенің ауырлық дәрежесі арқылы жасалады. Якорь контактілердің жабылуына ауысқан кезде, F_n және M_n сызықтық заңға сәйкес δ -ге азайған сайын, үш есе F_t күші өзгермейді.

2.4.2. Реле өшіру және кері ағымдар, қайтару коэффициенті

Реле келесі жағдайда жұмыс істей бастайды

$$F_3 = F_n + F_t$$

Реле іске қосылатын ең төменгі ток, реле $I_{ср}$ өшіру ток деп аталады.

ӨО функцияларын орындайтын реледе релелік орамдардың бұрылыстарының санын $I_{ср}$ өзгерту арқылы және қарама-қарсы М мезеті бақылауға болады.

Бекітілген якорьді бастапқы орнына қайтару, M_n кезде электромагниттік сәттен және үйкеліс сәтінен асып түскен кезде, релелі орамдағы ағым 5 серіппе әсерімен азаяды (2.4 суретті қараңыз).

Релелік якорьды бастапқы орнына қайта оралған ең жоғары ток релені қайтару ток / p деп аталады.

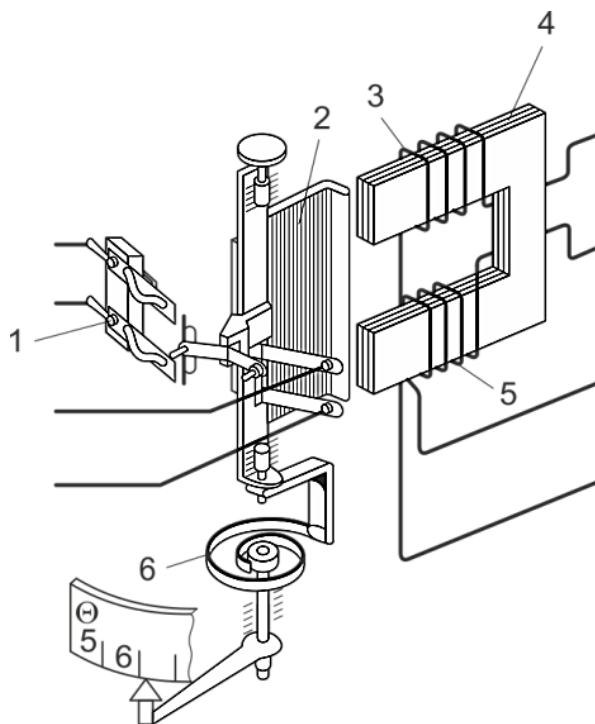
$I_p / p / c_p$ токтарының қатынасы k_v коэффициенті деп аталады. Реле ағынның өсуіне жауап береді / $c_p > / v_p$ және $k_v < 1$ кезінде реле реакция кезінде ағымдағы төмендеуі. $k > 1$. себебі / $b_p > / c_p$. Әр түрлі релелік конструкциялар үшін k_v мәні 0.10-ден 0.98-ге дейін кеңінен өзгереді.

2.4.3. Электромагниттік ток релесі

Релелік ток желісі тікелей ток желісіне немесе ТТ арқылы өткізілсе, реленің электромагниттік сәті = $k_1 c^2$. Мұндай реле ток деп аталады, себебі оның мінез-құлқы релелік ораманың кедергісінен тәуелсіз желі I_c ағымымен анықталады.

Өлшеу ток релесіне келесі талаптар қойылады:

- ТТ-ға жүктемені азайту үшін электр энергиясының минималды тұтынуы;
- РЭ сезімталдығын арттыру үшін k_v коэффициентінің бірлігіне жақындатуы
- Релелік контактілер арқылы басқарылатын тізбекті сенімді жабу;
- Релелік орамалардың жылу және динамикалық тұрақтылығы.



2.5 сурет. РТ-40 ток электромагниттік релесі:
1 - жылжымалы байланыс; 2 - якорь; 3,5 - орамалар; 4 - электромагнит; 6 – серіппе.

РТ-40 ток релесінің конструкциясы 2.5-суретте көрсетілген. 2 якорьде 4 электромагнит жылжымалы контакт I реле жүрген кезде бекітілген контактілерді жабатын көпір түрінде бекітіледі. Якорьдегі байланыстыру жүйесінің дірілін өшіру үшін, кварц құмы бар 2 барабан бекітіледі. Реленің жұмыс істеу тогы қарсы әрекет ететін 6 серіппелермен, сондай-ақ сондай-ақ ораманың 3, 5 релесінің бір-бірімен параллель немесе сериялық қосылуы арқылы реттеледі.

Чебоксары электро-құрылғы зауытының (ЧЭҚЗ) шығарған РТ-40 релесі мынадай параметрлерге ие:

Ең аз қуат тұтынуы	
орнату нүктесі В-А	0,2...8,8
қайтару жылдамдығы.....	0,80...0,85
өз релелік уақытында	0,03
релелік өшіру ток.....	0,05...200,00

2.4.4. Электромагнитті кернеу релесі

КР-50 керней релесі құрылымы бойынша ТР-40 ток релесіне ұқсас. Айырмашылығы тек кернеу релесінің зәкір вибрациясын механикалық өшіргіші жоқ.

Реле орамын желі кернеуіне тікелей немесе ТН арқылы қосып U_C желі кернеуіне жауап қайтаратын релені алады.

Расында, $M_{\Sigma} = kI_p^2$, бірақ реле тоғы $I_p = U_p / Z_p$, мұндағы U_p – реле қысқышындағы кернеу, Z_p – реле орамының кедергісі.

Сәйкесінше $M_{\Sigma} = k' U_p^2$, ал $U_p = U_C / K_{ТН}$ болғандықтан, $M_{\Sigma} = k'' U_C^2$. Бұл реле күйі желі кернеуімен анықталады дегенді білдіреді.

Зәкір қозғалысы кезінде әуелік саңылаудың δ өзгеруі магнит ағынының және күшінің F_{Σ} өзгерісін тудырмайды. Бұл кернеу релесінің ток релесінен басты айырмашылығын көрсетеді. Себебі δ азайғанда реле орамының индуктивті кедергісі $X_p = \omega_p L$ өседі, ол реледегі тоқты азайтады: $I_p = U_p / X_p$. Біруақытта реленің магнит тізбегінің кедергісі R_M де азаяды. Бұл жағдайда I_p ток өзгерісінің әсері сәйкес R_M магниттік кедергінің өзгерісімен теңгеріледі, нәтижесінде реленің магнит ағыны $\Phi = I_p \omega_p / R_M$ өзгеріссіз қалады.

ЧЭАЗ шығаратын РН-53 (максималды) және КР-54 (минималды) айнымалы тоқтың кернеу релесі құрылымы жағынан ТР-40 релесі сияқты орындалған. Түйіндердің вибрациясын азайту үшін реле орамы U_p кернеуге түзеткіш арқылы қосылады және үлкен белсенді кедергіге ие болады.

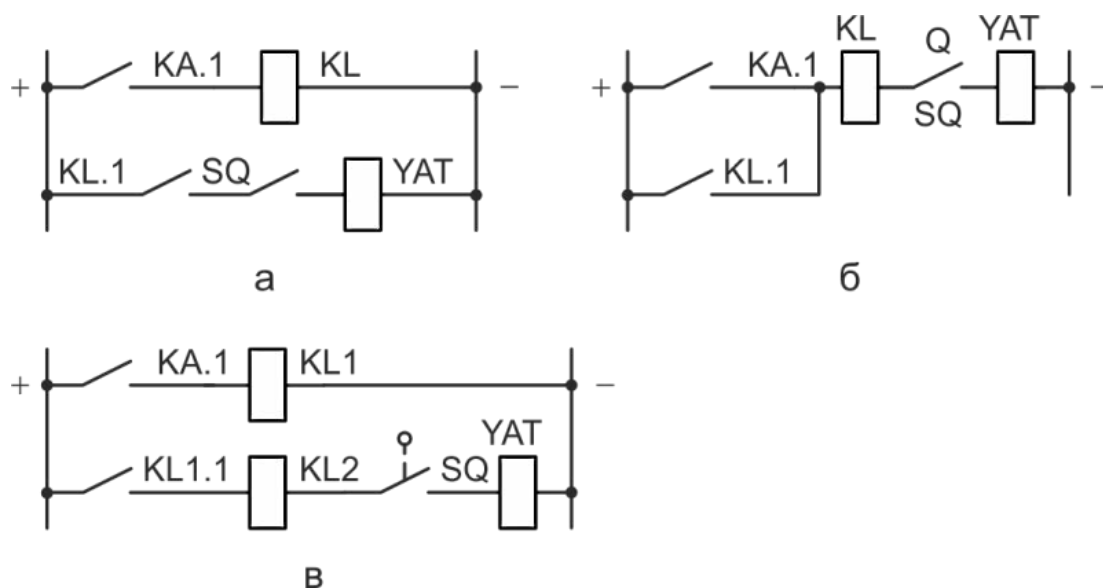
КР-53 қайтару коэффициенті $k_B \geq 0,8$, ал КР-54 $k_B \geq 1,25$. Кернеу релесі тағайындамалары кері әсер етуші серіппенің созылуын өзгертетін жетектің

көмегімен реттеледі, сонымен қатар бір немесе екі қосымша резисторды реле орамының тізбегіне қосу жолымен реттеледі, ол тағайындама шкаласы шегін 2 ретке өзгертеді.

2.4.5. Аралық электромагниттік реле

Аралық релелер қосалқы болып табылады және уақыт ұсталымын қажет етпейтін немесе қажет жағдайда салыстырмалы аз ұсталыммен логикалық операциялар орындау үшін қолданылады. Мұндай релелер біруақытта бірнеше тізбекті тұйықтау немесе ашу керек болған жағдайда немесе үлкен тоқты тізбекті тұйықтау не ашуға қуатты түйінмен реле қажет жағдайда қолданылады.

Аралық релені қосу сұлбасы 2.6-суретте келтірілген. Қосу тәсілі бойынша аралық релелер параллель (2.6, а-сурет) және тізбектей (2.6, б-сурет) қосу бөліп бөлінеді. Біріншінің орамы корек көзінің толық кернеуіне қосылады, ал екінші – сөндіргіштің не басқа бір аппарат немесе реленің YAT өшіру электромагнит катушкасымен тізбектей тоқ тізбегіне қосылады.



2.6 сурет. Аралық реленің қосу сұлбасы:

а – параллель қосу; б – тізбектей қосу; в – қосымша ұстап тұрушы катушкамен; KA – тоқ релесінің түйіндері; KL – аралық реле орамы; KL.1 – аралық реле түйіндері; KL1, KL2 – қосымша ұстап тұрушы катушкамен аралық реленің сәйкесінше параллель және тізбектей орамдары; KL1.1 – KL2 орам тізбегіндегі түйіндер; SQ – сөндіргіш түйнідері; YAT – өшіру электромагниті.

Сонымен қатар қосымша ұстаушы катушкамен релелер шығарылады, мысалы реле түйіндерімен басқарылатын тізбекке тізбектей қосылатын қосымша ұстаушымен параллель қосылатын реле (2.6, в-сурет). Мұндай реле KL1 параллель қосылған орамға берілетін қысқауақытты импульспен қосылып, импульс жоғалған кейін ұстаушы тоқ әсерімен Q сөндіргіш өшкенше жұмыс күйінде қалады. KL.1 түйіндері KL1 орамы қорек көзін алғанда тұйықталады, және кейін KL2 ораммен Q сөндіргіштің SQ түйіндері түскенше тұйық күйде ұсталады.

Параллель қосылатын реле орамдарымен тұтынылатын қуат 6 Вт-тан аспауы керек, себебі олардың тізбегі азқуатты түйіндермен релені тұйықтау және аша алу керек.

Тізбектей қосылатын реле орамдарымен тұтынылатын қуат осы реле орамының кедергісіне минималды кернеу түсуі шартымен таңдалады, ол оперативті тоқ көшінің номиналды кернеуі 5...10% аспайтындай рұқсат етіледі.

Түйіндер қуаты РЗ тізбегін тұйықтау және ашу үшін, сонымен қатар сөндіргішті басқару тізбегін тұйықтауға жеткілікті болуы қажет.

Аралық релелер тек номиналды кернеуде ғана емес, сонымен қатар оның төмендеуі тұрақты тоқ релесі үшін $0,8U_{ном}$ дейін, ал айнымалы тоқ релесі үшін $0,85U_{ном}$ дейін мүмкін қолданыс шартында да сенімді қызмет етуі керек.

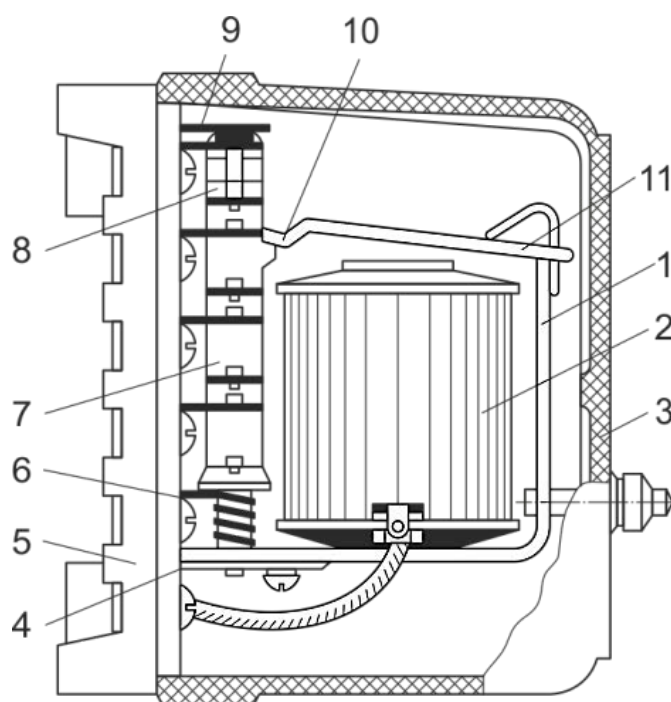
Клапан типті, айналмалы зәкірмен, магнитөткізгішке тартылатын кешіктіріусіз жұмыс істейтін аралық релелер кең таралған.

Аралық релелер төмен қайтару коэффициентіне k_B ие, шамамен 0,1...0,4 тең. Уақыт релесі сияқты, бұл релелер үшін де мұндай жағдай ешқандай рөл ойнамайды, себебі жұмыс шарты бойынша релені босату қорек көзінен өшіргеннен кейін жүзеге асады.

РЗ сұлбаларында қолданылатын тұрақты тоқтың негізгі аралық релелері РП-23 релесі, олардың қызмет ету уақыты шамамен 60 мс, РП-220 жылдам қызмет ететін реле уақыты шамамен 10 мс және іске қосылуы немесе қайтаруы кешігетін РП-250 релесі болып табылады. Бұл релелердің іске қосылуының кернеуі шамамен $0,7U_{ном}$ құрайды, ал қайтару кернеуі – $(0,03...0,05) U_{ном}$ (кейбір ерекшеліктермен). РП-220 релесінің жылдам жұмыс істеуі құрылымының бірқатар жеңілдеуі есебімен және реле уақытының тұрақтысын лезде төмендететін, яғни тоқтың, сәйкесінше реленің магнит ағыны мен күшінің тез өсуін қамтамасыз ететін, катушка релесімен тізбектей қосымша резистор қосу арқылы қол жеткізіледі.

2.7 сурет. РП-23 аралық релесі:

1 – электрмагнит; 2 – орам; 3 – қаптама; 4 – реттелетін пластина; 5 – цоколь; 6 – қайтарушы пластина; 7 – жылжымалы түйінді жүйе; 8 – жылжымайтын түйіндер; 9 – тірек; 10 – зәкір сағағы; 11 – зәкір.



РП-250 релесінде керісінше, егер іске қосуға кідіріс қажет болса ағынның өсу жылдамдығын төмендету үшін шаралар кернеу бергеннен кейін қабылданады, немесе, егер қайтаруға кідіріс қажет болса, ағынның түсу жылдамдығын төмендету үшін кернеу түскеннен кейін қабылданады.

РП-23 аралық релесі (2.7-сурет) орамды 2 электрмагниттен 1, сағақты 10 зәкірден 11, жылжымайтын түйіндерден 8, жылжымалы түйінді жүйеден 7, қайтарушы серіппенден 6, тіректен 9, реттелетін пластинадан 4 тұрады. Реленің барлық элементтері цокольда 5 бекітіледі және қаптамамен 3 жабылады.

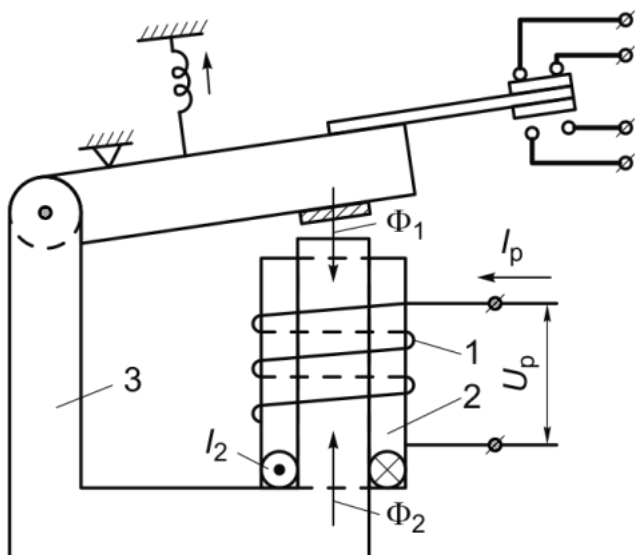
Реле орамына кернеу берген кезде зәкір 11 электрмагнитпен тартылады және сағағымен 10 реле түйіндерін ауыстыратын жылжымалы түйінді жүйені 7 төменге орын ауыстырады.

РП-25 аралық релесінде де ұқсас құрылғы, ол айнымалы опрeативті тқта жұмыс істеуге арналған. Жылжымалы түйінді жүйенің вибрациясын болдырмау үшін бұл реле электрмагнит өзекшесінде қысқатұйықталған орамға ие.

РП-23 және РП-25 релелерінде бес түйіннен бар, оларды әр түрлі комбинацияда қолдануға болады. Бұл релелрдің іске қосылу уақыты 0,06 с құрайды.

РП-23 релесі 24, 48, 110 және 220 В кернеулерді шығарылады, ал РП-25 релесі – 100, 127 және 220 В. РП-23 релесінің тұтынатын қуаты 6 Вт құрайды, ал РП-25 релесі – 10 В·А аспайды.

Сонымен қатар ЧЭАЗ аз материал сыйымдылығын қамтамасыз ететін, магнитөткізгіштігі және түйінді жүйесі аздап өзгертілген құрылыммен РП-16, РП-17, РП-18 аралық релелерді шығарады. Олардың негізгі параметрлері РП-23, РП-220 және РП-250 релелерімен ұқсас.



2.8 сурет. Іске қосылуы кідіріспен аралық реленің құрылыс принципі:

1 – орам; 2 – қысқатұйықталған контур; 3 – магнитөткізгіш.

Аралық релелердің қайтару коэффициенті төмен болғандықтан, егер реленің іске қосылу уақыты 10 мс аспайтын болса, онда олардың түзетілген кернеудегі жұмысының тұрақты кернеудегі жұмысынан айырмашылығы болмайды.

РЗ сұлбаларында айнымалы оперативті тоқта жұмыс жасайтын РП-321 және РП-341 аралық релелері қолданыс тапқан. Олардың орамдары ТТ екіншілік тізбектеріне қосылады. Релелер үлкен айнымалы ток (100...150 А) коммутациясына есептелген түйіндерге ие.

0,01 с қызмет ету уақытымен жылдам қызмет ететін релелер қатарына РП-210...РП-215 релелері жатады.

Қорғаныс жинағында логикалық функцияларды орындау үшін КДР типті кодтық релелер кең қолданылады. Олар қаптамасыз шығарылады және шамамен РП-250 сияқты құрылымға ие, алайда түйінді жүйесі әлсіздеу, ол уақытты ұстаусыз (0,01 с жуық) реле үшін көп жылдам қызмет етуді және уақыт кідірісімен реле үшін ұзақ уақыт қызмет етуді алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кодтық релелер айтарлықтай аз тұтынылатын қуатқа (3 Вт аспайтын) ие.

РЗ сұлбаларында іске қосуға кідіріспен (түйіндердің тұйықталу және ашылуы) аралық релелер қолданылады. Мұндай релелердің магнитөткізгішінде 3 (2.8-сурет) қосымша қысқатұйықталған контур 2 қолданылады, ол мыс шайбадан немесе мыс цилиндр гильзадан орындалады. Контур үстінен негізгі орам 1 оралған. Орамды 1 U_p кернеуге қосқанда реле магнитөткізгішіндегі магнит ағыны Φ_1 бірден орнатылмайды. Қосқан кезден контурда 2 магнит ағынын Φ_2 тудыратын ток пайда болады, ол орамдағы 1 токтың өсуіне кедергі жасайды. Осының нәтижесінде реле орамындағы токтың өсу жылдамдығы азаяды, ал токтың өсу уақыты артады.

Қазіргі уақытта мыс гильзаның орнына мысты үнемдеу мақсатында алюминийді қолданады.

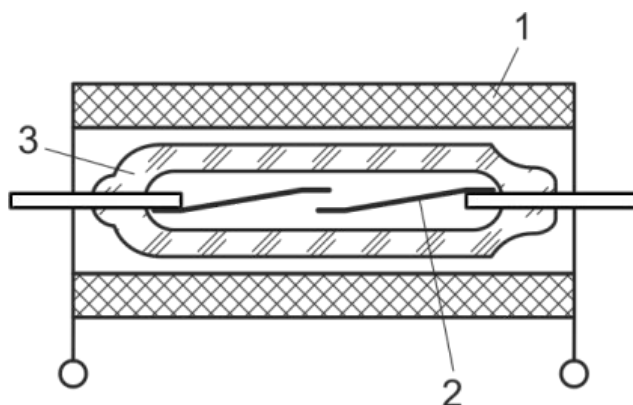
2.4.6. Оқшауланған магнитті басқарушы түйіндермен реле

Үлкен қызмет ету жылдамдығын оқшауланған магнитті басқарушы түйіндермен (геркондармен) релелер қамтамасыз етеді. Мұндай релелердің түйінді жүйесі жылжымалы зәкірдің, басқарылатын тізбекте коммутацияны жүзеге асыратын түйіндердің, сонымен қатар кері әсер етуші серіппе функциясын атқарады.

Герконды тұйықтайтын орамның 1 (2.9-сурет) болат магнитөткізгіші болмайды. Орам тудыратын магнит ағыны негізінен ауамен тұйықтылады. Орам ішінде (оның магнит өрісінде) икемді пластина түріндегі ферромагнит материалдан жасалған магнитті басқарушы түйіндер 2 бар, олар магнит өткізгіштігі жақсы, электрөткізгіш және серпімді қасиеттерге ие. Пластиналар оқшауланған шыны корпусқа 3 салынған және бір шетінен дәнекерленген. Әрбір пластинаның басқа шеті реле түйіні қызметін атқарады және әдетте күміспен қапталады. Қалыпты жағдайда түйіндер 2 ашық. Орамға ток берген кезде магнит ағыны туады. Ферромагнит түйіндер магниттеледі және электрмагнитті күштің $F_{\Phi} = k\Phi^2 = k'I_p^2$ әсерінен бір-біріне тартылады, осылайша олардың арасындағы басқарушы тізбекті тұйықтайды. Ток жоғалғанда түйіндер түйінді пластиналар серпімділігімен шартталған механикалық күштің әсерінен ашылады.

Геркон аз өлшемге ие: оның ұзындығы 30...50 мм құрайды, шыны сауыт диаметрі – 3...5 мм, ал пластиналар арасындағы саңылау – миллиметрдің ондаған бөлшегі. Түйіндер вакуумде немесе инертті газда болғандықтан, олардың сипаттамалары қарапайым электрмагнитті реле түйіндеріне қарағанда жақсырақ. Олар аз кернеу мәніндегі аз токтарда да сенімді коммутацияны қамтамасыз етеді.

2.9 сурет. Тұйықтаушы магнитті басқарушы түйіннің құрылымы:
1 – орам, 2 – магнитті басқарушы түйін; 3 – шыны корпус.



Герконмен реленің жылжымалы жүйесі аз инерциялы. Геркондар катушкадағы тоқ қисығының пішініне сезімтал болып келеді, сондықтан мұндай релелер, ереже бойынша, тұрақты кернеуде немесе пульсациясы 6 % артық емес түзетілген кернеуде жұмыс істейді.

Жылжымалы жүйенің аз инерциялығы герконды релелерде тек катушка тоғының өсу жылдамдығымен алынатын қызмет ету жылдамдығын жоғарылатуға мүмкіндік береді. ЧЭАЗ шығаратын релелік қорғаныс құрылғыларында кең қолданыс тапқан РПГ-2 және РПГ-5 релелері 2.9-суретте көрсетілген құрылымға ие. Олардың іске қосылу уақыты – 1 мс артық емес, бұл жылдам қызмет ететін қорғаныс құрылғыларына тән. Бұл жағдайда реленің тұтынатын қуаты салыстырмалы аз. Бір тұйықтаушы түйінмен РПГ-2 релесі үшін 0,15 Вт құрайды, екі түйінмен – 0,3 Вт, үш түйінмен – 0,4 Вт; бір түйінмен РПГ-5 релесі үшін – 0,25 Вт, екі түйінмен – 0,4 Вт.

РПГ-2 релесі кернеуі 24 В дейін және тоғы 0,15 А дейін тізбек коммутацияны есептелген. Олар КЭМ-2 типті тұйықтаушы түйіндермен орындалады. РПГ-5 релесі 220 В кернеулі, тоғы 0,03 А тұрақты тоқ тізбегін коммутациялайды. Олар КЭМ-1 типті бір-екі тұйықтаушы түйіннен немесе бір ашық түйіннен тұрады.

2.4.7. Электрмагнитті көрсеткіш релелер

Көрсеткіш релелер РЗ қызметін тіркеуге арналған. Кең таралған көрсеткіш релелер қатарына ЧЭАЗ шығарған РУ-21 типті тұрақты тоқ релесі жатады. Олар тоқ пен кернеудің кең диапазонына шығарылады.

Көрсеткіш релелер қорғаныс әсер ететін элементпен тізбектей, және оған параллель де қосылады. Параллель қосылуда көрсеткіш реле қорғаныс қызметінің дұрыстығын бақылайды, ал тізбектей қосылуда – басқыланатын элемент тізбегінің жарамдылығын бақылайды. Көрсеткіш релелерге қойылатын негізгі талап сигнал түскеннен кейін оның іске қосылуы туралы ақпаратты сақтау болып табылады.

Зәкір орамында тоқ пайда болғанда реле тартылады және жалаушаны босатады. Соңғысы өзінің салмағының әсерінен тік күйде құлайды. Жалауша реленің мөлдір қаптамасынан көрініп тұрады. Жалаушаны бастапқы күйге қайтару батырмамен іске асырылады.

РУ-21 тоқты көрсеткіш реленің қуаты номиналды тоқта 0,25 Вт құрайды, ал кернеу тізбегіне қосылатын реле номиналды кернеуде – 1,5...2,0 Вт жуық. Реленің іске қосылу уақыты – 50 мс кем емес.

Осындай функцияларды атқаратын көрсеткіш релелердің басқа да типтері шығарылады, мысалы ЭС.

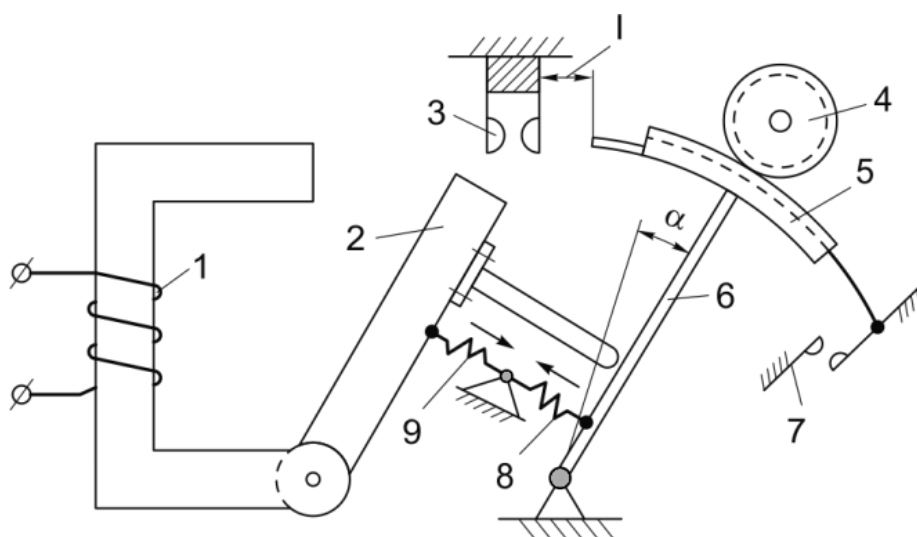
2.4.8. Электрмагнитті уақыт релелері

Уақыт релелері РЗ сұлбаларында уақыт кідірісін жасау үшін, яғни логикалық бөліктің басқа релелеріне сигнал жіберу кезінде РЗ құрылғыларының уақытын кешіктіру үшін арналған. Уақыт кідірісі реле орамына кернеу беру моментінен оның түйіндерін тұйықтауға дейінгі уақытта жүретін уақыт көрсетеді.

Уақыт релесіне қойылатын негізгі талап – дәлдік. 3,5 с шкаламен реле үшін қызмет ету уақытының қателігі $\pm 0,06$ м аспау керек, ал 20...30 с шкаламен – $\pm 0,25$ с.

Тұрақты тоқтағы уақыт релесі $0,80U_{\text{ном}}$ кернеуден бастап іске қосылуы керек, ал айнымалы тоқтағы – $0,85 U_{\text{ном}}$ бастап. Уақыт кідірісі оперативті кернеудің мүмкін ауытқуларына тәуелді болмауы керек. Электрмагнитті уақыт релесінің орамдарымен тұтынылатын қуат 20...30 Вт немесе $60 \text{ В} \cdot \text{А}$ және одан көп құрайды.

Отандық өнеркәсіп уақыт релесінің әр түрлі типтерін шығарады. Олардың арасында сағат механизмді айнымалы тоқтың уақыт релесі кең қолданыс тапқан, оның құрылымы 2.10-суретте көрсетілген.



2.10 сурет. Уақыт релесі құрылысының принципі:

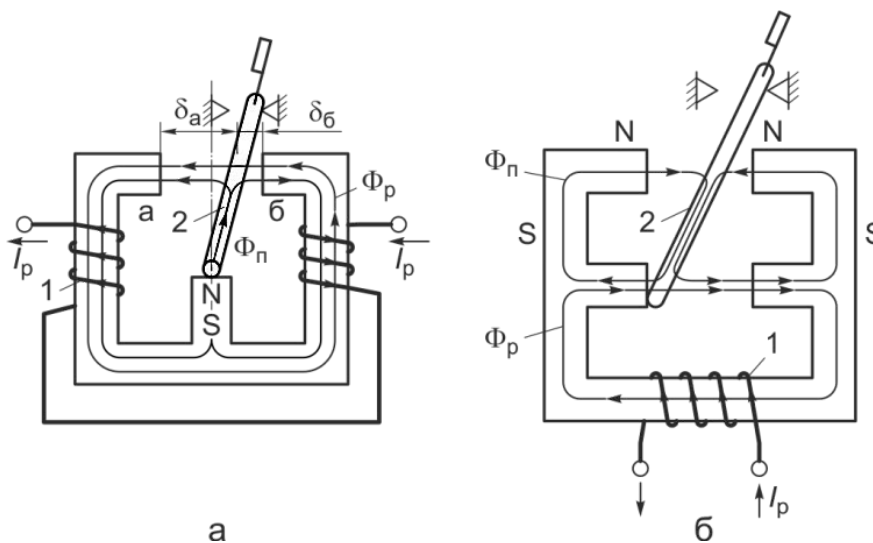
1 – орам; 2 – зәкір; 3 – түйіндер; 4 – уақыт кідірісінің құрылғысы; 5 – тісті сегмент; 6 – иінтірек; 7 – лездік түйін; 8 – жетекші серіппе; 9 – қайтару серіппесі.

Орамда 1 тоқ пайда болған кезде иінтіректі 6 тісті сегментпен 5 босатып зәкір 2 лезде тартылады. Жетекші серіппе 8 әсерімен иінтірек 6 қозғалысқа келеді, ол еркін емес, себебі арнайы уақыт кідірісі құрылғысымен 4 кешіктіріледі. 1 қашықтыққа (немесе α бұрышқа) және иінтірек 6 қозғалысының бұрыштық жылдамдығына ω_p тәуелді болатын біршама уақыттан кейін $t_{c.p.}$ соңғысы α бұрышқа орын ауыстырып, реле түйіндерін 3 тұйықтайды. Осылайша, реле $t_{c.p.} = \alpha / \omega_p$ кідіріс уақытымен іске қосылады.

Сағаттық механизмнің негізгі элементі анкерлі құрылғы болып табылады. Релед тоқ жоғалғанда зәкір және иінтірек 6 қайтару серіппесінің 9 әсерінен лезде бастапқы күйге қайтарылуы тиіс. Бұл тіреуіш механизмнің немесе сегменттің 5 кері жүрісі кезінде еркін ағытуға ие үйкелме құрылғының көмегімен қамтамасыз етіледі.

Уақыт кідірісін реттеу α бұрышты реле түйіндерін 3 орын ауыстыру жолымен өзгерту арқылы жүзеге асырылады. Кейбір құрылымдарда лездік түйін 7 қарастырылған, ол тізбекті аз, әдетте реттелмейтін уақыт кідірісімен (шамамен 0,15...0,20 с) тұйықтауға мүмкіндік береді.

Реле өлшемдерін азайту үшін уақыт релесі катушкасы ұзақ уақыт тоқ жүруге есептелмейді. Сондықтан кернеуге ұзақ уақытқа қосуға арналған релелер реле орамымен тізбектей қосылатын қосалқы резистормен R_d орындалады. Қалыпты жағдайда R_d резистор реленің тұйықтайтын лездік түйінімен шунтталған. Реле іске қосылғаннан кейін бұл түйін реле орамы тізбегіне R_d резисторды енгізіп, ашылады, бұл ондағы өтетін тоқты қыздыру шартында рұқсат етілетін және релені іске қосылған күйінде сақтауға жеткілікті мәнге дейін шектейді.



2.11 сурет. Поляризацияланған реле құрылыс принципі:
 a – дифференциал магнитті жүйемен; b – көпірлі магнитті жүйемен; 1 – орам; 2 – зәкір.

Қарастырылған құрылымдағы реленің негізгі кемшілігі айтарлықтай тұтынылатын қуат, сонымен қатар істен шығу мүмкіндігі, себебі ҚТ кезінде оперативті айнымалы тоқ кернеуі іске қосу кернеуінен аз болып қалуы мүмкін.

Отандық зауыттар тұрақты (РВ-110, РВ-120, РВ-130, РВ-140) және айнымалы (РВ-210, РВ-220, РВ-230) тоқтың уақыт релелерін шығарады. Жыл сайын түрлі элементті базада реленің жаңа типтерін пайда болады.

2.4.9. Электрмагнитті поляризацияланған реле

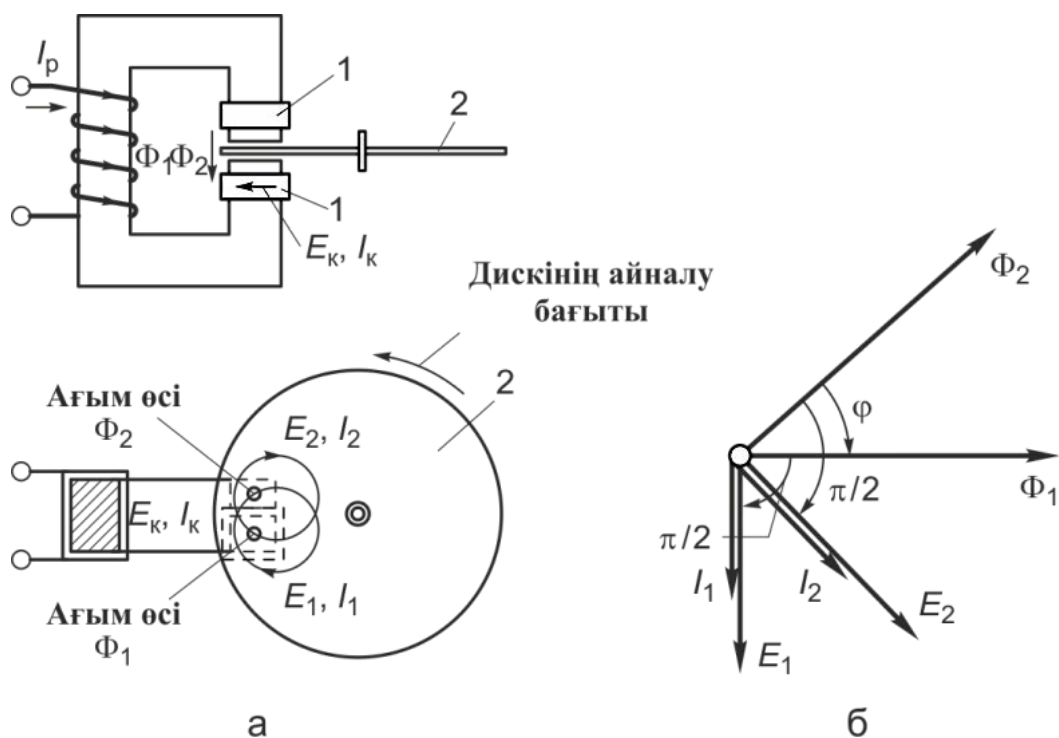
Поляризацияланған релелер РЗ сұлбаларында кең қолданылады. Қарастырылған электрмагнитті релелерге қарағанда поляризацияланған реле зәкірі екі магнит ағынының әсерінде болады, олардың бірі реле орамын қоректендіретін тоқтан туады, екіншісі – тұрақты магниттен. Орамның магнит ағыны жұмыстық деп аталады, ал тұрақты магниттың - поляризацияланған деп аталады. Поляризацияланған релелер екі нұсқада орындалады: дифференциалды (2.11, а-сурет) және көпірлік (2.11, б-сурет) магнитті жүйелермен.

Дифференциалдық жүйеде (2.11, а-сурет) поляризациялайтын магнит ағыны Φ_{Π} N полюстен шығады және екі бөлікке тарамдалады: $\Phi_{\Pi a}$ және $\Phi_{\Pi б}$. I_p ток жүретін I орамы Φ_p жұмыс ағынын тудырады.

Қарастырудың қарапайымдылығы үшін зәкірден 2 тарамдалатын магнит ағынының бөлігін есепке алмаймыз. δ_a әуелік саңылауда Φ_{Π} және Φ_p магнит ағындары қосылады, ал $\delta_б$ саңылауда алынады, нәтижелік магнит ағындарын құрайды: $\Phi_a = \Phi_{\Pi a} + \Phi_p$ және $\Phi_б = \Phi_{\Pi б} + \Phi_p$.

Φ_a магнит ағыны зәкірді a сол полюске тартатын $F_a = k\Phi_a^2$ күшін тудырады. F_a күшке зәкірді б оң полюсіне тартатын $F_б = k\Phi_б^2$ күші кері әсер етеді. $I_p \leq I_{c.p.}$ белгілі бір тоғында Φ_a магнит ағыны $\Phi_б$ магнит ағынынан үлкен болады, күш $F_a > F_б$ және реле зәкірі a полюсіне солға ауытқиды.

I_p тоғының бағытын өзгерткенде Φ_p ағын да бағытын өзгертеді, соның әсерінен δ_a саңылауда магнит ағындарының айырымы пайда болады, ал $\delta_б$ саңылауда олардың қосындысы. Онда $I_p \geq I_{c.p.}$ болғанда, ағын $\Phi_б > \Phi_a$, күш $F_б > F_a$ және реле зәкірі оңға ауытқиды. Осылайша, поляризацияланатын ағынның бар болуынан реле бағытталған болады және тоқтың шамасына ғана емес, оның бағытына да жауап қайтарады.



2.12 сурет. Токтың индукциялық релесінің құрылымдық сұлбасы (а) және векторлық диаграммасы (б):

1 – қысқатұйықталған орам; 2 – диск.

Релені айнымалы токпен қоректендіргенде реле зәкірі ток бағытының өзгеруімен бірге вибрацияланады. Осы себепті поляризацияланған релелер айнымалы токта жұмыс істеу үшін жарамсыз.

Поляризацияланған релелер келесі артқышылықтарға ие:

- жоғары сезімталдық және аз тұтынылатын қуат, минималды іске қосу тоғында және түйіндер арасындағы саңылау 0,5 мм жуық, шамамен 0,005 Вт қол жеткізеді;
- үлкен термиялық төзімділік тоғы, $(20...50)I_{c.p.min}$ тең (қарапайым электрмагнитті реледе бұл ток $1,5 I_{c.p.min}$ аспайды);
- 0,005 с жететін аз іске қосылу уақыты.

Поляризацияланған релелердің кемшілігі түйіндердің аз қуаты, олардың арасындағы біршама саңылау (0,1-ден 0,5 мм дейін) және жоғары емес қайтару коэффициенті.

2.5. Индукциялық реле

2.5.1. Индукциялық релелердің жұмыс принципі

Индукциялық релелердің жұмысы стационарлық орамалардың айнымалы магниттік өрістерінің қозғалыстағы релелік жүйеде (дискі немесе цилиндрлі

ротор) осы өрістер арқылы туындаған токтармен өзара әрекеттесуіне негізделеді. Сондықтан, тек айнымалы ток қосқыш индукциялық қағидаты бойынша жүзеге асырылуы мүмкін. Осы қағида бойынша өлшеу ток релесі және қуат бағытының релесі жасалады.

Индукциялық жүйенің қозғалмалы бөлігіндегі крутящий алудың міндетті шарты кемінде екі магнит ағынының болуы (Φ және Φ_2). Ғарышта жылжытылды (2.12-сурет). Алынған момент.

$$M_{BP} = k' \Phi_1 \Phi_2 \sin \varphi \quad (2.5)$$

Осылайша, крутящий алу үшін, біз ағындар арасындағы бұрышпен фазалық ауысуды қажет етеді.

Ғарышта және фазада ығысқан екі магнит ағыны, атап айтқанда, қысқа тұйықталған айналымдар арқылы алуға болады. магниттік тізбектің жоғарғы және төменгі бөліктеріне орнатылады. Флюстер [және Φ_2] релелік орамдағы ток I_p -ға байланысты. Қанықсыз магниттік жүйеде олар ағымға пропорционалды. Себебі ағым өзгерген кезде бұрышы φ өзгермейді, момент

$$M_{BP} = k'' I_p^2$$

Диск 2 тіркелген кезде, ол тек ЭҚК индукцияланған трансформация E табылады] және E_b және бұл бұрау моменті M_{BP} анықтау. ЭҚК transformation бірге айналмалы диск, сондай-ақ магниттік флюс F қиылысында туындаған ЭҚК кесу, және F_2 диск айналмалы пайда болады. Бұл ЭМҚ дискілердегі ағындарды генерациялайды, олар ағындармен өзара әрекеттесу кезінде, M_{trm} тежеу сәттерін дискідегі айналу жиілігіне және магниттік ағындарға байланысты пропорционалды тудырады. Көктемнің M_n тежеу сәті және инерция сәті M_m қозғалыстың жүйесінде әрекет етеді. Үйкеліс кезін ескерместен, дискінің қозғалысы шартпен анықталады.

$$M_{BP} = M_{trm} + M_n + M_{ин}$$

Кідірітілген әрекет релесін алу үшін олар тұрақты магнитпен қамтамасыз етіледі, ал мобильді жүйе диск түрінде жасалады. Айналдыру кезінде дискі тұрақты магнит өрісін қиып алады. қосымша тежегіш крутящегіне әкеледі. Мұндай релелер шектеулі уақытқа тәуелді кешіктіру сипаттамасына ие. Тәуелсіз бөлігінде уақытты кешіктіруге болады $t_{cp} > 10 \text{ s}$.

Кездейсоқ әрекет етудің индукциялық релесі тұрақты магнитсіз және жылжымалы жүйенің аз қозғалысы арқылы орындалады. Релелік жылдамдығын арттыру үшін дисктің диаметрі диаметрі айтарлықтай диапазонға байланысты үлкен диапазонда инерциялы жүйелер бар, ал диаметрі және инерция сәті бар цилиндрлі ротордың жүйесі пайдаланылады.

2.5.2. Индуктивті өлшеу ток релесі

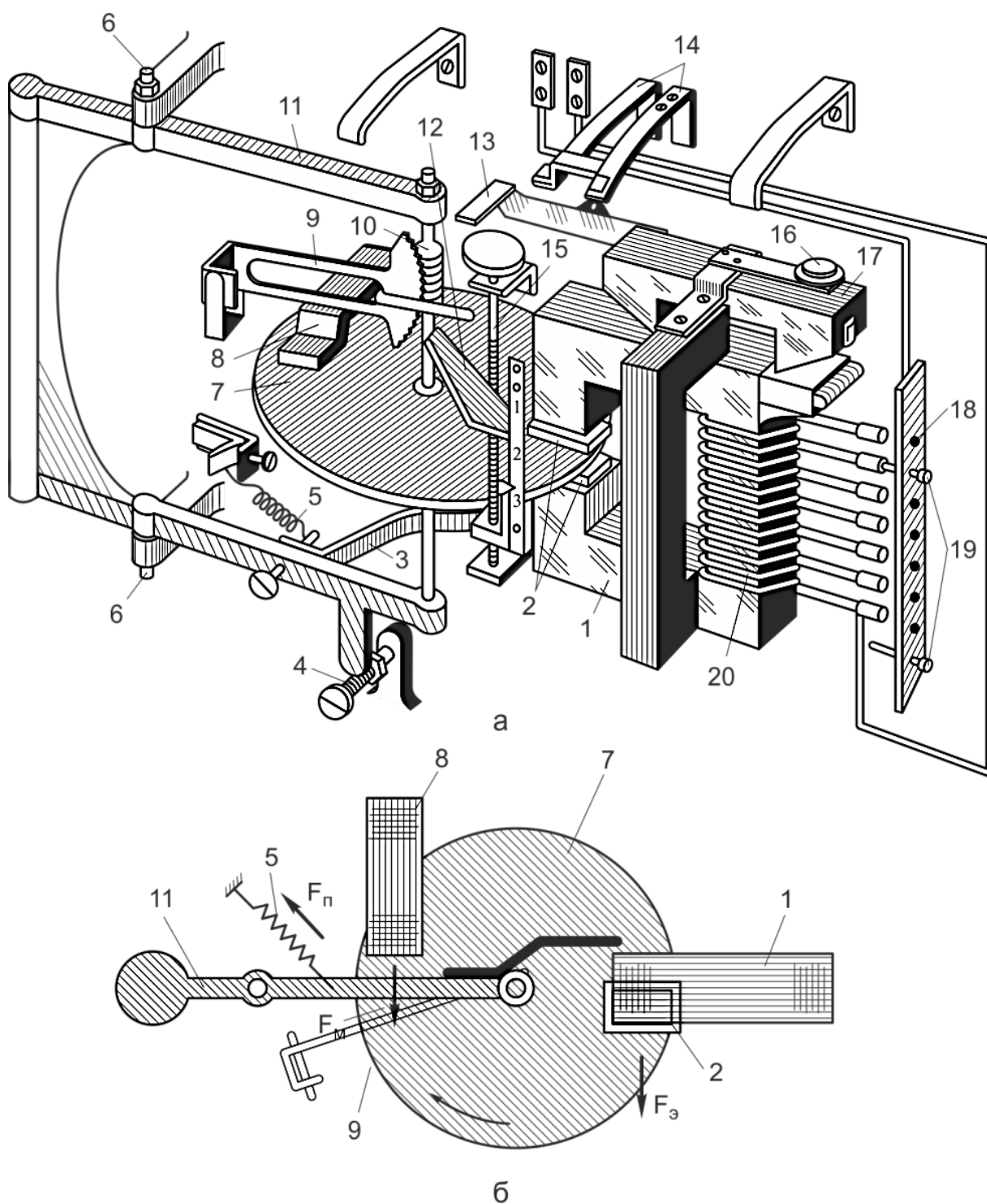
Бұл релдер біріктіріледі және екі элементтен тұрады: дискімен индукция, шектеулі уақытқа тәуелді уақытты кідірту және релелік орамдағы үлкен токпен туындаған жедел әрекеттің электромагниттік (үзіліс). Екі элементтің бір ортақ магнитті жүйесі бар. Реле шамадан тыс және қысқа тұйықталу кезінде электр машиналарын, трансформаторларды және желілерді қорғауға арналған.

РТ-80 релесінің индуктивті элементі қысқа тұйықталу бұрылысы 2 және жылжымалы дискі 7 бар электр магнитті 1 (сурет 2.13а) тұрады. 20-шы орамда ток пайда болған кезде, кранмен жабдықталған, дискіде әрекет ететін электромагниттік күш бар. 7. Жылжымалы жақтауда орнатылған тіректердегі осьте айналатын 11. 11-ші рамедағы реле корпусына бекітілген айналу осі бар. 5-серіппелі раманы тоқтауға тартады 4. Диск осіне 10 құрт орнатылған, ол осьмен және дискімен бірге айналады. Құрт 10 және тісті беріліс сегменті 9. релелік контактілердің жұмысын бақылау 14 әдетте ажыратылады. Эстафетаның әрекет етуі үшін, құрттың бөлінген сегментке қосылуы және реле контактілері жабық болғанша оны көтеру қажет.

Электромагниттік күш F қозғалыстағы жүйеге (рамка және диск) әсер етеді, (Fr. 2.13, b). Бұл күш 5-ші серіппесінің F_n күші арқылы тоқтатылады, 11-ші панельді стопқа қарсы басады, ал диск қозғалған кезде пайда болатын қосымша күш F_S . магнит ағынының электр магнитті магниттің Φ_1 және Φ_2 ағындарының өзара әрекеттесуінен туындаған.

Диск күшінің сәті кездейсоқ күштердің сәті мен дискінің инерциясынан үлкен болған кезде диск / $p - (0,2 \dots 0,3) / i_{sp}$ кезінде айнала бастайды. Релелік индукция элементінің жұмысы / $p > / e_{xp}$ болады. Бұл аясында 11 құрт 10 орталықтандыру, аралас (қараңыз. сур. 2.13, а) тісті сегмент 9. Осы қозғалысы жақтауын тоқтатады, бірақ диск құрт 10 айнала жалғастыруда және рычагты сегментін 9. көтереді жабу кезінде сегменті тұтқаны өңделетінін 13 көтереді кезде 14 релелік байланыстар. рокер көтерген кезде арматура / соленоид 7 және / арасындағы әуе алшақтықты төмендейді. Электромагнитке анкер тартылады. байланыстар 14 тығыз жабу қамтамасыз ету.

Реле ағымында ток күшіне қарағанда кішірек болса, көктем 5 жасаған кездегі момент электромагнитті сәтті жояды, ал рамка оның бастапқы күйіне оралып, құрттың сегменттен ажыратылады. Секция релелік контактілерді бұзып, 12-ші аялдамаға түседі. Сегментке раманың сенімді ұсталуын қамтамасыз ету үшін электромагнетаның шашырау ағынының әсерінен пайда болатын F' күші (1.13, б) электромагниті 1 тартылған болат кронштейні 3 бар.



2.13 сурет. РТ-80 релесі:

a - релені жобалау; *b* - жылжымалы раманың дискісінде әрекет ететін күштер; 1 - электромагнит; 2 - қысқа тұйықталу бұрылысы; 3 - кронштейн; 4, 12 аялдамалар; 5 - көктемгі; *b* - ось; 7 - диск; 8 - тұрақты магнит; 9 - тіс бөлігі; 10 - құрт; 11 - жылжымалы жақтау; 13 - рокер; 14 - байланыстар; 15, 16 - реттелетін бұрандалар; 17 - якорь; 18 - лат. 19 - штепсель; 20 – орам.

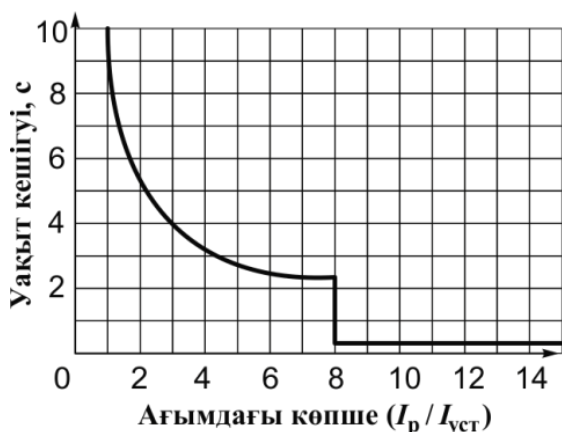
Жұмыс тогы орамның бұрылыстарының санын 20 өзгерту арқылы реттеледі (рисктің 2.13, а), розетканың көмегімен 19 жолақшасының слоттары бойынша беріледі. Реле жұмыс уақытын сегменттің 9 бұрандалы бұрышымен өзгерту арқылы реттеледі.

Электромагниттік элемент (кесу) электромагнетаның шашырау ағынының өрісінде орналасқан 13 болат болат тәрізді арматураға ие. Ағымдық $I_p > (4 \dots 8)$ кезінде ротордың оң жақ бөлігі электр күшімен жұмыс істейді және реле 14 контактілерін дереу жауып тастайды. Электромагниттік элементтің I_c электромагнитті элементінің жұмыс тогы ротордың және электромагнит арасындағы ауаның арасындағы айырмашылықты өзгертетін бұрандамен реттеледі. Элемент белсендірілген кезде арматура дірілін болдырмау үшін қысқа тұйықталған бұрылыс орнатылады.

РТ-80 релесі ағымдағы және уақыттық параметрлерден ерекшеленетін 12 нұсқаға ие, РТ-85 және РТ-86 релелері айнымалы ток тізбектерінде 150 А айнымалы ток қуатына ауыстыруға арналған күшейтілген контактілермен орындалады. РТ-90 релесі ұқсас дизайнмен жабдықталған. бірақ оның сипаттамасының тәуелсіз бөлігінің РТ-80 релесі қарағанда кішірек ток көпшілігінен (қатынасы $/ p // us$) басталады.

Релелік индукциялық және электромагниттік элементтердің бірлескен жұмысы уақытты сақтау сипаттамасын алуға мүмкіндік береді (2.14-сурет), бұл өте ыңғайлы. Ағымдағы / эсерден асатын токтарда реле уақытша кідіріссіз жұмыс істейді. Ағындардан кем / эп кезінде, шектеулі уақыт кешігуімен реле индукция элементі жұмыс істейді.

РТ-80 релесінің жетіспеушілігі РТ-40 релесімен салыстырғанда қуат тұтынуы болып табылады. Оның артықшылықтары оның көп функционалдығын қамтиды. РТ-80 релесі қорғаныстың екі кезеңімен (бірден және уақыт кешігумен), сондай-ақ АЖ-нің логикалық және атқарушы органымен өлшеуіш орган ретінде қолданыла алады.



2.14 сурет. РТ-80 уақыттық релесінің сипаттамасы

Реле жақсы қайтару коэффициентіне, ағымдағы және жауап уақытында шағын қателерге ие.

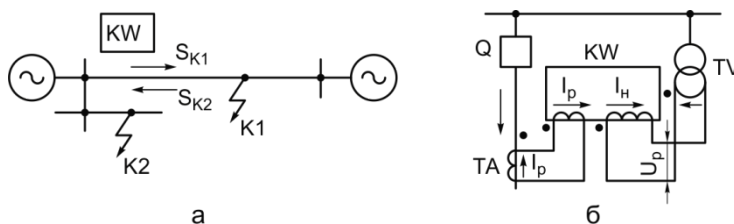
RT-90 релесі негізінен RT-80 релесі сияқты бірдей параметрлерге ие, бірақ магнит тізбегінің қанықтылығы, демек, тәуелсіз сипатқа өту 2-ден 2,5 есе аз мөлшерде болады. Бұл МҚК орамасын ұлғайту және магниттік тізбектің полюстері бөлшектерінің дизайнын өзгерту арқылы қол жеткізіледі. Электромагнит параметрлерінің өзгеруіне байланысты бірнеше ерекшеліктер бар. RT-90 релесінің қуат тұтынуы шамамен $30 \text{ В} \cdot \text{А}$. RT-90 релесі негізінен RT-80 релесі сияқты бірдей параметрлерге ие, бірақ магнит тізбегінің қанықтылығы, демек, тәуелсіз сипатқа өту 2-ден 2,5 есе аз мөлшерде болады. Бұл МҚК орамасын ұлғайту және магниттік тізбектің полюстері бөлшектерінің дизайнын өзгерту арқылы қол жеткізіледі. Электромагнит параметрлерінің өзгеруіне байланысты бірнеше ерекшеліктер бар. RT-90 релесінің қуат тұтынуы шамамен $30 \text{ В} \cdot \text{А}$.

2.5.3. Индукциялық қуат реле бағыты

Қуат бағытының релесі фазада салыстырылатын екі әрекет етуші электрлік өлшемі бар өлшеуіш орган болып табылады. Реле оның терминалдарына жалғанатын қуат S -ның мәні мен белгісіне жауап береді, яғни. қорғалатын желіде немесе қорғалатын желіде автобустардан шығатын басқа қосылыстарда қорғалатын желінің үстінен берілетін қуат белгісімен (бағытта) анықталады (2.15-сурет, а). К1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу кезінде ҚТ SKJ қуаты автобустан желіге бағытталады, сондықтан ҚТ релесінің күштік бағыты белсендірілуі және контактілерін жабуы керек. К2 нүктесінде қысқа тұйықталу кезінде ҚТ қуаты SK2 шиналарға бағытталады және реле контактілерді жаппауы керек.

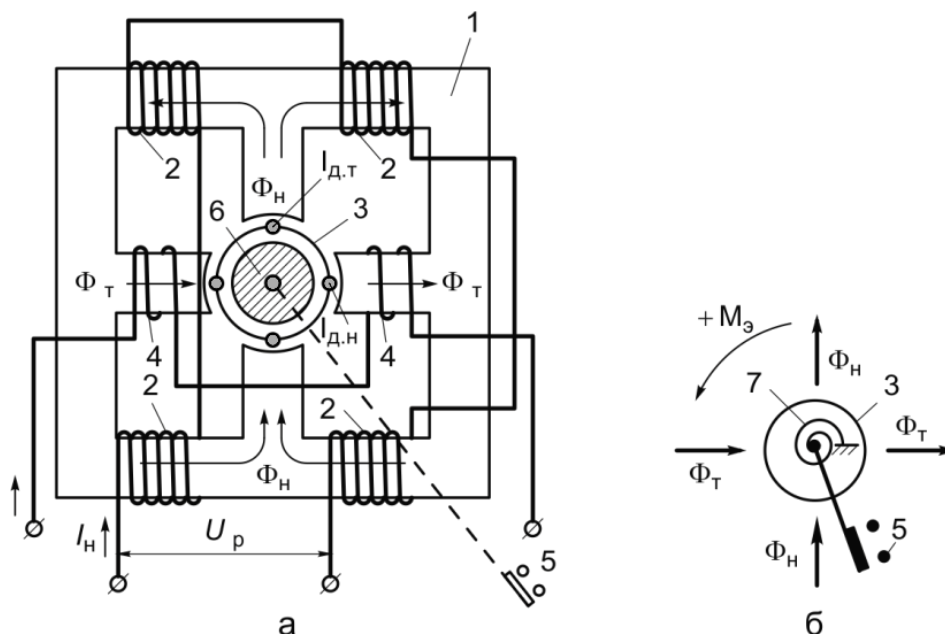
Қуатты басқару релесінің екі орамасы бар: біреуі U / p кернеуімен қуатталады. ал екіншісі желінің ағымы I / p (2.15-сурет, б). Орамалардан өтетін токтардың өзара әрекеттесуі электромагниттік сәтті тудырады, оның мәні мен белгісі кернеудің u , ағымдағы I_p және олардың арасындағы бұрылыс бұрышын байланысты.

Қуат бағытының релесінің сезімталдығы реле байланыстарын жауып тұрған минималды қуатпен бағаланады. Бұл қуат іске қосылатын қуат S_c р деп аталады. Қуат бағытының релесі бірден.



2.15 сурет. Релелік қуат бағыты:

а - жұмыс принципі; б - қосу схемасы



2.16 сурет. Цилиндрлік ротордың (а), релелік ротордың және оң жақ моментінің бағытымен қуат бағытының релесінің жобалық схемасы:

1 - магниттік схема; 2, 4 - орамалар; 3 - алюминий цилиндр (ротор); 5 - байланыстар; 6 - болат цилиндр; 7 – көктем

Қазіргі индукциялық қуат релелік реле цилиндрлі ротор түрінде жылжымалы жүйеге ие (2.16а-сурет). Жабық магниттік схеманың ішкі полюстерінің арасында / полюстік полюстің магнит өткізгіштігін арттыратын 6 болат цилиндрі бар. Алюминий цилиндр (ротор) 3 болат цилиндр мен полюстер арасындағы айырмашылықта айналады. Ротор 3 айналғанда, 5 релелік байланыстар жабылады. Ротор мен контактілерді бастапқы орнына қайтару үшін, спираль қарсы пружиналар 7 қызмет етеді (2.16б-сурет).

Орам 2 (суретті қараңыз 2.16, а) кернеуі $U_p = U_c / k_{ни}$ кернеуі, ал ағым 4 / ағымдағы ток бойынша $I_p = I_c / k_{тх}$. мұндағы U_c және k - кернеу мен ток желісі (қорғалатын элемент). Ағымдық $I_H = U_X J Z H$ орамасындағы 2 магнит ағыны Φ_H (поляризация) жасайды. Ағымдағы / б. 4 орамынан өтіп, магнит ағыны Φ_m (жұмыс) жасайды. Магнит ағындары Φ және Φ_T релелік қозғалыстағы жүйеге еніп, оған қосымша (жазық) токтар шығарады, тиісінше / д н және / дт. Магнит ағынымен магнит ағындарының өзара әрекеттесуі электромагниттік сәтті тудырады N_p .

Формула бойынша (2.5) электромагниттік сәт

$$M_э = k_1 U_p I_p \sin(\alpha - \varphi_p) = k_1 S_p$$

мұндағы a - ораманың индуктивті және белсенді қарсыласуымен анықталған реле ішкі ауысымының бұрышы: S_p - релеге берілген қуат.

Қуатты басқару релесі бағдарлы қорғауда қолданылады (6-тарауды қараңыз). Олар жоғары сезімталдыққа ие болуы керек. өйткені монтаждау орнының жанында кернеу жоғары нөлге дейін жетіп, төмендейді: релеге берілген қуат өте аз, ал сезгіштігі жеткіліксіз болса, реле жұмыс істемеуі мүмкін, яғни «өлі» аймағы бар.

Ішкі өндіріс интеграцияланған микросхемалар элементтерінің негізі болып табылатын РР-11 және РМ-12 релелік күштер бағыттарын шығарады.

Бақылау сұрақтары:

1. Релелік қорғаныстың құрылымдық схемасы қандай элементтерден тұрады?
2. Релелік қорғаныста қолданылатын элементтің негіздерін атаңыз.
3. Электромеханикалық релелерді орындау кезінде қандай принциптер қолданылады?
4. Электромеханикалық релелердің байланыстары мен орамдарына қойылатын талаптар қандай?
5. Электрмагниттік релелердің әрекет принципі қандай?
6. Пикапаралық ток, кері ағым және релдерді қайтару коэффициенті дегеніміз не?
7. Аралық релелердің мақсаты қандай?
8. Қамның релестерінің артықшылықтары қандай?
9. Көрсеткіш реле қалай жұмыс істейді?
10. Уақыт релесіндегі қосымша резистордың мақсаты қандай?
11. Индукциялық релелердің жұмыс принципі қандай?

3 тарау

Релелік қорғау туралы жалпы ақпарат

3.1. Операциялық ток көздері және олардың сипаттамалары

3.1.1. Ағымдағы көздерді тағайындау

Операциялық ток - ажыратқыштардың қашықтан басқару тізбектерін, АЖ-дың жұмыс схемаларын, автоматикаларды, телемеханикаларды және әртүрлі сигнал түрлерін қамтамасыз ететін ток.

Бақылау ток көзі негізгі мақсаты механикаландырылған логика болып табылады, және жетектер автоматтандыру элементтері өлшеу және релелік қорғаныс, коммутациялық жабдықтың жай-күйі мен автоматты құрылғы, құрылғыларды (ажыратқыштар, бөлгіштер, т.б.) ауысу қашықтан басқару тізбектегі құрылғыларды (ақпарат) сигналдық. Операциялық ток көздерінің сенімділігі қатаң талаптарға бағынады. Бақылау ағымдағы көзі төтенше, тұтастай алғанда электр жабдықтау жүйесі ретінде жұмыс режимінде, және осы нақты *zaschischaemo-go* немесе осы жүйенің автоматтандырылған элементі, оның ішінде кез келген РЗ электр және автоматтандыру құрылғыларын қамтамасыз етуге тиіс.

Операциялық тізбектерді, әсіресе, оның элементтерінің зақымдалған желілер мен жабдықтардың ажыратылуына байланысты болуы әсіресе сенімді болуы керек. Осылайша, жұмыс істеу тогының көзіне сәйкес келуі керек негізгі талап, қысқа тұйықталу және желідегі қалыпты режимде жұмыс ток көзінің кернеуі және оның қуаты қосалқы қорғаныс релесі мен автоматтандыру үшін жеткілікті мәндерге ие, сенімді қосқышты және тиісті ажыратқыштарды қосу үшін.

РН тізбек автоматтандыруды қуат кернеу көзін таңдау кезінде, тарату желілеріне бақылау және дабыл жүйелері назарға факторлар үлкен санын алады. кернеу ең сенімді көзі, ол арнайы жылытылатын және желдетілетін бөлмеде орнатылған ескертпелі 110 немесе 220 батарея кернеуі реттелетін статикалық бар немесе қайта зарядтау және ақыға құрылғыны айналмалы, желіні басқару токтың қысқа тізбектер және жер тұйықталудан тиімді қорғау, сондай-ақ білікті қызмет.

Операциялық тәжірибе көрсеткендей, аккумуляторлық батареяларды ... 220 кВ жоғары кернеулі қосалқы станцияларда пайдалану мүмкін. Төменгі кернеу қосалқы станцияларында көзі ТТ және ТК және қосалқы трансформаторларды өлшейтін айналымы немесе түзетілген операциялық мүйізді пайдалану ұсынылады. Бұл опция ең үнемді, себебі онымен жұмыс кезінде күрделі салымдар мен еңбек шығындары аз болады. Ауыспалы немесе түзетілген жұмыс істейтін ток көздерінің сенімділігі тұрақты ток көздерінен кем емес.

Жұмыс тізбектерін беру үшін тұрақты және айналымы көздері пайдаланылады.

3.1.2. Тұрақты жедел ток

Тұрақты жедел ток көздері ретінде кернеуі 110 не 220 В аккумуляторлық батареялар, ал шағын аралық станцияларда – барлық қосылыстардың жедел тізбектерін орталықтан қоректендіретін, кернеуі 24...48 В батареялар пайдаланылады. Сенімділікті жоғарылату үшін тұрақты ток желісі бірнеше учаскелерге бөлінеді, олар батарея шиналарының жинақтарынан дербес қоректендіріледі.

Аккумуляторлық батарея мінсіз қорек көзі болып саналады, өйткені іоның жұмысы электр желісінің жұмыс режиміне тәуелді болмайды. Сондықтан электр станцияларда және ірі аралық станцияларда аккумуляторлық батареялар жедел ток көздері ретінде кеңінен таралған.

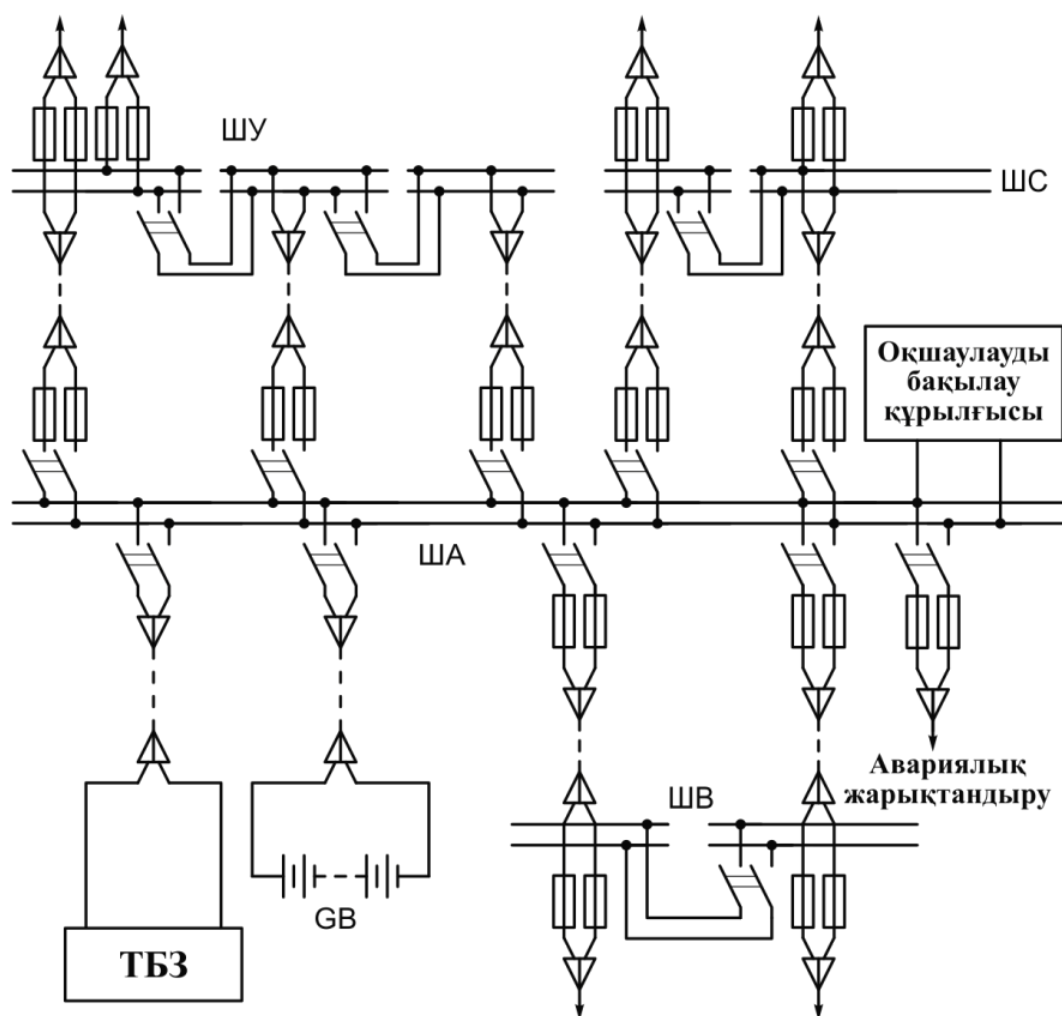
Аккумуляторлық батарея – қымбат дүние, ал оны пайдалану арнайы жылытылатын орынжайды, желдету жабдығын және арнайы қызмет көрсетуші персоналдың болуын талап етеді. Сондықтан да аккумуляторлық батареялар тек ірі энергетикалық нысандарда, автоматика мен РХ құрылғыларының көп саны шоғырланатын және арнайы РЗ мен автоматика қызметі бар болатын станцияларда қолданылады.

Электрмен қамсыздандыру жүйелерінде аккумуляторлық батареялар зауыттық ТЭЦ-терде не ірі төмендету аралық станцияларында қолданыс тапқан.

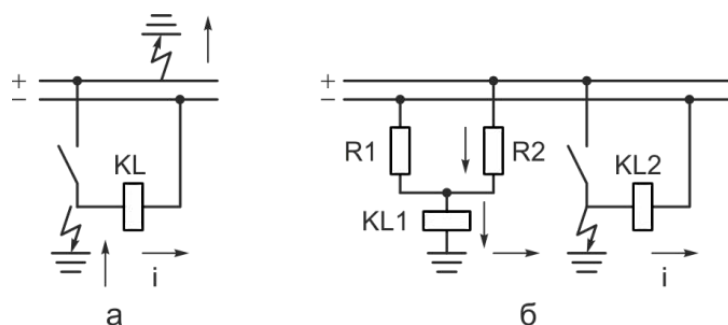
Аккумуляторлық батареялар кез келген уақыт аралығында кернеу мен қуаттылықтың қажетті деңгейін әрі жедел тізбектердің қоректендірілуін қамтамасыз етеді (негізгі желінің күйіне қарамастан) және де ең сенімді қорек көзі болып саналады. Сонымен қатар, қоректендіруді орталықтандыруға байланысты күрделі, ұзақ әрі қымбат тұрақты ток желісі құрылады.

Ірі аралық станцияларда әдетте аккумуляторлық батареялардан қоректендірілетін тұрақты жедел токтың тарамдалған желісі пайдаланылады.

3.1-суретте тұрақты жедел токтың принципиялды сұлбасы көрсетілген. Аккумуляторлық батарея GB шиналарға ША жұмыс істейді, одан жедел ток секцияларын қоректендіретін жолақтар тарамдалады. Әрбір секция тұтынушылар топтарын қоректендіретін шиналар болып табылады. аралық станцияларда басқару шиналары ШУ, яғни реле қорғанысы, автоматика мен басқару құрылғылары жалғанатын шиналар, дабыл қағу шиналары ШС (әдетте ірі аралық станцияларда) және ажыртқыштарды қосудың электрлі магниттерін қоректендіру шиналары (қосу шиналары) ШВ ажыратылады. Әдетте басқару шиналарының бірнеше секциялары болады, мысалға, аралық станциядағы шиналар жүйесінің санына қарай бөлінеді. Әрбір секция өз жолағы бойынша қоректендіріледі, секцияларды біріктіру мүмкіндігі де қарастырылған. Дабыл қағу шиналары және қосу шиналары да секцияларға бөлінеді. Аккумуляторлық батарея аралық станциядағы апатты жарықтандыру көзі болып саналады.



3.1 сурет. Тұрақты жедел токтың принципиялды сұлбасы:
ТБЗ – түзеткіш блогын зарядтау



3.2 сурет. Жерге қосарлы тұйықталу кезінде (а) және жерге бір рет тұйықталу кезіндегі оқшаулауды бақылау резисторлары арқылы (б) аралық релелердің жалған іске қосылуына әкелуі мүмкін қосу сұлбалары

Тұрақты жедел тоқ желісін қорғау үшін сақтандырғыштар мен автоматты ажыратқыштар пайдаланылады, бұл ретте осы қорғау құрылғыларының селективтілігі мен сезімталдығын қамтамасыз ету аса қиын мәселе болып табылады. Тұрақты жедел тоқ желісінің барынша жиі кездесетін бұзылу түрі болып полюстердің бірінің жерге тұйықталуы аталады. Ол бұзылуларға әкелмесе де, бірақ екінші тұйықталудың орын алуы тұрақты тоқ релесінің немесе басқару электр магниттерінің жалған әске қосылуына әкелуі мүмкін (3.2а-сурет). Сондықтан да аккумуляторлық батареяның шиналарында оқшаулауды бақылау құрылғысын орнату көзделеді.

Екі резисторлар R1 мен R2 ортаңғы нүктесі мен жер арасында қосылатын реленің KL1 көмегімен үздіксіз автоматты бақылау аса ңығайлы болып саналады. Мұндай қосылу жағдайында реле резисторлар R1 мен R2 және екі полюс шиналарының жерге қатысты оқшаулау кедергілері арқылы құрылған көпірдің диагоналінде орналасады. Соңғылары тең болған жағдайд көпір теңгерімделген және реле орамында тоқ жоқ болады. Жерге тұйықталулар кезінде теңгерім бұзылып, реле іске қосылады.

Бақылау сұлбасының бар болуы реленің жалған әске қосылуына себеп болуы мүмкін. егер 3.2б-суретте көрсетілген жерге тұйықталу кезінде реле орамының кедергісі KL2 аса жоғары болса, онда «-» шина мен жер арасындағы кернеу $0,5U_{\text{ном}}$ мәніне жақын болып қалады, және де реленің KL2 іске қосылуын тудыруы мүмкін. Сондықтан да іске қосылу кернеуі $0,6U_{\text{ном}}$ мәнінен төмен, тұтынатын қуаттылығы аз (1...3 Вт-ға дейін) қосалқы реленің жалған жұмысы жалған іске қосылуға немесе қорғаныс пен автоматиканың бас тартуына әкелуі мүмкін болса, ондасол релені қолдануға жол берілмейді.

Аккумуляторлық батареяның сыйымдылығы көбінесе ажыратқыштарды қосудың қуатты электр магниттерін қоректендіру және апатты жарықтандыру қажеттілігімен анықталады.

3.1.3. Айнамалы жедел ток

Бөліп тарату станцияларының көп бөлігі үшін барынша тиімді экономикалық шешім болып айнамалы немесе түзетілген жедел тоқты пайдалану табылады. Жедел тізбектерді айнамалы токпен қоректендіру үшін ток немесе жел кернеуі қызмет етеді. Осыған сәйкес айнамалы жедел ток көздері ретінде ток трансформаторлары, кернеу трансформаторлары мен өзіндік мұқтаждықтардың трансформаторлары қолданылады.

Ток трансформаторлары КЗ-дан қорғаудың жедел тізбектерінің сенімді қорек көздері болып табылады. КЗ кезінде ТТ қысқыштарындағы ток пен кернеу арта түседі, сондықтан қорғаныстың іске кірісуі кезінде ТТ қуаты ұлғайып, жедел тізбектердің сенімді қоректенуі қамтамасыз етіледі. Алайда ТТ қорғалатын қосылыста токтың артуына ұласпайтын қалыптан тыс режимдер мен бұзылулар кезінде қажетті қуатты қамтамасыз етпейді. Сондықтан оларды бейтараптамасы оқшауланған желіде жерге тұйықталудан қорғау тізбектерін қоректендіру, трансформаторлар мен генераторларда орамдық тұйықталулардан қорғау немесе кернеудің жоғарылауы не төмендеуі және жиіліктің азаюы сияқты қалыптан тыс режимдердегі қорғау үшін пайдалануға болмайды.

Кернеу трансформаторлары мен өзіндік мұқтаждықтардың трансформаторлары КЗ-дан қорғаудың жедел тізбектерін қоректендіруге жарамайды, өйткені КЗ кезінде желідегі кернеу күрт төмендеп, қолайсыз жағдайларда нөлге тең болуы мүмкін. Сол уақытта ТН және өзіндік мұқтаждықтар трансформаторлары асыра жүктеуден, жерге тұйықталулардан, кернеудің жоғарылауынан қорғау тізбектерін қоректендіру үшін пайдаланылуы мүмкін, өйткені аталған бұзылулар мен қалыптан тыс режимдер желідегі кернеудің терең төмендеулерімен ұласпайды.

Сөйтіп, барлық қарастырылған жедел ток көздерінің бір елеулі кемшілігі бар – олардың жұмыс режимдері олар қоректенетін электрмен қамсыздандыру жүйесінің алғашқы элементтерінің жұмыс режиміне тәуелді болуы. Бірақ аккумуляторлық батареикамен салыстырғанда, бірқатар артықшылықтары бар. Біріншіден, олар арзан болып келеді және аккумуляторлық батареикаға тән кемшіліктері болмайды. Екіншіден, өлшеу трансформаторларын, әсіресе ТТ-ны пайдалана отырып, әрбір РЗ құрылғысы үшін жеке-дара жедел ток көздері болуы мүмкін, бұл жедел ток тізбектерінің ұзындығын минималды азайтып, РЗ сенімділігін жоғарылатады.

Аталғна ток көздерін пайдалана отырып, РЗ мен автоматика құрылғыларын қоректендіруді ұйымдастыру әртүрлі болуы мүмкін (қоректендірілетін құрылғылардың типіне және арналуына байланысты).

Бастысы, РЗ мен автоматика құрылғылары әрекет етуі тиісті жағдайларда жедел тоқтың болуы қамтамасыз етілуі тиіс.

Айнымалы жедел тоқтың әрбір көзінің өз қолдану облысы бар. Бұл ретте қандай да бір тоқ көзін пайдалану мүмкіндігі ол операцияларды жүргізу сәтінде бере алатын қуаттылығымен анықталады.

Қоректендіру көзінің қуаты жедел тізбектер тұтынатын қуаттылықтан біраз асып түсуі тиіс, оның негізгі құрамдысы болып жетектің ажыратқыштарды қосып-сөндіруге жұмсайтын қуаты табылады.

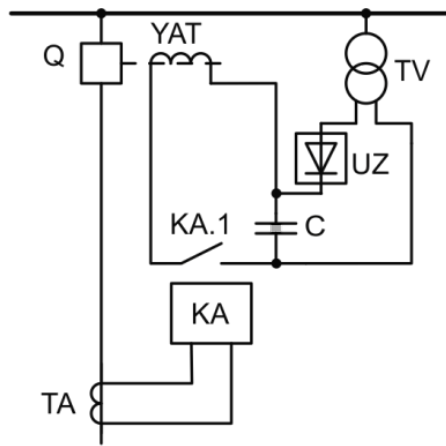
Жеткіліксіз қуаттылықтан туындайтын ең үлкен қиындықтар ТТ мен ТН-ны қолдану кезінде орын алады. Ажыратқыштарды қосып-сөндіру қысқа мерзімді операциялар болғандықтан, өлшеу трансформаторларына зиян келтірмей, оларға едәуір асыра жүктеулерге жол беруге болады.

Жедел тізбектерді айнымалы тоқпен қоректендіру үшін зарядталған конденсатор да пайдаланылуы мүмкін (3.3-сурет). Конденсатор C кернеу трансформаторынан TV түзеткіш UZ арқылы қоректенеді. Қалыпты режимде конденсатор зарядталған болады. Қорғаныс әрекет еткен кезде сөндіру орамына YAT тұйықталып, оны разряд тоғымен қоректендіреді.

Жедел тізбектердің айнымалы тоқ көздерінен қоректену сұлбалары қарапайымдылықпен және жеткілікті дәрежедегі сенімділікпен ерекшеленеді, заряд режимінде аз қуат (ондаған ватт) тұтынады, ал разряд режимінде ажыратқыштардың жетектерін сөндіру орамдарын қоректендіруге жететіндей үлкен қуаттылықты бере алады.

Алдын-ала зарядталған конденсаторларды тағы да бір қолдану облысы болып аралық станцияда кернеу мен тоқ болмаған кезде жұмыс істеуі тиісті сұлбалар табылады, мысалға, қарапайым аралық станциялардағы айырғышты сөндіру автоматикасының сұлбасы, минималды кернеуді қорғау сұлбасы және т.с.с.

Сыйымдылығы жарамды конденсаторлық батареяда жинақталуы мүмкін энергия көп болмайды. Сондықтан ол әдетте басқарылатын құрылғыға (реле, сөндірудің электрлі магниті) қысқа мерзімді импульсті беру үшін ғана пайдаланылады. Бірақ мұндай жағдайларда да электр-механикалық құрылғыларды қоректендіруге арналған конденсаторлық батареялардың сыйымдылығы елеулі болуы тиіс.



3.3 сурет. Конденсатор зарядының қуатын пайдалану арқылы айнымалы ток қорғаудың жедел тізбектерін коректендірудің принципиялды сұлбасы

Конденсаторлық батареяларды зарядтау ТТ немесе ТН тізбектеріне қосылатын зарядтық құрылғылардың көмегімен жүзеге асырылады. Зарядтық құрылғылар қорғаныс жұмысының шарттарымен анықталатын уақыт ішінде қоректендірілетін құрылғылардың сенімді түрде әрекет етуі үшін қажетті кернеуге дейін конденсаторлық батареялардың зарядталуын қамтамасыз етуі тиіс.

РЗ сұлбаларда 400 В номиналды кернеуге арналған металл-қағаз конденсаторларлардан жасалған блоктар қолданылады. Металл-қағаз конденсаторлардан гөрі, электролиттік конденсаторлар сенімділігінің аздығынан және үлкен ағып кетулердің кесірінен кеңінен қолданысқа ие болмады.

Жедел тоқ көзі ретінде конденсаторлық батареяның басты кемшілігі оның әрекет етуінің импульстілігі болып табылады, бұл біруақытта басқа жедел тоқ көздерін, оның ішінде қорек блоктарын пайдаланбай максималды тоқ қорғанысының уақыт релесін қоректендіру үшін батареяны пайдалануға мүмкіндік бермейді.

3.1.4. Түзетілген жедел тоқ

Жоғарыда қарастырылған жедел тоқ көздерін пайдалануға мүмкіндік болмаған жағдайларда түзетілген жедел тоқ қолданылады.

Түзетілген жедел тоқтың аралас көздері кеңінен таралған, олар түзетілген кернеу жағында параллель жұмыс істейтін тоқ пен кернеудің түзетуші блоктарынан жасалған. Қалыпты режимде түзетілген шығыс кернеу кернеу блогымен (БПН), ал КЗ кезінде – тоқты қорек блогымен (БПТ) не болмаса екі блокпен де (БПН және БПТ) қамтамасыз етіледі. Жалпы қалыпты режимде, егер жедел кернеу қажет етілмесе, ал ТТ қуаты қорғаныс іске қосылуының тоғы кезіндегі шығыс кернеуді алуға жеткілікті болса, БПН-сыз да болуы мүмкін.

Қорек блоктары олардың шығысындағы кернеу жеткілікті түрде тұрақты болып қамтамасыз етілетіндей орындалуы тиіс.

Бір фазалық феррорезонансты БПТ 50 Вт-ға дейінгі (БПТ-11), 200 Вт-ға дейінгі (БПЗ-402) және 1,2 кВт-ға дейінгі (БПТ-1002) қуаттылығымен және номиналды кернеуі 110 және 220 В жағдайында қолданылады. БПТ-11 блогының 24 және 48 В номиналды кернеуіне арналған түрі бар, сондай-ақ БПТ-101 блогының шамамен 120 Вт қуаттылығы мен 24 және 48 В номиналды кернеуіне арналған түрі болады.

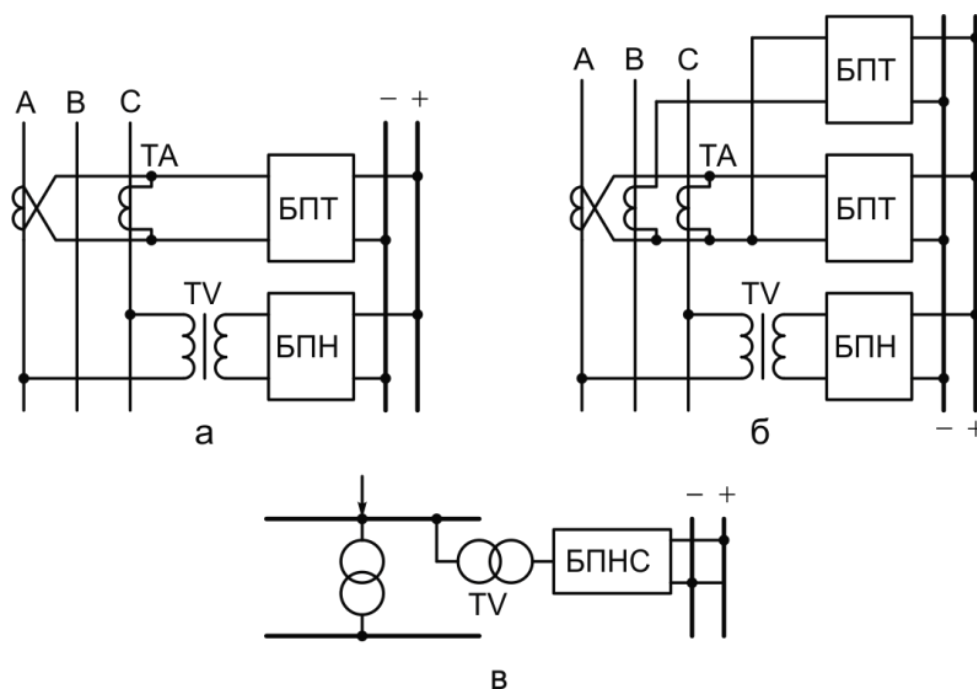
БПН-ға қойылатын талаптар КЗ тоқтарының деңгейіне байланысты болады. Егер минималды тоқ кезінде, БПТ жеткілікті қуаттылықты әлі ұсынып отырса, ал аралық станцияның шиналарындағы кернеу номиналды кернеуге жақын

болса, онда жалпы тұрақтандырылмаған БПН-ды пайдалануға болады, олар шығысында түзетуші көпірі бар, бір фазалық не үш фазалық аралық трансформаторлар түрінде болады. Аралық трансформатор ТН тізбектерінің жедел тоқ желісін электрлі түрде бөлу үшін және шығыс кернеудің қажетті деңгейіне қол жеткізу үшін қызмет етеді. Тұрақтандырылмаған БПН әдетте жедел тізбектер жүктемесінің қуаттылығы аз болғанда және қалған қорек блоктарын жеңілдету үшін дабыл беру сұлбаларын қоректендіру үшін қолданылады.

Автоматты жиілікті жеңілдету (АЧР) құрылғылармен жабдықталған аралық станцияларда КЗ жоқ кезде кернеудің де, жиіліктің де төмендеу мүмкіндігін назарға алу қажет. Сондықтан ондай аралық станцияларда тұрақтандырылған БПН-ды қолдану міндетті болады. Бірқатар жағдайларда АЧР құрылғыларын және ажыратқыштарды басқарудың электр магниттерін қоректендіру үшін феррорезонансты кернеу тұрақтандырғыштары пайдаланылады. Бұл ретте реле қорғанысы үшін қорек блоктарын тек КЗ кезіндегі жұмыс шарттары бойынша тандап алады.

Тораптарда БПТ-ны екі фаза тоқтарының айырмасына қосу және бір фазалық БПН-ды сол фазалардың желілік кернеуіне қосу сұлбасы экономикалық тұрғыдан барынша тиімді болып саналады (3.4а-сурет). Сондай қосу кезінде БПН қосылған фазалардағы фазааралық КЗ кезінде кернеу барынша төмен болады, алайда БПТ-да бұзылған фазалардың фазалық тоқтарының айырмасы, яғни тоқтың ең үлкен мәні берілетін болады.

Екі фазалық КЗ кезінде «жұлдыз-үшбұрыш» және «үшбұрыш-нөлі бар жұлдыз» қосылу сұлбалары бар трансформаторларда, сондай-ақ бір фазалық КЗ кезінде «жұлдыз-нөлі бар жұлдыз» қосылу сұлбасы бар трансформаторларда, екі фаза тоқтарының айырмасы нөлге тең болуы мүмкін кезде, бұл фазалардағы желілік кернеу номиналды кернеуге жақын болады. Басқа КЗ түрлерінде қоректендіру сенімділігін жоғарылату үшін, сондай-ақ жүктемені азайту үшін блоктардың әрқайсысына үшінші фаза тоғына екінші БПТ-ның қосылуы мүмкін (3.4б-сурет). 3.4а, б суреттерінде көрсетілген сұлбалардағы БПН үш фазалық түрде де орындалуы мүмкін.



3.4 сурет. Түзетуші қорек блоктарын қосу сұлбалары (а...в)

Тұрақтандырылған БПН (БПНС) қолданылған кезде қорек блоктарын қосу мәселелері едәуір оңайлай түседі. Мысалы, төменгі кернеу қосылыстары қорғанысының жедел тізбектерін қоректендіру үшін қуаттылығы шағын аралық станцияларда бір ғана БПНС орнатылуы мүмкін, ол ТН-ға жоғарғы кернеу жағынан жалғанады (3.4в-сурет). Егер барлық КЗ түрлерінде төменгі кернеу жағындағы жоғарғы кернеу жағының қалдық кернеуі БПНС-тың сенімді жұмысының кернеуінен үлкен болған жағдайда мүмкін болады.

Қорек блоктарының шығысындағы жедел кернеу ауытқулары аккумуляторлық батареядан гөрі, едәуір көбірек болады, әсіресе тұрақтандырылмаған БПН кезінде көрініс табады. Бұл ауытқулар әдетте КЗ кезінде, қорек блоктарына келтірілетін тоқ пен кернеу күрт өзгергенде орын алады. Феррорезонансты БПТ-да да, БПНС-та да қысқа мерзімді ауыспалы үдерістер болып тұрады, олар шығыс кернеуінің ауытқуларымен қоса жүреді. Электр-механикалық элементтік база негізіндегі қорғаныстар үшін бұның елеулі маңызы жоқ, алайда басқа элементтік базаларда жасалған құрылғыларды пайдалану барысында қысқа мерзімді асыра кернеулерге назар аударуға тура келеді.

Түзетуші блоктарды минималды кернеулі қорғаныс тізбектерін қоректендіру үшін пайдалануға болмайды, өйткені осы қорғаныс әрекет етіп тұрған кезде аралық станцияда тоқ пен кернеу болмауы мүмкін.

Түзетуші БПТ және БПН-нен қоректендірудің сенімділігі сәйкесінше тоқпен және кернеумен сипатталады, олардың мәндері блоктарға келетін жүктемеге

тәуелді болады және шығыс кернеуінің әртүрлі деңгейлеріне байланысты өндіруші зауытта белгіленеді.

Сондай-ақ түзетуші блоктардың санатына аралық станциялардың өзіндік мұқтаждықтары тізбектерінен қоректендірілетін ажыратқыштарды қосу үшін қауытты түзетуші қондырғыларды жатқызуға болады.

3.2. Реле қорғанысына қойылатын негізгі талаптар

Басты қорғаныс элементтерінің бірі ретінде электр жүйесінің (ЭС) бақыланатын (өлшенетін) параметрлерінің мәндеріне жауап қайтаратын өлшеу релесі болып табылады.

Қорғаныс құрылғысы жалпы жағдайда жеке өлшеу релелерінен және ЭС-де бұзылулар орын алған кезде қарастырылған функцияларды орындауға арналған логикалық элементтерден тұрады.

Реле қорғанысы электр жүйесінің элементтеріне орнатылатын автономды құрылғылар түрінде жасалады. РЗ құрылғылары КЗ-ға жауап қайтарады және қорғалатын элементтердің ажыратқыштары сөнгенде әрекет етеді.

Реле қорғанысы қорғалатын аймақтағы бұзылулар кезінде (ішкі бұзылулар жағдайында) іске қосылып, қорғалатын аймақтан тыс бұзылулар кезінде (сыртқы бұзылулар жағдайында), сондай-ақ бұзылулар болмағанжа іске қосылмауы тиіс.

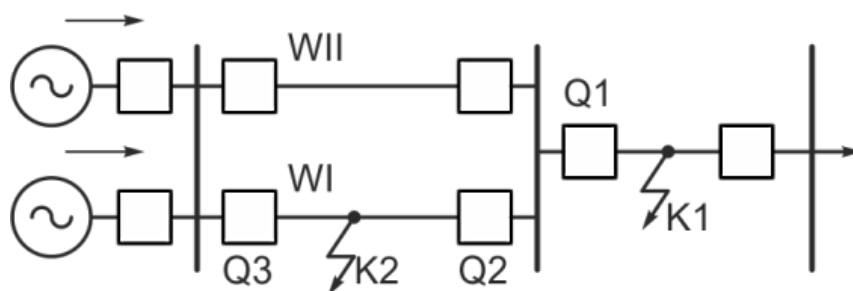
Қорғанысты пайдалану барысында аталмыш функциялардың бұзылулары (мысалға, жекелеген қорғаныс релелерінің іске қосылу қателіктеріне байланысты, оның элементтерінің істен шығуы салдарынан), яғни *қызмет етуден бас тартулар* болуы мүмкін. Бас тартулардың мүмкін боларлық түрлері: талап етілетін іске қосылу кезіндегі іске қосылудан бас тарту, іске қосылмаудың талап ететін бұзылулар кезіндегі іске қосылулар және электр жүйесіндегі бұзылулар жоқ болғандағы жалған іске қосылулар.

Қорғаныстың жеткілікті дәрежеде толыққанды қызмет етуі оның кейбір жалпы қасиеттеріне: селективтілік, қызмет ету тұрақтылығы мен қызмет ету сенімділігіне қойылатын белгілі бір талаптарды орындау кезінде қамтамасыз етіледі. Бірінші мен екінші қасиеттердің жиынтығы қорғаныстың техникалық жетістігін анықтайды.

3.1-кестеде КЗ-дан реле қорғанысына қатысты бұрын аталған талаптар келтіріледі.

ҚТ-дан релелік қорғауға қойылатын талаптар 3.1-кесте

Қорғаныстың жалпы қасиеттері	Қорғаныс функцияларының түріне қарай қасиеттерге қойылатын талаптар		
	Ішкі КЗ кезінде іске қосылу	Сыртқы КЗ кезінде іске қосылмау	КЗ жоқ кезде іске қосылмау
Селективтілік	Ішкі КЗ кезінде іске қосылудың селективтілігі, қорғау қабілеті, іске қосылудың шапшаңдығы	Сыртқы КЗ кезінде іске қосылмаудың селективтілігі	КЗ жоқ кезде іске қосылудың селективтілігі
Қызмет ету тұрақтылығы	Іске қосылудың тұрақтылығы, КЗ-ға сезімталдық, іске қосылу шапшаңдығының тұрақтылығы	Сыртқы КЗ кезінде іске қосылмаудың тұрақтылығы (сыртқы КЗ кезіндегі шеттетілу)	КЗ жоқ кезде іске қосылудың тұрақтылығы (КЗ жоқ кездегі шеттетілу)
Қызмет ету сенімділігі	Ішкі КЗ кезінде іске қосылудың сенімділігі	Сыртқы КЗ кезінде іске қосылмаудың сенімділігі	КЗ жоқ кезде іске қосылмаудың сенімділігі



3.5 сурет. Желідегі КЗ кезінде бұзылған учаскені селективті түрде сөндіру

Селективтілік. КЗ-дан қорғаудың селективтілігі (әрекетті таңдап орындау) КЗ кезінде ажыратқыштардың көмегімен жүйенің тек бұзылған элементінің сөндірілуі қамтамасыз етілуімен ерекшеленеді. Мәселен, КЗ кезінде К1 нүктесінде (3.5-сурет) қорғаныс Q1 ажыратқышымен бұзылған желіні, яғни бұзылу орнына ең жақын орналасқан ажыратқышпен сөндіреді. Бұл ретте бұзылған желіден қоректендірілген тұтынушылардан басқа, барлық тұтынушылар жұмыс істей береді. КЗ кезінде К2 нүктесінде WI бұзылған желісі сөндіріліп, WII желісі жұмыс істей береді.

Селективтілік ажыратқыштардың істен шығуы немесе іргелес бұзылған элементтердің қорғаныстары істемей қалған жағдайларда резервтік қорғаныстардың іске қосылу мүмкіндігін жоққа шығармайды.

Ішкі КЗ кезінде қорғаныс құрылғысының іске қосылу селективтілігі оның қорғау қабілетімен және іске қосылу шапшаңдығымен сипатталады.

Қорғау қабілеті. Бұл барлық ескерілетін бұзылулар түрлерінде және қалыптас тыс режимдер кезінде бүкіл элементті қорғау қасиеті (қабілеті).

Қорғаныстың іске қосылу шапшаңдығы. Ол кернеу төмендеуінің тұтынушылардың жұмысына әсер етуін азайту үшін аса қажет. Соның арқасында бұзылған элементтің бұзылу ауқымы азаяды, автоматты қайта қосылу (АПВ) және автоматты резервті қосу (АВР) құрылғыларының әрекет ету тиімділігі артады.

Қорғаныстың іске қосылу шапшаңдығы электр жүйесі мен тұтынушылардың тұрақтылығын сақтаумен байланысты болады. Мәселен, қазіргі заманғы электр жүйелерінде тұрақтылықты сақтау үшін КЗ кезінде сөндіруге аз уақыт керек: кернеуі 300...500 кВ электр желілерінде бұзылған учаскені бұзылу орын алған соң 0,10...0,12 с ішінде сөндіру қажет; кернеуі 110 не 220 кВ желілерде – 0,15...0,30 с ішінде; кернеуі 6 не 10 кВ бөліп тарату желілерінде – 1,5...3,0 с ішінде сөндіру қажет. Аалайда әрбір нақты жағдайда бұл уақыт өзгеше болуы мүмкін. егер шиналардағы қалдық кернеуі номиналды кернеудің 60%-нан аз болса, онда тұрақтылықты сақтау үшін тез әрекет ететін қорғанысты қолданған жөн.

Бұзылған учаскенің толық сөндіру уақыты $t_{откл}$ қорғаныстың іске қосылу уақыты $t_{с.з}$ мен ажыратқышты сөндіру уақытынан $t_{о.в}$ шығады, яғни $t_{откл} = t_{с.з} + t_{о.в}$.

Жабдықты тез сөндіру әрқашан қажет болмайды, сондықтан сөндіру уақыты әрбір нақты жағдайда ахуал қаншалықты қауіпті болуына байланысты.

Селективтілік талабы тұтынушыларды сенімді түрде қоректендіруді қамтамасыз етудің басты шарты болып табылады. Қорғаныстың селективті емес әрекеті апатқа әкелуі мүмкін, бірақ кейбір жағдайларда, егер апатты жағдайлар орын алмаса, мұндай әрекетке жол беріледі.

Қызмет ету тұрақтылығы. Бұл КЗ-дан қорғау қасиеті сыртқы КЗ кезінде және КЗ жоқ режимдерде іске қосылмаудың тұрақтылығымен (шеттетілу) және қорғалатын аймақтағы КЗ кезінде іске қосылудың тұрақтылығымен (сезімталдықпен) сипатталады.

Сезімталдық. Бұл реле қорғанысының қорғалатын жүйедегі мүмкін боларлық бұзуларға жауап қайтару және бұзылған учаскені тез сөндіріп, желі элементтерінің сөндірілген де, қалған да бөліктерінің жұмыс қабілеттіліктерін сақтап қалу қасиеті.

Реле қорғанысының әрекет ету аймағында КЗ орын алған кезінде оның сезімталдығы жеткілікті болуы тиіс.

Реле қорғанысының сезімталдығы аталған қорғаныс жауап қайтаратын параметрдің (тоқтың, кернеудің және т.б.) минималды мәнімен анықталады.

Қорғаныс сезімталдығын сезімталдық коэффициентімен k_q сипаттайды. КЗ-ға жауап қайтаратын қорғаныстар үшін,

$$k_q = I_{k \min} / I_{с.з}, \quad (3.1)$$

мұнда $I_{k \min}$ – КЗ минималды тоғы; $I_{с.з}$ – қорғаныс әрекет ете бастайтын ең аз ток, яғни қорғанысты іске қосу тоғы.

Іске кірісу шапшаңдығының тұрақтылығы ішкі КЗ кезінде қорғаныстың іске қосылу уақытының тұрақтылығымен сипатталады (негізінен уақыт өткізбей жұмыс істейтін қорғаныстарға қатысты болады).

Қызмет ету сенімділігі. *Сенімділік* ретінде берілген функцияларды берілген техникалық жетістікпен орындау қасиеті айтылады.

Сенімділік талабы қорғаныс КЗ кезінде оған белгіленген аймақ шегінде іске қосылуы тиіс екендігін және оның жұмысы қарастырылмайтын режимдерде іске қосылмауы тиіс екендігіні көздейді.

Қорғаныс сенімділігі сұлбаның қарапайымдылығымен, ондағы реле санын азайтумен, пайдаланылатын конструкциялардың қарапайымдылығымен, реленің, монтажды материалдардың, монтаждауың өзінің және байланыс

қосылыстарының жоғары сапасымен, сондай-ақ пайдалану барысында қорғаныс құрылғыларына дұрыс техникалық қызмет көрсетумен қамтамасыз етіледі.

Бақылау сұрақтары

1. Реле қорғанысында қолданылатын жедел ток түрлері қандай?
2. Айнымалы жедел ток көздерін атаңыз.
3. Реле қорғанысына қойылатын талаптар қандай?
4. Реле қорғанысында орын алуы мүмкін бас тартулардың түрлері қандай?
5. Реле қорғанысына қатысты селективтілік талабы дегеніміз не?
6. Реле қорғанысының сезімталдығы дегеніміз не?

4 тарау

ЖОҒАРЫ ТОКТЫҚ ҚОРҒАНЫС ЖӘНЕ ТОКТЫҚ АЖЫРАТУЛАР

4.1. Жоғары тоқтық қорғаныс

4.1.1. ЖТҚ іс қимыл және таңдап алу қағидаты

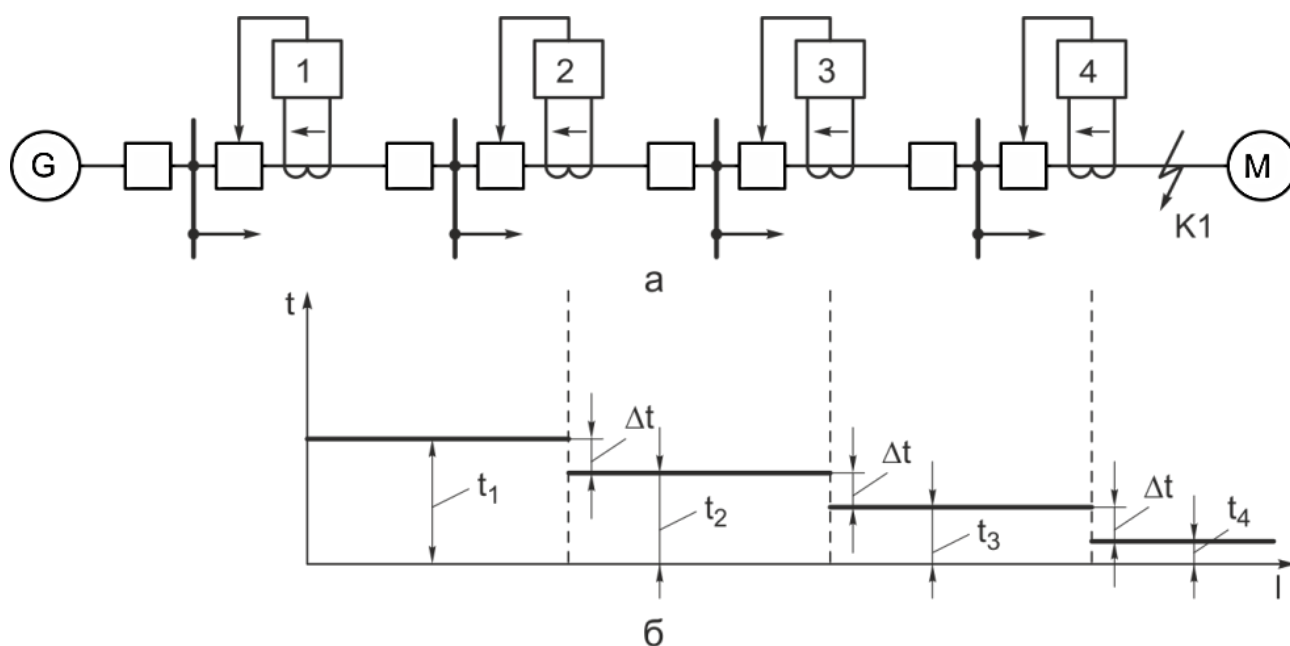
Токтық релелік қорғанысы белгілі бір мәннен тыс фазалардағы (мысалы, желілердегі) токты ұлғайтқан кезде қолданысқа келеді. Токтың өсуіне әсер ететін реле ретінде жоғары тоқтық релелер пайдаланылады.

Токтық релелік қорғаныс жоғары тоқтық (ЖТҚ) және тоқтық ажыратулар (ТА) деп бөлінеді. Олардың арасындағы негізгі айырмашылық талғамдылықты қамтамасыз ету тәсілі болып табылады. ЖТҚ әрекет ету талғамдылығы уақытты кешіктіру көмегімен, ал ТА – іске қосылу тогының тиісті таңдауымен қол жеткізіледі.

Жоғары тоқтық қорғаныс біржақты қоректендіру бар желілерге арналған негізгі қорғаныс болып табылады. Оларды қоректендіру көзі жағынан әр желінің басына орнатады.

Біржақты қоректендіруі бар радиалды желіде қорғаныс әр желіге орнатылады. Қоректендіру көзінен барынша қашықтатылған қорғаныста іске қосылудың аз тогы және ең аз кешігу уақыты бар. Әрбір кейінгі желінің қорғанысы алдыңғы қорғанысқа қарағанда көбірек кешігу уақыты болады.

ҚТ кезінде, мысалы *K1* нүктесінде (4.1-сурет, а) ҚТ тогы *G* қоректендіру көзі мен зақымдалу орнының арасында орналасқан учаскенің барлық желілері арқылы өтеді, соның нәтижесінде 1-4 барлық қорғаныс қолданысқа түседі. Алайда талғамдылық талабы бойынша өшіруде іске қосу зақымдалған желіге орнатылған тек 4-қорғаныста болуы тиіс. Көрсетілген талғамдылықты қамтамасыз ету үшін жоғары қорғаныстар 4.1, б суретте көрсетілген қоректендіру көзіне *M* тұтынушыдан артып келе жатқан кешігу уақытымен орындалады. Осы қағидатты сақтаған кезде ҚТ жағдайында желінің *K1* нүктесіне басқалардан бұрын қорғаныс іске қосылады 4 және зақымдалған желіні өшіруді жүргізеді. 1, 2 және 3 қорғаныстар өшіруге әрекет етіп үлгермей, бастапқы жағдайға қайта оралады.



4.1 сурет. Біржақты қоректендіруі бар
радиалды желідегі жоғары тоқтық қорғаныстар:

a — қорғаныстарды орналастыру 1 — 4; *б* — сатылы қағидат бойынша таңдап алынған қорғаныстардың кешігу уақыты

Кешігу уақытының қарастырылып отырған қағидаты *сатылы* деп аталады.

Жоғары ток қорғаныстары үш және екі фазалық схемалар арқылы орындалады. Жанама әрекет етудің ЖТҚ жедел тізбектерінің қоректендіру тәсілі бойынша ЖТҚ-да тұрақты және ауыспалы жедел токқа бөлінеді. Токтан әрекет ету уақытына байланысты сипаты бойынша тәуелді және тәуелсіз сипаттамаларымен ЖТҚ ажыратады.

ЖТҚ іске қосылу параметрлері ток $I_{с.з}$ және уақыт $t_{с.з}$ қорғаныстың іске қосылуы болып табылады.

4.1.2. Іске қосылу тогын таңдау

ЖТҚ қорғалатын учаскеде зақымдалу кезінде сенімді жұмыс істеуге тиіс, сонымен бір уақытта ол жүктеменің жоғары жұмыс тогы $I_{нmax}$ және электр қозғалтқыштарын іске қосу және өздігінен іске қосумен туындаған уақытша қысқа шамадан тыс жүк кезінде қолданылмауы тиіс. Өздігінен іске қосу кезінде жиынтық ток $I_{нmax}$ орнатылған режим жүктемесінің жиынтық жоғары жұмыс тогынан асуы мүмкін.

Электр қозғалтқыштарын өздігінен іске қосуға байланысты жүктеме тогының ұлғаюы ток $I_{рmax}$ қанша рет өсетінін көрсететін $k_{сзп}$ өздігінен іске қосудың коэффициентімен бағалайды.

I_{Hmax} тогы бойынша ЖТҚ тағайындамасы үшін екі талапты орындау қажет:

$$1) I_B \geq k_{отс} I_{Hmax} = k_{отс} k_{сэп} I_{pmax}$$

мұнда I_B — ЖТҚ қайтару тогы (жоғары ток релесі); $k_{отс}$ — I_B токтың мәнін анықтаудағы ықтимал қателікті ескеретін (РТ-40, РТ-80 реле және статистикалық реле $k_{отс}$ үшін 1,1... 1,2 тең қабылданады) тағайындама коэффициенті.

$I_{с.э}$ қатынасты ескере отырып $I_{с.э}$ қайтару коэффициентін білдіреді, бірінші талапты түрінде жазуға болады

$$I_{с.э} \geq k_{отс} / k_B k_{сэп} I_{pmax} \quad (4.1)$$

$k_{сэп}$ қозғалыс жүктемесі көп болған кезде 3...6 тең қабылдайды; шағын қозғалыс жүктемесі кезінде — 1,5...2,0;

$$2) I_{с.д} > I_{Hmax}.$$

I_{Hmax} ең көп мәні әдетте мынадай авариялықтан кейінгі режимдерде бар:

- параллель желілердің бірін өшірген кезде (қалғанына жүктемесе еселене түседі);

- оған жүктеме қосылған желінің зақымдалуына байланысты өшірілген сәтті қосу кезінде (АҚҚ қолдана немесе қолмен);

- қосымша жүктеме АВР әсерімен жұмыс істеп тұрған желіге қосылған кезде. Секциялық ажыратқышты қосқан АВР құрылғысымен қосқанда желіні өшірген кездегі бірінші желіге қуатты толтыруды ескеру қажет.

Реленің іске қосылу тогы $I_{ср}$ $k_{ТТ}$ тогы трансформаторларын трансформациялау коэффициентін және релені қосу схемасын ескере отырып анықталады:

$$I_{ср} = \frac{k_{сх} I_{сэ}}{k_{ТТ}} \quad (4.2)$$

мұнда $k_{сх}$ — ТТ қорғанысының қайталама тогына желі жұмысының симметриялық режимі кезінде қорғаныстың тоқтық релесінен өтетін ток қатынасына тең схеманың коэффициенті.

«Жұлдызға» біріктіру схемасы үшін (толық немесе толық емес) $k_{сх} = 1$, екі фаза токтарының әртүрлілігіне релені қосатын схема үшін $k_{сх} = \sqrt{3}$.

Өрнектен көріп отырғандай (4.1), $I_{с.э}$ мәні k_B және I_{pmax} байланысты. Іске қосу тогы k_B қайта пропорционалды, сондықтан $I_{с.э}$ азайту үшін қайтарудың жоғары коэффициенті бар (шамамен 0,85 және одан жоғары) тоқтық релені қолдануға тырысады.

Жүктеме тогы арқылы қорғаныстың сенімді тағайындалуына арналған елеулі мәннің I_{Hmax} шамасының дұрыс бағалауы бар. Анықтап ток жүктемесінің жоғары мәнін анықтап, әдетте желінің қалыпты схемасының

бұзылу нәтижесінде пайда болған жүктеменің нақты ықтимал ұлғайтуды ескеру керек.

Осылайша, жоғары тоқтық қорғанысты іске қосу тогы, яғни желінің фазаларындағы төменгі ток қорғаныс кезінде іске қосылады, учаскені өшіргеннен кейін қорғанысты қайтару қажеттілігін ескеріп, қорғалатын желінің жоғары жұмыс тогынан көбірек таңдап алынады, мұнда осы учаскені қорғаумен ҚТ болды.

Жүктеме тогы арқылы тағайындама талабын негізге ала отырып таңдалған іске қосу тогы қорғаныстың сезімталдық шарты бойынша тексереді. Тексеруді қорғалатын аймақтың соңындағы зақымдану кезінде токтың төмен мәні I_{Rmin} бойынша жүргізеді. Жоғары тоқтық қорғаныстың әрекет ету аймағы қорғалатын желіні қамтуы және келесі учаскенің қорғалуын резервке алуды қамтамасыз етуі тиіс. ЖТҚ сезімталдығы k_q [(3.1) формуланы қараңыз] сезімталдық коэффициентімен бағаланады.

Қорғалатын желі үшін $k_q > 1,5$ қолжетімді болып саналады; резервке алынатын учаскеде ҚТ кезінде $k_q > 1,2$ жол беріледі.

Әдетте, фазааралық зақымданудан қорғау үшін ҚТ сезімталдық бойынша есептеу түрі екі фазалық ҚТ болып табылады.

4.1.3. Кешігу уақытын таңдау

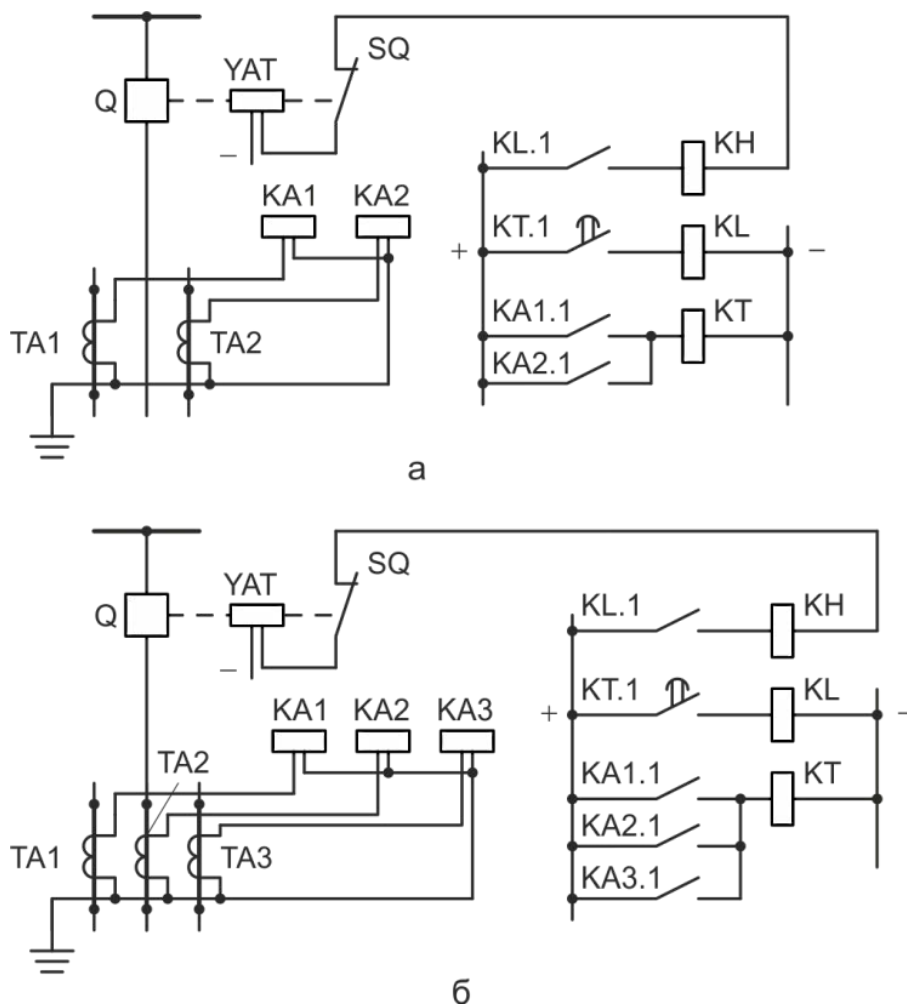
Талғамдылығын қамтамасыз ету үшін ЖТҚ кешігу уақыты сатылы қағидат бойынша таңдалады (4.1,б сурет).

Екі аралас учаскенің ЖТҚ қолданылу уақыты арасындағы айырмашылық Δt талғамдылық дәрежесі деп аталады. Егер алдыңғы учаскенің кешігу уақыты t_1 тең болса, онда кейінгі учаскенің кешігу уақыты (қоректендіру көзі қарай бағыттап) $t_2 = t_1 + \Delta t$ болуға тиіс. Уақыт релесінің іске қосылу қателігін ескере отырып $t_2 = t_1 + \Delta t + I_{зап}$, мұнда $I_{зап}$ — қор уақыты.

Тәуелсіз сипаттамасы бар ЖТҚ кезінде пайдалануға қолданылатын талғамдылық дәрежесінің реле мен ажыратқыштары (кешігу уақытымен) 0,2... 0,6 с шегінде, ал тәуелді сипаттамасы бар ЖТҚ кезінде — 0,6.1,0 с ауытқиды. Көбінесе талғамдылық дәрежесін 0,5 с тең қабылдайды.

4.1.4. ЖТҚ схемалары

4.2, а суретте тәуелсіз кешігу уақытымен екі фазалы екі релелі жоғары тоқтық қорғаныстың қағидатты схемасы көрсетілген. Осы схема бойынша орындалған қорғанысты оқшауланған бейтараптамасымен, сондай-ақ ДГР арқылы жерге қосылған бейтараптамасымен желілерде кеңінен пайдаланады.

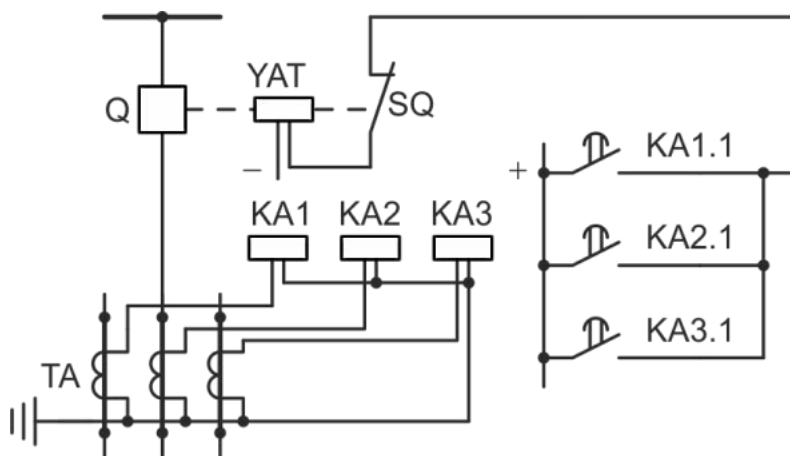


4.2 сурет. Тәуелсіз кешігу уақыты бар екі фазалы екі релелі (а) және үш фазалы үш релелі (б) жоғары тоқтық қорғаныстардың қағидатты схемалары

4.2, б суретте үш фазалы үш релелі схема берілген. Осы схема арқылы орындалған қорғаныс фазалар және бір немесе екі фазаның жерге тұйықталуы арасындағы ҚТ барлық түрлері кезінде қолданылады. Оны тікелей жерге қосылған бейтараптамасы бар желілерде қолданады.

4.3-суретте тәуелді уақыттың кешігуімен үш фазалы үш релелі ЖТҚ схемасы көрсетілген. Үш фазалы схемалар жабдықтардың және жалғағыш сымдардың көп болуына байланысты екі фазалықтан қымбатырақ. Бұдан басқа, көп жағдайда екі фазалық қорғаныспен салыстырғанда үш фазалық қорғаныс - жерге қос тұйықталған кезде таңдалмай жұмыс істейді.

ЖТҚ сезімталдығын арттыру үшін кернеу арқылы бұғаттаумен (іске қосумен) толтырылады, соның арқасында қорғаныс ҚТ кезінде ғана әрекет етеді және жоғары жүктеме режимінде және электр қозғалтқышты өздігінен іске қосқан кезде жұмыс істемейді. Мұндай қорғаныстың кернеуді өлшеу органы (КӨО) төменгі кернеулі реленің көмегімен орындалады және тоқты өлшеу органының (ТӨО) тоқтық релесімен бірлесіп істейді



4.3 сурет. Тәуелді кешігу уақыты бар үш фазалы үш релелі жоғары тоқтық қорғаныстың қағидатты схемасы

ҚТ кезінде ток артқанда және кернеу күрт азайғанда өлшеу органының екеуі де (КӨО мен ТӨО) іске қосылады және ЖТҚ берілген кешігу уақытымен желіні ажыратуға әрекет етеді.

Ток артқандағы жүктеме кезінде кернеу біршама өзгереді, тек тоқтық реле қолданысқа түседі, КӨО ЖТҚ-ны бұғаттайды, өйткені реле кернеуі жұмыс істемейді. Шамадан тыс жүк кезінде КӨО қолданылмауы аз кернеудегі реленің іске қосылуының тиісті тағайындамасын таңдап қамтамасыз етіледі. Тағайындама $U_{\min}$ төменгі жұмыс кернеуі кезінде реле іске қосылмайтындай болуы тиіс. Сондықтан тоқтық релені $I_{\text{н max}}$ емес, ал қалыпты режимдегі жүктеме тогы арқылы жөндейді

$$I_{\text{с.э}} = k_{\text{отс}}/k_{\text{п}} I_{\text{р норм}} \quad (4.3)$$

(4.1) мен (4.3) өрнектерін салыстыру кернеу бойынша бұғаттаумен ЖТҚ сезімталдығы кернеу бойынша бұғаттаусыз ЖТҚ сезімталдығынан жоғары деп тұжырым жасауға мүмкіндік береді.

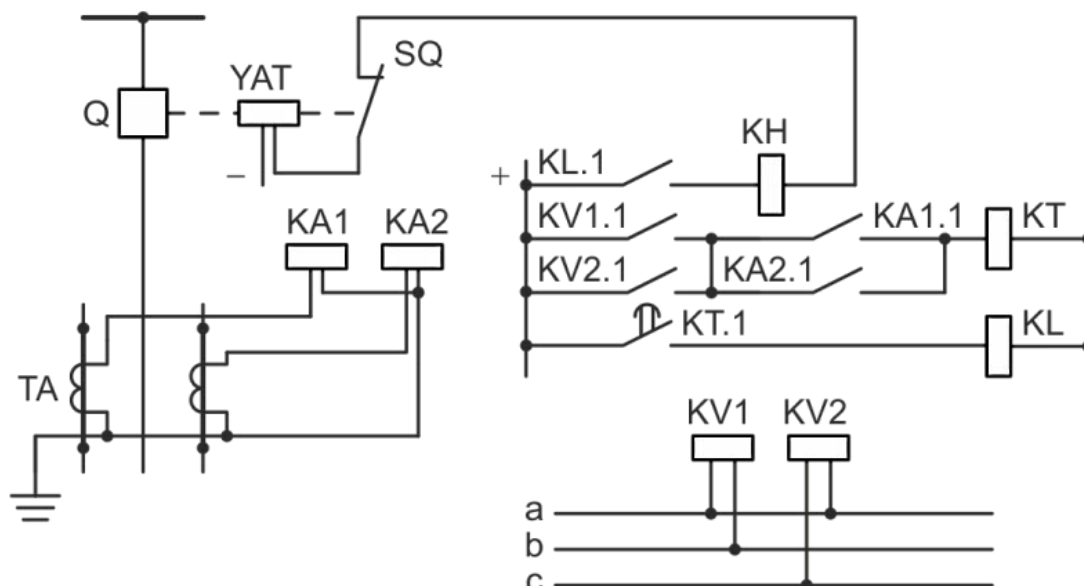
КӨО іске қосу тағайындамасы мына формула арқылы анықталады

$$U_{\text{с.э}} = U_{\text{pmin}}/k_{\text{отс}}k_{\text{в}}$$

Бұл ретте реленің іске қосылу кернеуі

$$U_{\text{с.р}} = U_{\text{pmin}}/k_{\text{отс}}k_{\text{тн}}$$

мұнда $U_{\text{рmin}}$ — қозғалтқыштарды өздігінен іске қосқан кездегі қалдық кернеу; $k_{\text{отс}} = 1,1 \dots 1,2$; $k_{\text{в}} = 1,1 \dots 1,25$; $k_{\text{тн}}$ — трансформациялау коэффициенті ТН.



4.4 сурет. Ең аз кернеуі арқылы бұғаттаумен екі фазалық жоғары тоқтық қорғаныстың қағидаттық схемасы

ҚТ кезінде КӨО сезімталдығы $k_q = U_{с.э}/U_{кmax}$ коэффициентімен анықталады, мұнда U_{Rmax} — ЖТҚ резервке алынатын учаскесінің соңындағы ҚТ кезінде қалдық кернеудің жоғары мәні. Бұл ретте $k_q > 1,2$ қол жеткіземіз.

4.4-суретте ең аз кернеулі реленің көмегімен кернеу бойынша бұғаттаумен екі фазалы ЖТҚ қағидатты схемасы көрсетілген. Осы схеманы қолдану кейбір жағдайларда желінің ЖТҚ іске қосу тоғын таңдау I_{pmax} қағанда көбірек қорғанысты күшті қаттылауға, яғни үлкен ток кезінде қорғаныстың іске қосылуына алып келеді. Төменгі кернеудегі реленің көмегімен бұғаттауы бар жоғары тоқтық қорғаныс қысқа желілерде және орташа ұзындықтағы желілерде қолданылады, өйткені ұзын желілерде оның сезімталдығы жеткіліксіз болып көрінеді.

4.1.5. Сезімталдығы бойынша қорғаныстарды келісу

Сезімталдығы бойынша қорғаныстарды келісу қағидаты қоректендіру көзіне жақын орналасқан қорғаныс қоректендіру көзінен алыс орналасқан қорғанысқа қарағанда, сезімталдығы азырақ болуын қажет етеді. Сезімталдық бойынша қорғаныстарды келіскен кезде жүктеме токтары мен алыс нүктелердегі ҚТ токтары алгебралық түрде қалыптастырылады. Сондықтан сезімталдық бойынша келісу талабы кейінгі ЖТҚ үшін мынадай түрде беріледі

$$I_{с.э} \geq k_{н.с}/k_p [(nI_{с.э \text{ пред}}) \max \sum_{1}^{N-n} I_{p \text{ max}} (Nn)]$$

**Желілердің жоғары ток қорғаныстарын есептеуге k_{nc}
ұсынылатын мәндері**

Реленің типі	Желінің кернеуі кезінде k_{nc} мәні, кВ	
	110 және жоғары	6, 10, 20, 35
РТ-40	1,1 ...1,2	1,25
РТ-80, РТ-90	—	1,3 ...1,4
РТВ	—	1,5

мұнда k_{nc} — шамасы реле мен ТТ жұмысының дәлдігіне, релені ретке келтіру дәлдігіне және т.с.с. байланысты келісу сенімділігінің коэффициенті (4.1-кестеден алынады); k_p — қоректендірудің бірнеше көзі болған кезде ескерілетін ток үлестіру коэффициенті (қоректендірудің бір көзі кезінде $k_p = 1$); $(nI_{с.э\ пред})_{max}$ — өндірулердің көп саны *элементтері* (алдыңғы) және олардың қорғаныстарының іске қосылу тоғымен қоса жұмыс істейтін;

$$\sum_1^{N-n} I_{p\ max}$$

қорғаныстары келісуді жүргізетіндерді қоспағанда, кіші станциялардың - барлық алдыңғы элементтерінің жоғары жұмыс токтарының геометриялық қосындысы; бірқалыпты жүктеме кезінде жүктеме тогының арифметикалық қосылуы қолжетімді.

Көптеген қиындықтар әртүрлі сипаттамалары бар ЖТҚ, сақтандырғыштары бар ЖТҚ арасында өзара келісу туындайды, сондай-ақ кернеуді реттеудің үлкен диапазондары бар элементтерімен және трансформаторларымен қоса жұмыс істейтін желілерде қорғаныс құрылғыларын келісу.

4.1.6. ЖТҚ бағалау

Жоғары тоқтық қорғаныс 35 кВ дейін кернеумен радиалды желілерде кеңінен қолданысқа ие болды. Қорғаныс сенімді, өйткені орындалуы және пайдаланылуы бойынша қарапайым. Қорғаныстың талғамдылығы бір қоректендіру көзі бар радиалды желіде ғана қамтамасыз етіледі.

Тез жұмыс істемейтін қорғаныс кешігу уақыты көп желінің бас - учаскелерінің қорғанысы бар, учаскені тез өшіру үшін мұнда ҚТ болды, әсіресе электр энергиясын тұтынушыларды жабдықтау сенімділігі тұрғысынан алғанда, маңызды.

Кейбір жағдайларда төменгі пайдалану режимдеріндегі қоректендіру көзінің қуатын біршама азайтқан кезде қорғаныстың сезімталдығы жеткіліксіз көрсетілуі мүмкін, әсіресе, желінің көршілес учаскелерінде ҚТ кезінде, қарастырылып отырған қорғаныс резервтік ретінде әрекет етуі тиіс.

4.2. Токтық ажырату

4.2.1. ТА тағайындау және әрекет ету қағидаты

Жоғары тоқтық қорғаның негізгі кемшілігі салыстырмалы түрде уақыттың көп кешігуінің бар екендігі болып табылады. Сондықтан жоғары тоқтық қорғанысты егер бұл тез әрекет ететін тоқтық қорғаныспен - тоқтық ажыратумен бірге мүмкін болса, пайдаланады.

Токтық ажырату ҚТ болған учаскенің тез өшірілуін қамтамасыз ететін ЖТҚ әртүрлілігі болып табылады. Сәттік әрекеттегі ТА және кешігу уақыты бар ТА айырады.

ТА талғамдылығы оның іске қосылу токтарын тиісінше таңдай отырып қамтамасыз етіледі. ТА өзінің әрекет ету аймағынан тыс жерлерде ҚТ кезінде, сондай-ақ желінің аралас учаскелерінде жұмыс істемейді, олардың қорғанысы ажыратудың кешігу уақытына қарағанда, тең немесе үлкен кешігу уақыты бар. Сондықтан ажыратудың іске қосу тогы $I_{с.з}$ учаскенің шетіндегі зақымдану кезінде ажыратудың тоқтық релесі арқылы өтетін ҚТ жоғары тогынан көп болуы тиіс (мысалы, 4.5-суреттегі *ЛМ* учаскесі), одан тыс жерлерде ол жұмыс істемеуі тиіс: $I_{с.з} > I_{КМ}$.

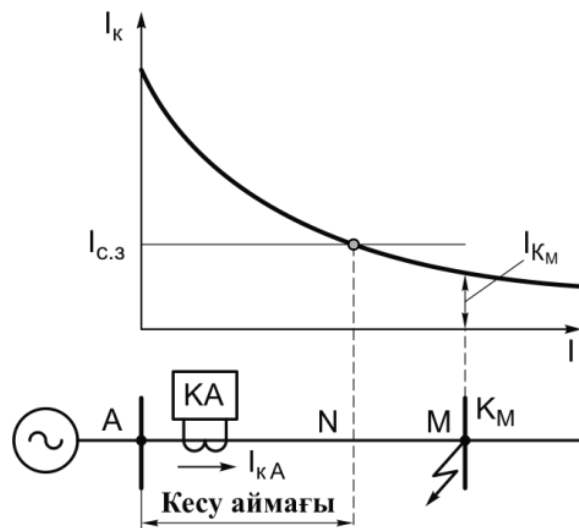
Әрекет ету аймағының осындай шектеу тәсілі ҚТ 1_k ҚТ тогы көз бен зақымдану орны арасындағы қашықтыққа байланысты (4.5-суреттегі кестені қараңыз).

ҚТ тогы желінің қарастырылып отырған учаскесінің қандай да болмасын нүктесінде екендігі мәлім

$$I_k = \frac{E_c}{X_{эс}} + X_{лк} = E_c / X_{эс} + x_{л} I_k \quad (4.4)$$

мұнда E_c — энергия жүйесінің генераторларының барабар ЭДС; $X_{эс}$, $X_{л.к}$ — энергия жүйесінің және ҚТ нүктесіне дейін желі учаскесінің кедергісі (қарапайымдылыққа арналған белсенді құрамдауыш кедергі ескерілмейді); $x_{л}$ — желінің шекті кедергісі, Ом/км; 1_k — оның басынан ҚТ нүктесіне дейін қорғалатын желінің ұзындығы.

(4.4) өрнектен қоректендіру көзінен (немесе қорғаныстың орналасу орнынан) ҚТ нүктесін алып тастаған кезде кедергі болады



4.5 сурет. Токтық ажырату әрекетінің қағидатын түсіндіретін схема

$X_{л\kappa}$ өсіп келеді ($X_{л\kappa} \sim I_{\kappa}$), бірақ ҚТ тогы тиісінше 4.5-суретте көрсетілгендей, азаюда.

Талғамдылық талаптары бойынша сәттік ТА әрекет ету аймағы қорғалатын желінің шегінен шықпауы тиіс. Кешігу уақытымен жұмыс істейтін ТА әрекет ету аймағы қорғалатын желіден тыс жерлерге шығады және талғамдылық талабы бойынша оны ток пен уақыт бойынша аралас учаскенің қорғаныс аймағының шетінен салу керек.

Токтық ажыратулар біржақты қоректендірумен радиалды желі ретінде де, екіжақты қоректендіруі бар желі ретінде де қолданылады.

Оның тізбегін қоректендіретін ток трансформаторының ажыратудың әрекет етуінің есептеу аймағын қамтамасыз ету үшін ажыратудың іске қосу тогы кезінде жұмыс істеуі тиіс (яғни 10 % аспайтын қателігімен $I_p = I_{c3}$ кезінде).

4.2.2. Біржақты желілерде лездік ТА қоректендіруі

Қорғалатын желінің шетіндегі ҚТ кезінде лездік ТА іске қосылу тогы, яғни M нүктесінде (4.5-суретті қараңыз),

$$I_{c3} = k_{отс} I_{KM\max} \quad (4.5)$$

мұнда $k_{отс}$ — тағайындама коэффициенті $I_{KM\max}$ — кіші станцияның шиналарында ҚТ кезінде желінің фазасындағы ҚТ жоғары тогы (M нүктесінде 4.5-суретте).

ҚТ тогы $I_{K\max}$ ол артық болған кезде, режимдер мен зақымдалулар үшін есептеледі. ТА әрекет етуінің өз уақыты 0,01... 0,02 с құрайтындықтан, ҚТ тогы $t = 0$ уақыт аралығы үшін есептеледі және мерзімді құрайтын қолданыстағы мәнге тең қабылданады.

Егер ТА қолданылу уақыты 0,02 с аспаса, онда бұл жағдайда ҚТ тоғын құрайтын мерзімі ескеріледі, яғни $I_{KM \max} \cdot k_a = 1,6 \dots 1,8$ коэффициентіне көбейтеді.

РТ-40 мен РТ-90 тоқтық релесі бар ТА үшін реленің іске қосылуының үлкен қателігіне байланысты $k_a = 1,5$ қабылдайды.

Желілерде, қоректендірілетін кіші станцияларда (4.5.) талабын орындау ғана емес, сонымен бірге осы кіші станцияларда белгіленген трансформаторлардың магниттеу тогының жиынтық лақтыру бойынша ТА тағайындау қажет, яғни

$$I_{c3} \geq (3 \dots 5) \sum I_{\text{тном}} \quad (4.6)$$

мұнда $\sum I_{\text{тном}}$ — кіші станцияға трансформаторлардың жиынтық номиналды-тогы.

ТА түпкілікті іске қосылу тогы (4.5) және (4.6) формулалар бойынша белгіленген мәндердің үлкеніне тең деп қабылдайды.

Реленің іске қосылу тогы мына формула бойынша анықтайды (4.2.)

ТА әрекет ету аймағы әдетте 4.5-суретте көрсетілгендей, графикалық болады, алайда оны мына формула бойынша анықтауға да болады

$$x_{\text{отв}} \% = 100 / X_{\text{л}} \left(\frac{E_c}{I_{c3}} - X_{\text{эс}} \right)$$

мұнда $x_{\text{отс}} \%$ — қорғалатын желінің кедергісінен пайызбен көрсетілген ТА қолданылу аймағы; $X_{\text{л}}$ — қорғалатын желінің кедергісі; I_{c3} — (4.5) пен (4.6) талаптары бойынша таңдап алынған ТА іске қосылу тогы; $X_{\text{эс}}$ — энергия жүйесінің кедергісі.

Электр қондырғыларын орнату (ЭҚО) қағидаларына сәйкес егер оның әрекет ету аймағы қорғалатын желінің кемінде 20% қамтыса, ТА қолдану ұсынылады. Оны резервтік ретінде әрекет етудің аз аймағында да қолданады.

Лездік ТА қолданылу уақыты тоқтық және аралық реленің іске қосу уақытына байланысты жасалады. Ажыратудан 0,02 с өзіндік қолдану уақытымен аралық реле кезінде уақыт ішінде $t_{c3} = 0,04 \dots 0,06$ с іске қосылады. Осындай қолданылу уақыты бар аралық реленің болуы ҚТ тоғын мерзімді құрамдас бөлігін ескермеуге мүмкіндік береді, өйткені соңғысы 0,02...0,03 с ішінде сөніп қалады.

Аралық релені 0,06...0,08 с әрекет ету уақытымен қолдану электр тоғын ажыратушылардың жұмыс уақыты бойынша ТА тағайындауға мүмкіндік береді, ол шамамен 0,01...0,02 с құрайды.

Өз желісінің шегінен тыс қолданылатын лездік ТА *талғамдылық емес деп*

атайды. Мұндай ажыратулар оның кез келген нүктесінде ҚТ кезінде барлық қорғалатын желіні тез өшіру үшін қолданылады. Желіден тыс ҚТ кезінде ТА талғамдық емес әрекеті өшірілген желіні қосатын АПВ көмегімен түзетіледі.

4.2.3. Екі жақты қоректі желілерде токты бір сәтте ажырату

Екі жақты қоректі желілерде токты бір сәтте ажырату қысқа тұйықталу қорғалатын желіден тыс болған кезде (4.6-суретте K_A және K_B нүктелерінде) қолданылмауы тиіс. Осыған қарағанда, іске қосылу тогын ҚТ (қысқа тұйықталу) B шиналарында болғанда A генераторынан өтетін I_{KA} тогынан үлкенірек етіп, және ҚТ A шиналарында болғанда B генераторынан өтетін I_{KB} тогынан үлкенірек етіп таңдайды. Іске қосылу тогын формула бойынша (4.5) анықтайды, онда I_{KM} тах орнына I_{KA} немесе I_{KB} үлкенірегін қояды.

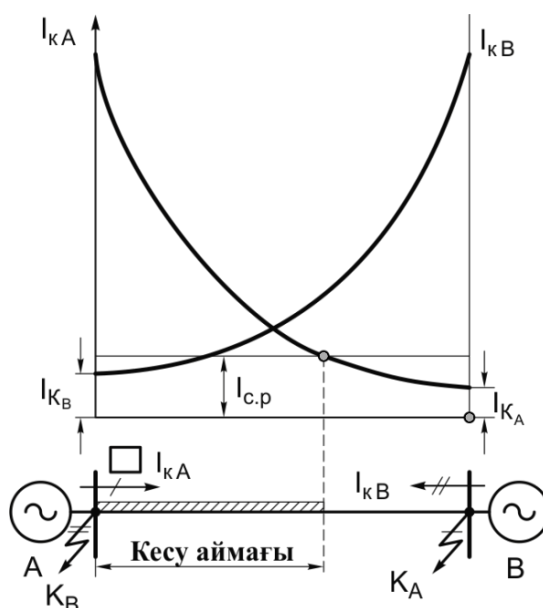
Бұдан басқа, токтан айыруды A генераторының B генераторына қатысты тербелу тогы бойынша орнатады, яғни

$$I_{c.з} = k_{омс} I_{терб\ max}, \quad (4.7)$$

мұнда $k_{омс} = 1,2 \dots 1,3$.

Тұжырымды іске қосылу тогын (4.5) және (4.7) формулалары бойынша алынған мәндердің үлкенірегіне тең етіп қабылдайды.

Екі жақты қуаттайтын желілерде токтан айыруларды желінің екі жағынан да орнатады, бұнда осы токтан айыруларда іске қосылу тогы бірдей болады.



4.6 сурет. Екі жақты қуаттайтын желідегі лездік токтан айырулар

4.2.4. Уақыт ұстап токтан айыру

Лездік токтан айыру желінің тек бөлігін ғана қорғауына байланысты, барынша кем уақыт әрекет ететіндей бүкіл желіні қорғау үшін уақыт ұстап токтан айыруды (4.7. сурет) қолданады. Бұндай 1 токтан айырудың аймағы мен әрекет ету уақытын (4.8. сурет) талғамдылықты қамтамасыз ету үшін 2 лездік токтан айыру аймағы және уақытымен келісіледі.

Бұл токтан айыруларды уақыт бойынша келісу шарты

$$t_{31} = t_{32} + \Delta t,$$

мұнда t_{31} , t_{32} – сәйкес 1 және 2 токтан айырулардың әрекет ету уақыты; Δt – талғамдылық дәрежесі.

Бір жақты қуаттайтын торапта ҚТ K нүктесінде болғанда, 1 және 2 қорғаулардан өтетін ток бірдей, яғни $1_{к1} = 1_{к2} = 1_{к}$. Сондықтан әрекет аймағының келісу талабында 1 және 2 қорғаныс түрлері бар.

$$I_{c,3,1} = K_{OTC} I_{c,32} \quad (4.8)$$

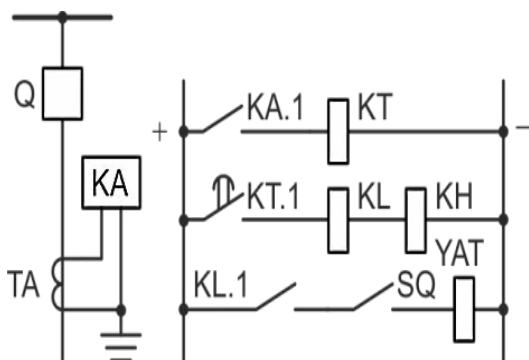
мұнда $K_{отс.} = 1, 1 \dots 1, 2$

1 әрі 2 қорғаныс арқылы өтетін $1_{к1}$ және $1_{к2}$ токтың екіжақты қорегі бар желіде, бірдей емес (4.9-сурет): $1_{к1} > 1_{к2}$

1 және 2 бөліктері әрекет ету аймақтарын сәйкестендіру үшін графикалық әдіспен КЗ нүктесіне дейін І қашықтықтан $1_{k1} > 1_{k2}$ байланысты құрылады.

Қиылысу жағынан тік $I_{c.3.1}$ қисық $1_{k2}(M$ нүктесі) 2 бөлігінің әрекет ету аймағының ұшы анықталады. M нүктесіндегі ток бойынша 1 бөлігін құру керек. Бұл үшін 1_{k1} қисық бойынша 2 бөлігі аймағы ұшындағы КЗ кезіндегі 1 қорғанысынан өтетін 1_{km} тогын табады (M нүктесінде). Талабына сай

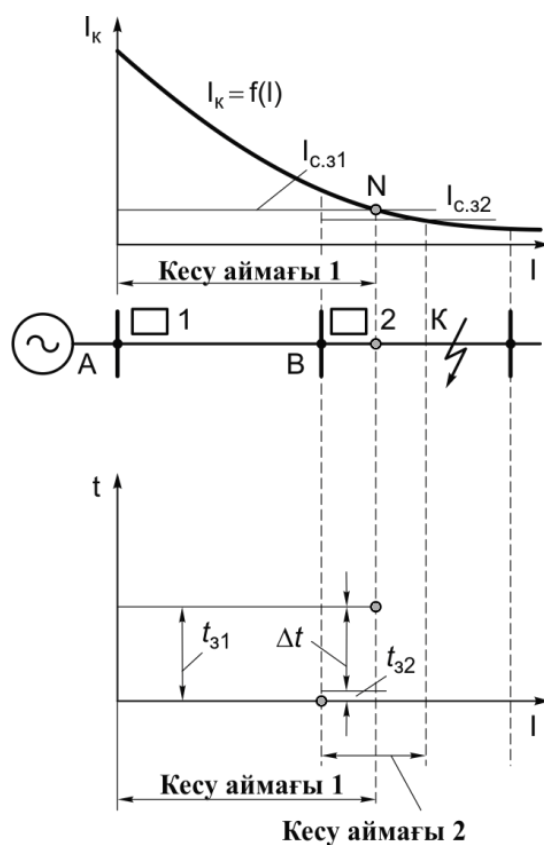
$$I_{c.3.1} = K_{OTC} I_{KM} \quad (4.5)$$



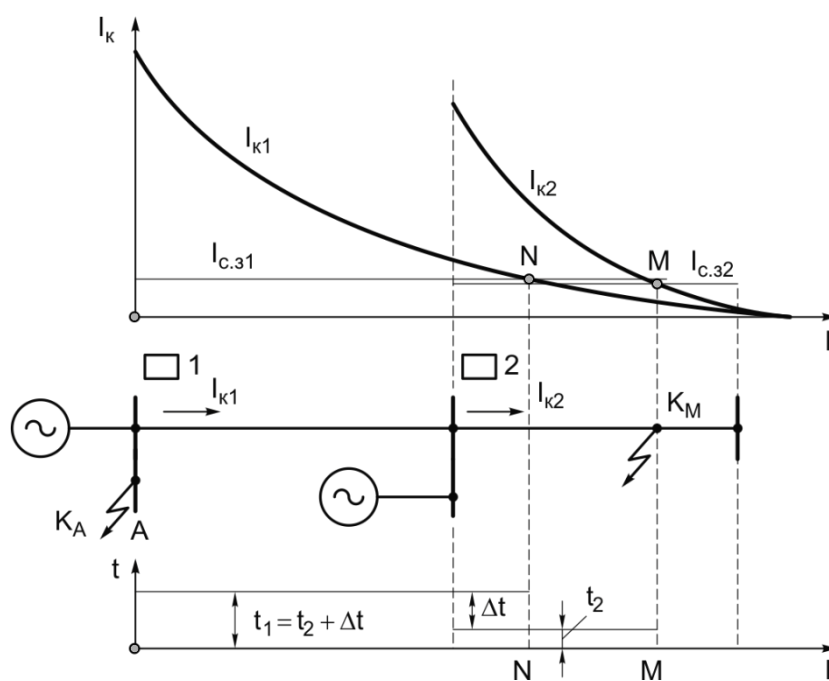
4.7 сурет. ТО сызбанұсқасы тұрақты жедел тоқтағы уақыт үзіндісімен

Есеп I_{k1} токтың максималды мәнінде және I_{k2} токтың минималды мәнінде жүргізіледі.

Бөлік сонымен бірге КЗ А қосымша станцияларының шиналарындағы КЗ-дағы I_{KA} ток бойынша құрылуы керек. 1 бөліктің әрекет ету аймағы тік $I_{с.з.1}$ қисықпен I_{K1} бірге яғни N нүктесі бойынша



4.8. сурет. ТО сызбанұсқасы уақыт үзіндісімен біржақты қорегі бар желідегі уақыт үзіндісінің бөлігі секілді орындалады $I_{c.3}$ таңдау
1- ТО уақыт үзіндісімен; 2- бірсәттік ТО



4.9 сурет. $I_{c.3.1}$ таңдау бөлігі екіжақты қорегі бар желідегі уақыт үзіндісі бар бөлік;
1,2 - уақыт бөлігі бар ТО

және тәуелсіз уақыт үзіндісімен бар МТЗ сызбанұсқалары (4.2-суретті қараңыз). Уақыт үзіндісі бар ток бөлігі толығымен қорғалатын желіні және бөлшекте келесі учаскені толығымен қамтиды.

4.2.5. Қысым бойынша іске қосылатыны (бұғатталатыны) бар ТО

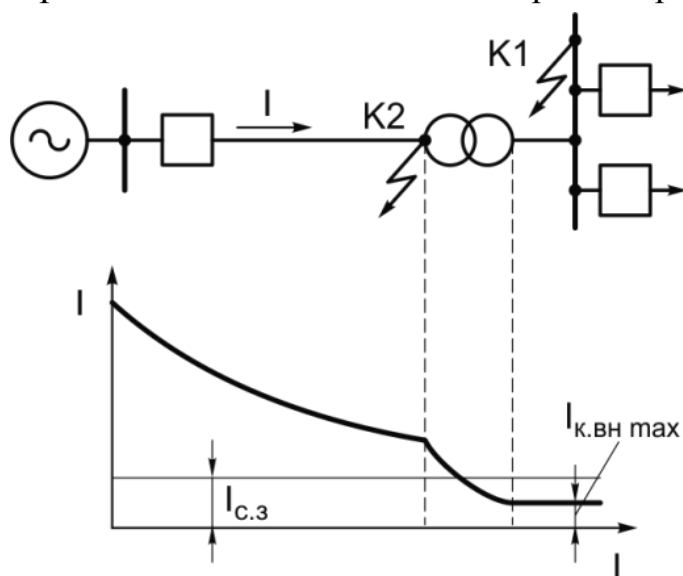
Егер трансформатордың төменгі қысымы жағындағы КЗ ток бойынша бөлікті құру кезінде (4.10-суреттегі К1 нүктесі) КЗ жанындағы бөлік сезімталдығы (К2 нүктесі) қолайсыз төмен болса, онда қысымның минималды іске қосу органын қосу мақсатты болады.

Бұл жағдайда қорғаныс құрайтын ток келесі көрініске сай таңдалады

$$I_{c.3} = I_{K2min}/k_{ч.м} , \quad (4.9)$$

мұнда $k_{ч.м}$ - К2 ($k_{ч.м} \geq 1,3$) нүктесіндегі КЗ кезіндегі ток бойынша сезімталдықтың минималды коэффициенті.

Қорғаныстың токтың өлшемдік органы бар, оның ролі токтың максималды релесін әрі қысымның минималды релесі ретінде қолданылатын қысымның өлшем органын орындайды. Өлшем органдары ТТ әрі ТН арқылы қорғалатын желілерге қосылады. Бөлік екі өлшем органы жұмысқа қосылған соң іске қосылады, яғни желіде қорғаныстың жұмыс істеу тогы асып түскенде, ал желі қысымы қорғаныстың жұмыс істеу қысымынан төмен болғанда. Трансформатордағы КЗ жанындағы ТО жалған жұмыс істемейді, себебі оның жұмысы қысымның минималды релесі арқылы бұғатталады (тыйым салынады).



Минималды қысым релесін іске қосатын ТО жұмысқа қосу қысымы екі шартты таңдайды:

1) бөлікте жұмыс істеу тогына тең ток желісі бойынша шығу кезіндегі трансформатордың КЗ жанындағы қорғанысты орнату орнындағы қалдық қысым бойынша құру. Осы шартқа сай ТО жұмыс істеу қысымы келесі формула бойынша анықталады.

4.10 сурет. туікті желі ТО жұмыс істеу тогын таңдау

$$U_{c.3} = \frac{\sqrt{3} I_{c.3} (Z_L + Z_T)}{K_{отс}}, \quad (4.10)$$

ондағы Z_L, Z_T - желі мен трансформаторға сәйкесінше толық кедергілер:

$K_{отс}=1,2$;

2) желінің минималды жұмыс қысымы бойынша құрылу. Осы шарттан шыға келе

$$U_{c.3} = U_{p \min} / K_{отс} = 0,7 U_{ном}. \quad (4.11)$$

ТО жұмыс істетудің түпкілікті қысымы (4.10) әрі (4.11) формулалары бойынша алынған мәндердің азына теңмен қабылдайды.

Минималды қысым релесінің жұмыс істеу қысымы

$$U_{c.p} = U_{c.3} / K_{ТН},$$

ондағы $K_{ТН}$ - ТН трансформация коэффициенті.

ТН тізбегінде сақтандырушылар жанып кеткенде, екінші жағына қысымның минималды релесі қосылса, соңғысы іске қосылуы мүмкін. Желінің қалыпты жұмыс режиміндегі қорғаныстың жалған әрекеті желінің неғұрлым максималды жұмыс тогы болуы керек қорғаныстың жұмыс істеу тогын таңдаудың екінші шартын сақтауға айналады

$$I_{c.3} = K_{отс} I_{p \max}.$$

Қорғаныстың екі өлшемдік органы бар (ток пен қысым), сондықтан оның сезімталдығы ток бойынша, сондай-ақ қысым бойынша қамтамасыз етілуі керек.

Ток бойынша сезімталдықтың қолайлы коэффициенті көріністен табылады (4.9). Қысым бойынша сезімталдық коэффициенті келесі формула бойынша анықталады

$$k_{ч.н} = \frac{U_{c.p}}{U_{2max}},$$

ондағы U_{2max} — максималды режимдегі қорғалатын желінің ұшындағы КЗ үш фазалыдағы ТН неғұрлым екінші қысым.

Қолайлысы $k_{ч.н} \geq 1,2$ болып табылады.

4.2.6. ТО бағалау

ТО селективтілігі сыртқы КЗ максималды тогынан асып түсетін, жұмыс істеу тогын таңдаумен қамтамасыз етіледі. Токты бөлік қоректену көздерінің

кез келген саны бар кез келген конфигурацияның электр желісінде пайдаланылуы мүмкін.

Токты бөлік - жылдам жұмыс істеуші және сенімді қорғаныс. ТО негізгі артықшылығы, қоректену көзіне жақын туындаушы КЗ жылдам реттеу болып табылады, яғни үлкен токпен жүретін КЗ зақымдауының алдын алушы.

ТО негізгі кемшілігі, ол жалпы жағдайда тек желінің бөлігін қорғайтындығы болып табылады, сондықтан желінің негізгі қорғанысы болуы мүмкін емес.

МТЗ және ТО біріктіріп қолданған кезде оның бүкіл жұмыс істеуі кезіндегі желіні сенімді қорғау қамтамасыз етіледі.

ТО және МТЗ үйлесуі уақыт бөлігінің сатылы сипаттамасы бар токты қорғаныс деп аталады. Екі сатылы қорғаныста бірінші саты ретінде ТО қолданылады, ал екінші ретінде - МТЗ қолданылады. Үш сатылы қорғаныста екінші саты ретінде уақыт бөлігі бар ТО, ал үшінші саты - МТЗ пайдаланылады. Қорғаныстың екінші сатысының мақсаты бірінші сатының қолданылу аймағынан тыс КЗ туындаған кезде зақымдалған желін ажырату болып табылады, демек желінің ұшында. Үшінші саты желінің аралық учаскесіндегі қорғаныс қызметін резервтейді.

Бақылау сұрақтары:

1. Токтық релелік қорғаныс қандай түрлерге бөлінеді?
2. МТЗ қашан пайдаланылады?
3. МТЗ-дің ТО-дан қандай айырмашылығы бар?
4. МТЗ және ТО жұмыс істеу тогы қалай таңдалады?
5. Сезімталдық жөніндегі қорғанысты сәйкестендіру қалай жүзеге асырылады?
6. ТО жұмыс істеу принципі қандай?
7. Қысым бойынша іске қосылатын ТО қандай жағдайда пайдаланылады?

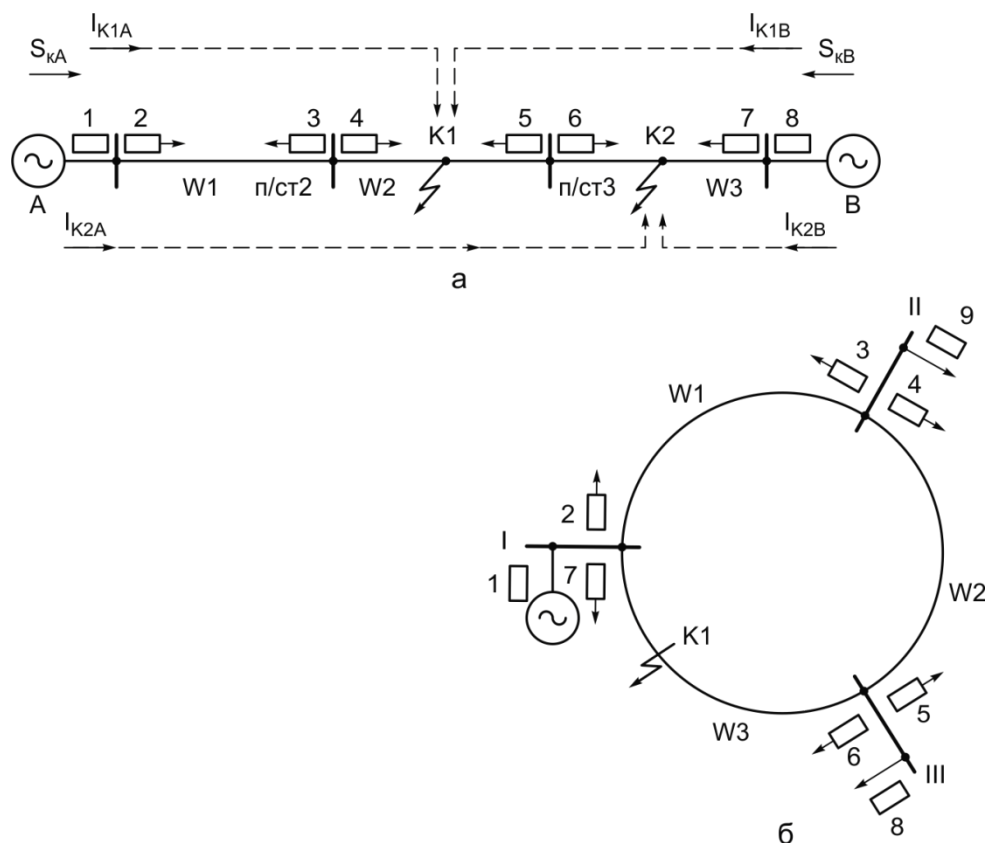
5 тарау

Токты бағытталған қорғаныстар

5.1. Қорғаныстың тоқтық бағытталған мақсаты және жұмыс істеу принципі

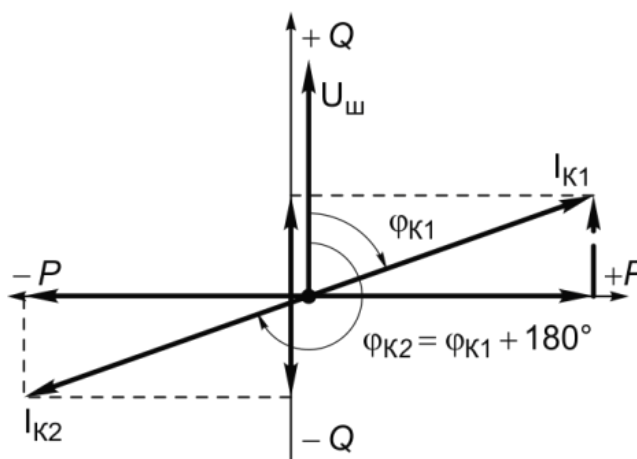
Бағытталған қорғаныс деп КЗ белгілі қуаты бағыты кезінде жұмыс істейтін қорғанысты атайды. Бағытталған қорғаныстар екіжақты қорегі бар желілерде (5.1.-сурт, а) және қоректің бір көзі бар сақиналық желілерде пайдаланылады (5.1.-сурет, б).

КЗ орнына екіжақты қоректендіру кезінде қорғаныс қорғалатын желінің еі жағынан орнатылуы керек.



5.1 сурет. Екіжақты қорегі бар радиалды желінің (а) және бір қорек көзі бар сақиналық желінің (б) сызбанұсқасы.

1...8 - тоқтық бағытталған қорғаныстар (стрелка ажыратқышы жұмыс істейтін қорғаныс кезіндегі қуаттың бағытын көрсетеді)



5.2-сурет Токтар мен қысымдардың 5 қорғанысты орнату орнындағы векторлық диаграмма (5.1-суретін қараңыз, а) K1 және K2 нүктелеріндегі K3 кезінде.

P, Q - сәйкесінше активті және реактивті қуат; $U_{ш}$ - шиналардағы қысым.

Тек токтың көлеміне әрекет ететін қарапайым қорғаныс (МТЗ), бұл жағдайда зақымдалған учаскенің селективті ажыратылуын қамтамасыз ету мүмкін емес, сондықтан селективті жұмыс істеуі үшін қарапайым МТЗ оны қуаттың (бағыт) белгісіне әрекет ететін қуаттың бағыт релесін толықтырады.

Екіжақты қорегі бар желілерде және КЗ қуат бағытының сақиналық желілеріндегі зақымдалу орнына тәуелді және қарама-қайшы болуы мүмкін. Мысалы, КЗ кезіндегі K1 нүктесіндегі W2 желісінде (5.1-суретіне қараңыз, а) 5 қорғаныс арқылы КЗ нүктесіндегі В қорек көзінен I_{K1B} тогы өтеді. КЗ кезінде W3 желісіндегі K2 нүктесінде I_{K2A} ток КЗ нүктесіндегі В қорек көзінен өтеді. КЗ кезінде K2 нүктесінде W3 желісіндегі I_{K2A} , 5 қорғаныс арқылы W2 желісі бойынша өтетін, А көзінен бағытталған және I_{K1B} тогына қарама-қайшы (5.2-сурет).

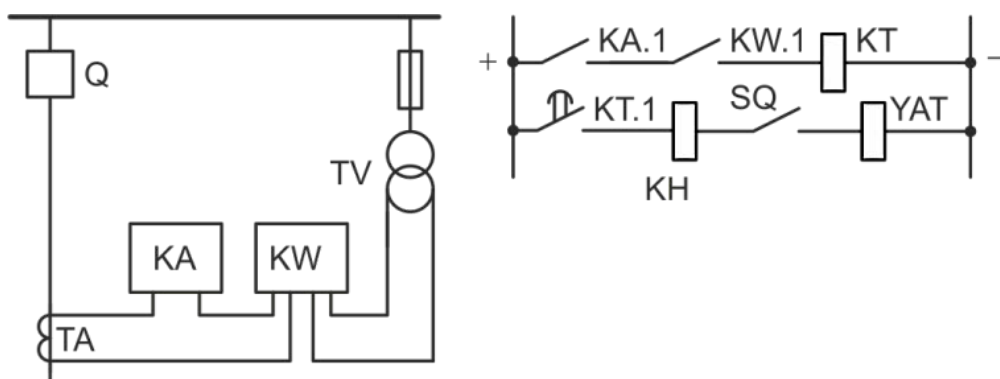
Осылайша, 5 қорғаныс арқылы ток екі қарама-қарсы бағытта өтеді. Бұл жағдайда қосымша станциядағы (к/ст) 3 қарапайым МТЗ селективті емес жұмыс істейді әрі оны желіге шинадан КЗ қуаты бағыты кезінде жұмыс істейтін қуат бағыттау релесімен толықтыруы керек. Демек, КЗ қуаты бағыты бойынша, КЗ қайда болғанын айтуға болады: қорғалатын желіде немесе қосымша станцияның шиналарынан кететін қосылғыштарда.

Өлшем органынан басқа (ток релесі) және қуат бағыты органы (реле) қорғаныс, әдеттегідей, уақыттың үзіндісі органы бар.

Максималды бағытталған қорғаныс токтың көлеміне әрекет етеді және желінің зақымдалған фазаларындаы КЗ кезінде қуаттың бағыты. Ол қуат бағыттарының толықтырылған релесі МТЗ білдіреді.

5.3-суретте қорғаныстың негізгі үш элементтерінен (органдарынан) тұратын бағытталған МТЗ біржелілік сызбанұсқасы көрсетілген: КЗ тогының пайда болуына әрекет етуші (қорғаныстың іске қосылу органы) КА тоқтық релесі; КЗ (бағыттау органы) қуатының белгілі бағытына әрекет етуші KW қуаты бағытының релесі; КТ уақыт релесі (уақыт органы).

Қуат бағыты релесінің жүріс-тұрысы оның белгісіне жүргізілген қуат қысқыштарға байланысты:



5.3 сурет бағытталған МТЗ біржелілік сызбанұсқасы

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

ондағы α - тұрақты мәні бар, 0 немесе 90° тең бұрыш.

КЗ кезінде қорғалатын желіде алдымен өзінің тоқтық реле түйісулері тұйықталады және уақыт релесін іске қоса отырып, қуатты бағыттау релесі. Уақыттың орнатылған үзіндісі арқылы уақыт релесі түйісулері тұйықталады, нәтижесінде импульс Q ажыратқышын сөндіруге беріледі.

Желілердегі осы қосымша станциялардан кетуші КЗ кезінде КЗ қуаты қосымша станция шиналарына бағытталған, сондықтан қуат бағыттау релесінің ашық тізбек күйде қалады (сонымен бірге тоқтық реленің түйісулері тұйықталуы мүмкін) және бағытталған МТЗ ажыратқышты сөндіруге әсер етпейді.

Желіге шинадан жүктеутің қуатын бағыттау кезінде қалыпты режимде қуаттың бағыттау релесі өзінің түйісулерін тұйықтауы мүмкін, дегенмен қорғаныстың іске қосылуы болмайды, себебі іске қосылу (тоқтық) түйісулері ашық тізбекте қалады. Сондықтан іске қосылу релесі жүктеу тогы бойынша құрылады ($I_{с.з} > I_{н\max}$).

Оның әрекет ету уақытында генераторлардың тербелу кезіндегі бағытталған МТЗ жұмыс істеуін болдырмас үшін 1 с-тан артық болуы керек.

5.2. Каскадты әрекеттер аймағы және бағытталған МТЗ өлі аймағы

Сақиналық желілерде бағытталған МТЗ-дің каскадты әрекет орны болуы мүмкін. Сонымен, КЗ кезінде К1 нүктесіндегі ток (5.1-суретін қараңыз, б), 6 қорғанысын орнату орны арқылы өтетін ток оны іске қосу үшін жеткіліксіз болуы мүмкін. Желіні 7 қорғаныстың қарама-қайшы ұшынан ажыратқан соң 6 қорғанысты орнату орнындағы ток ұлғаяды, бұл оны іске қосуға әрі басқа ұшынан зақымдалған желін ажыратуға әкеледі. Оның сезімталдығының

жеткіліксіздігі салдарынан қорғаныстың іске қосылуы мүмкін болмағанда, қарама-қайшы ұштан желіні ажырату сәтіне дейін қорғалатын желідегі КЗ болған кезде қорғаныстың каскадты әрекеті деп аталады. Каскадты әрекет аймағы деп қарама-қайшы ұшынан желіні ажыратуға дейін КЗ кезіндегі қорғаныс әрекет етпейтін қорғалатын желідегі бөлік аталады.

Үшфазалы КЗ кезінде қуатты бағыттау релесіне жүргізілетін қысымның бағыттау қорғанысын орнату орнына жақын қысым, аз болғаны соншалықты, реле іске қосылмайды, демек қорғаныс жұмыс істеуден бас тартады. Қорғалатын желінің бөлігі, релеге жүргізілген қуат бағытының жеткіліксіздігінен қорғаныс іске қосылмаса, өлі аймақ деп аталады.

Осылайша, қорғаныстың каскадты әрекеті тоқтық органның жеткіліксіз сезімталдығымен, өлі аймақ шегінде бас тарту - қуат бағыты органының түпкілікті сезімталдығымен (қысым бойынша) байланысты. Өлі аймақ толық қысымға қуатты бағыттау органын қосу кезінде қорғанысты орнату орнына тек жақын үшфазалық КЗ-да туындайды.

Өлі аймақтың болуы бағытталған МТЗ кемшілігі болып табылады. Пайдалану тәжірибесі, өлі аймақты қорғаудан бас тарту реленің сезімталдығын пайдалану кезінде өте сирек екенін көрсетеді.

5.3. Бағытталған МТЗ іске қосу тогы

Бағытталған МТЗ апаттан кейінгі режимдегі қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын ескеріп токтағы жүктеме бойынша түзіледі.

$$I_{с.з} = \frac{K_{отс} K_{сзп} I_{н max}}{k_B}. \quad (5.1)$$

$I_{н max}$ - жүктеме тогының максималды мәні неғұрлым ауырдан шыға келе, дегенмен шынайы реагенттерді анықтайды. Желідегі максималды жүктемелер сақиналы желілер мен екіжақты қорегі бар радиалды желілер ажыраған кезде туындайды.

Бұдан басқа, МТЗ жермен нейтралды тұйықталған желісі бар жердегі КЗ кезінде зақымдалмаған фазаларда туындаған токтарды жөндейді:

$$I_{с.з} = K_{отс} I_{н.ф},$$

ондағы $I_{н.ф}$ - зақымдалмаған фазадағы толық ток.

Жүктемені қоректендіруші желідегі КЗ екіфазалық кезінде, зақымдалмаған фазада $I_{н}$ жүктеменің тогы өтеді. Жерде тұйықталу кезінде жермен бітеу тұйықталған нейтралы бар желілерде (бір және екіфазалық) зақымдалмаған фазаларда $I_{н}$ токтан басқа $I_{к}$ КЗ токтың кейбір үлесі пайда болады. Оның

көлемі есеппен анықталады және КЗ орнында туындайтын I_0 нолдік ретімен бөлігіне тең.

Осылайша, зақымдалмаған фазада толық токты жерге тұйықталу кезінде

$$I_{н.ф} = I_n + \kappa I_k,$$

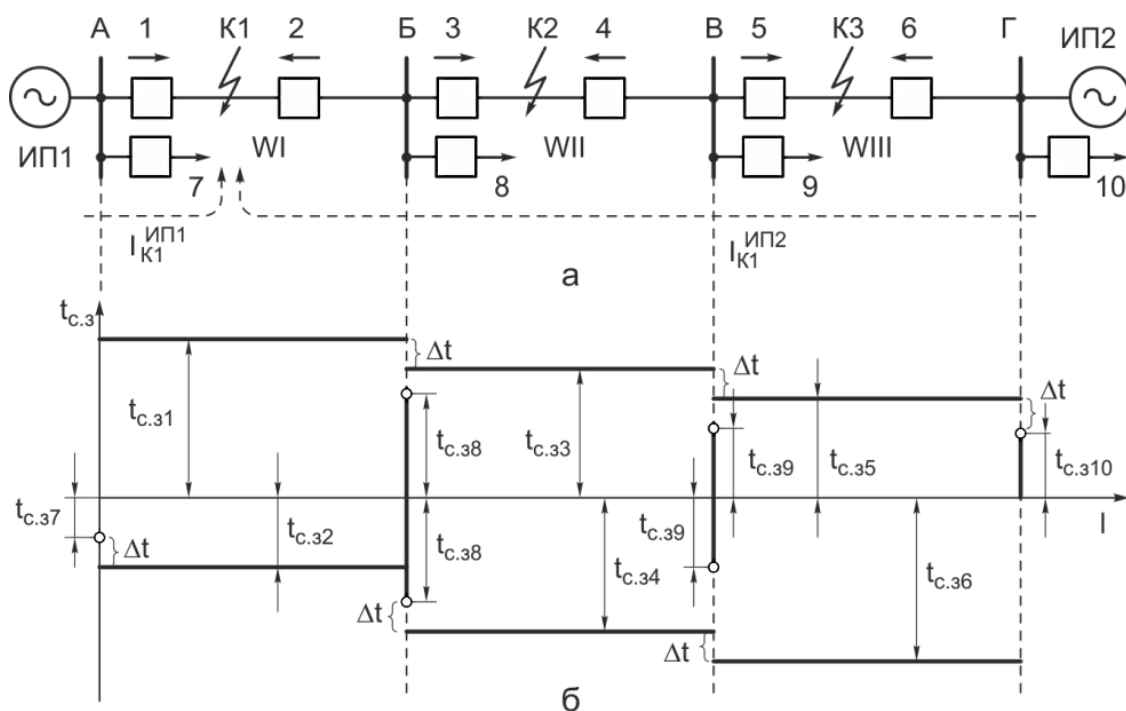
ондағы κ - коэффициент, зақымдалмаған фазадан тұйықталатын I_k ток үлесін ескеруші.

Жердегі аз токпен тұйықталудан желіде (онда $I_{н.ф} = I_n$) қорғау үшін және жерге КЗ кезінде бұғатталатын жермен бітеу тұйықталған нейтралы бар желіде қорғау үшін $I_{с.з}$ тек талаптар бойынша таңдайды (5.1.).

5.4. Бағытталған МТЗ уақытының үзіндісі

Екіжақты қорегі бар желідегі қорғаныс сызбанұсқасындағы қуатты бағыттау релесінің болуы қорғаныстың екі топқа бөлінуін шартты келтіреді (5.4.-сурет); 1, 3, 5 әрі 2, 4, 6.

Қорғаныстың екі топ уақытының үзіндісі қарсы-сатылы принцип бойынша таңдалады, бұл зақымдалған желінің селективті ажыратылуын қамтамасыз етеді.



5.4. сурет. Қорғалатын желі (а) және бағытталған максималды тоқтық қорғаныстың уақыт үзіндісінің сипаттамалары (б):

1... 10 - қорғаныстар; W1...WIII - желілер; ИП1, ИП2 - қоректену көздері.

Сонымен бірге шиналарға қосылған сәйкесінше А, Б, В, Г қосымша станцияларға 7, 8, 9, 10 желілерінің қорғаныс уақытының үзіндісі ескеріледі.

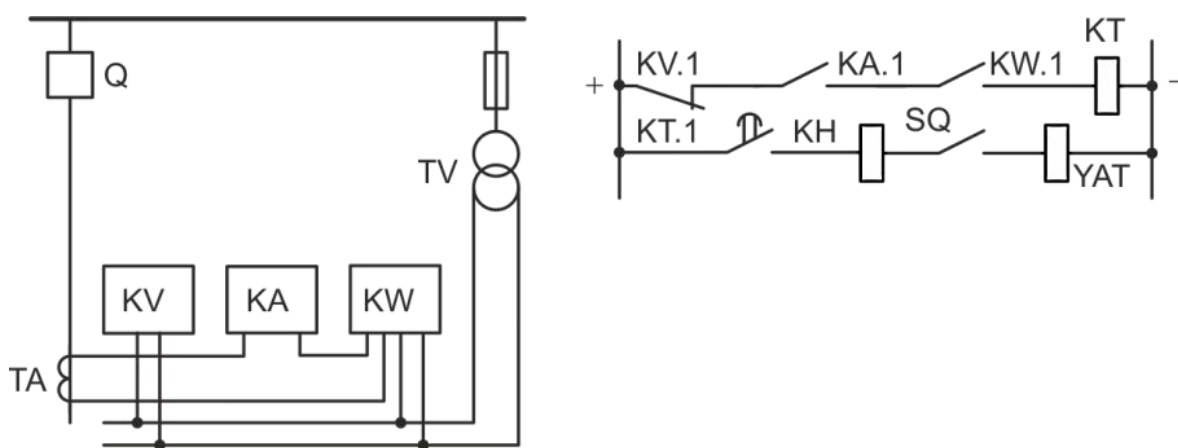
Бір қорек көзі бар сақиналық желіде желінің бас учаскелерінің 2 әрі 6 қабылдау жақтарының қорғау (5.1.-суретін қараңыз, б), желіде орнатылған құбырлы разрядшыларды қолданылу уақыты бойынша жөнделеді, сондықтан жұмыс істеу уақытына қатысты қорғау аз (шамамен 0,1с).

Екіжақты қорегі бар желілер қорғанысының уақыт үзіндісін талдау, желідегі барлық қорғаныстардың бағытталған болуы керек еместігін көрсетеді. Желілердің ұштарының бірінде, қорғаныстың уақытында үлкен үзінді болса (қарама-қайшы ұштың қорғанысымен салыстырғанда), ол бағытталмаған болып орындалуы мүмкін. Егер оларда бірдей уақыт үзіндісі болса, желілердің бағытталмаған екі ұштарының қорғаныстары орындалуы мүмкін[10].

Желіде осыған байланысты, 5.4 а-суретте көрсетілген, тек екі қорғаныс (2 әрі 5) бағытталғаны орындалуы керек. Қалған қорғаныстар бағытталмаған болуы мүмкін.

5.4. а-суретте көрсетілген сызбанұсқадағы қорғаныс жұмысын түсіну үшін, K1 нүктесіндегі K3 болған болжаймыз. Сонымен бірге K3 тогы екі қорек көзінен K3 орнына барады (5.4.а-суреттегі штрихтық бағыттарды қараңыздар). Қорғаныстың мақсаты, WI желісін екі жақтан ажыратуда болып отыр. Алдымен қорғаныс 2 жұмыс істейді, себебі оның қызметінің бағыты $1 \frac{I_{П2}}{K_1}$ ток бағытымен сай келеді және неғұрлым аз уақыт үзіндісі бар. Содан соң 1 қорғаныс жұмыс істейді, нәтижесінде WI желісі екі жақтан ажыратылады. Осы секілді K2 және K3 нүктелерінде K3 кезіндегі қорғаныстар жұмыс істейді.

Осылайша, қуат бағытының органы, уақыт үзіндісі арқылы селективтілікті қамтамасыз етуге болмайтын шиналардың K3 қуатын бағыттау кезіндегі қорғаныстарға орнатылады.



5.5. сурет. Минималды қысым бойынша бұғаттаушысы бар бағытталған МТЗ-дың біржелілік сызбанұсқасы

Уақыт үзіндісі арқылы қамтамасыз етуге болатын шиналардың селективтілігінің КЗ қуатын бағыттау жағдайларында, қарапайым МТЗ пайдалануға болады.

Қорғанысты уақыты бойынша және қарама-қайшы қосымша станциялардың шиналарынан кететін басқа қосылыстардың қорғаныстарымен келістіреді. Сонымен, 4 қорғанысы (5.4.-суретін қараңыз) 6 әрі 8 қорғаныстарымен келіседі, егер $t_{c.38} > t_{c.36}$, онда $t_{c.34} = t_{c.38} + \Delta t$.

КЗ тоқтық реленің сезімталдығы шарты бойынша максималды жүктеме бойынша жөндеудің реті келмесе, минималды қысым релесі арқылы бұғаттау қолданылады (5.5.-сурет).

5.5. Қуаттың бағыттау релесі

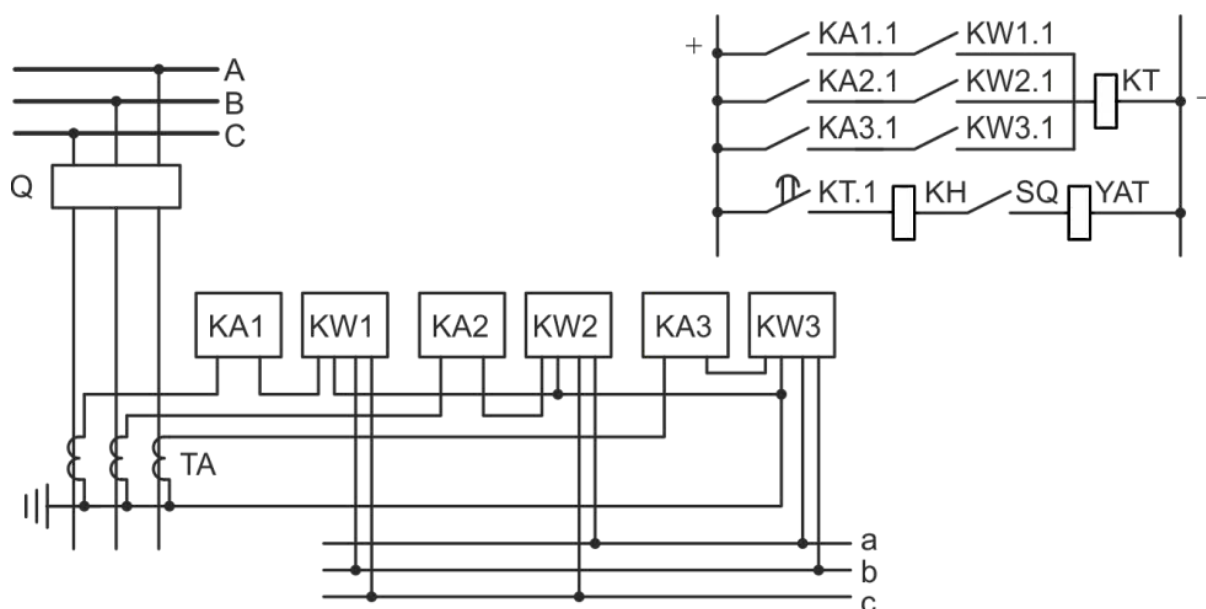
Қуатты бағыттау релесіне келесі талаптар қойылады:

- өлі аймақты азайту үшін реле жұмыс істеуі мүмкін қысым релесі аз болуы ықтимал;
- реле қорғанысының селективтілігін қамтамасыз ету үшін желіге шинадан КЗ қуатының тиісті бағытына (реле келетін қысым мен ток арасы) φ_p фазалық қозғалыстарында реленің қорғаныс селективтілігі қамтамасыз ету үшін жұмыс істеуі керек;
 - реле жылдам жұмыс істеуші болуы мүмкін;
 - реленің өздігінен жүруі болмауы керек, яғни келтірілген шамалардың (қысымы немесе ток) тек біреуінің ықпалымен реленің дөрекіленуі немесе оның іске асуы болуын айтады. Өздігінен жүрудің болуы өлі аймақтың ұлғаюына немесе қорғаныстың жалған іске қосылуына әкелуі мүмкін.

Қуат бағытының релесі бірфазалық (5.6-сурет) немесе үшфазалық болуы мүмкін. Сонымен бірге көрсетілген реле, нөлге дейін төмендемейтін жақын орналасқан КЗ кезіндегі қысымға қосылады, ал релеге жүргізілген қысым мен ток, нөлге жақын реленің қысқышындағы қуатты қамтамасыз етпес үшін КЗ кезінде олардың арасындағы фазалардың жылжу бұрышы үшін сұрыптайды.

Бірінші талап тек екіфазалық және бірфазалық КЗ кезінде орындалады, себебі үшфазалық КЗ кезінде барлық фазалық және фазааралық қысымдар нөлге дейін төмендеуі мүмкін.

Зақымдалмаған фазалар қуаты бағыты релесіні дұрыс емес жұмыс істеуінің алдын алу үшін фазалық іске қосуды пайдаланылады. Ол іске қосу (тоқтық) релесінің зақымдалған фаза токтарына қосылған қуат бағыттары релесінің ажыратылуын қамтамасыз етеді.



5.6 сурет. Қуат бағытының бірфазалық релесі кезінде фазалық іске қосқышы бар бағытталған МТЗ сызбанұсқасы

Қуат бағытының бірфазалық релесі кезіндегі фазалық іске қосу сызбанұсқасы 5.6.-суретте келтірілген.

Үшфазалық релесі бар сызбанұсқаларда қуаттың бағытын фазалық іске қосу түйіспелі токтық (іске қосу) релесі арқылы қуат бағытын реле элементтерін қысым берумен жүзеге асырылады. Зақымдалған фаза тогына қосылған КЗ кезінде токты (іске қосу) релесі, қуат бағыты релесінің жұмыс істеуіне тыйым сала отырып, жұмыс істемейді.

5.6. Бағытталған МТЗ бағалау

Орындау қарапайымдылығы бағытталған МТЗ сенімділігіне оң ықпал етеді. Аталған қорғаудың кемшіліктеріне каскадты жұмыс істеудің өлі аймағының болуы жатады, сондай-ақ қуат бағыты релесін қоректендіруші қысым тізбегіндегі бұзушылық кезінде қуат бағытын дұрыс таңдамау мүмкіндігі жатады. Бұл факторлар бағытталған МТЗ сенімділігін төмендетеді.

Бағытталған МТЗ артықшылығы қоректің бір көзі бар сақиналық желілерде және қорек көзінің кез келген саны бар радиалды желілерде токты қорғаныс селективтілігін қамтамасыз ететін қуат бағыты органының болуы.

Бағытталған МТЗ еіжақты қорегі бар 35 кВ дейінгі қысым желісінің негізгі қорғанысы ретінде кең пайдаланылады. 110 және 220 кВ қысым желілеріндегі бағытталған МТЗ резервті ретінде жағдайлардың көпшілігінде пайдаланылады, дегенмен бөлігімен үйлесімінде, негізгі ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Қорғау істен шыққанда аралас желілердің ажыратқыштарын резервтеуді қамтамасыз етуі мүмкін немесе қайта бағытталғандармен қатар бағытталған қорғаныстар пайдаланылуы мүмкін. Бұл жағдайда олардың орындалуы көпсатылы. Пайдалану сондай-ақ кері және нөлдік реттермен бағытталған көпсатылы қорғаныста пайдаланылады. Олар бірфазалық КЗ-дан екіжақты (көпжақты) қорегі бар желілерді қорғау үшін неғұрлым тиімді.

Бақылау сұрақтары:

1. Қандай жағдайларда бағытталған МТЗ пайдаланылады?
2. Каскадты әрекет ету аймағы және өлі аймақ бағытталған МТЗ деген нені береді?
3. Бағытталған МТЗ қандай параметр бойынша жөнделед?
4. Бағытталған МТЗ уақыт үзіндісін таңдау принципі деген не?
5. Қуатты бағыттау релесіне қандай талаптар қойылады?

6 тарау

ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАЛУДАН ҚОРҒАУ

6.1. Жердегі тұйықталудан атаулы қорғау

Электір желілерінің жерге тұйықталуының мынадай жағдайлары жиі кездеседі:

- нейтральды оқшауланған желілерге жерлендірілген бір фазалы қысқа тұйықталу;
 - нейтральды бәсең жерлендірілген желілерге бір фазалы қысқа тұйықталу;
- 6, 10, 20 және 35 кВ кернеуліктегі отандық электр желілері нейтральды оқшаулағышпен жұмыс жасайды, сондай-ақ ол индуктивті, белсенді немесе белсенді-индукативті кедергілер арқылы жерге тұйықталады.

Бірінші жағдайда жұлдызшалы белгілерге қосылуы тиіс нейтраль генераторлар мен трансформаторлар жерден оқшауланған болады.

Қалған көрсетілген жағдайлар кезінде нейтраль тұйықтау кедергілі доғалық реактор (компенсирленген нейтраль) автоматты реттеуші, индуктив арқылы жерге тұйықталады және соңында белсенді тұрақты және реттелетін индуктивті кедергілермен бітеді.

Жерге тұйықталудың соңғы түрі отандық желілерде аса танымалдыққа ие бола қойған жоқ. 0,4 кВ кернеулікті бірқатар электр желілері де нейтральды оқшаулағышпен жұмыс істейді.

Нейтральды оқшаулағышты желелерде бір фазалы кез келген тұйықталу өзімен бірге КЗ көрсетпейді, сондықтан да ПУЭ сәйкес мұндай жағдайларда ажыратулар міндетті болып табылады.

Ақырын жерге тұйықталған нейтральды кез келген тұйықталуларда КЗ болып табылады, ол үлкен тоқпен бірге лесіп жүреді, сондықтан да қондырғы міндетті түрдеқорғаныстан ажыратылуы тиіс [17].

6.2 Изоляцияланған нейтраль жүйесіндегі бір фазалы жерге тұйықталудан сақтау

Электр қондырғыларын орнату қағидаларына сәйкес, 6 кВ кернеулі бір фазалы жерге тұйықталудың ток сыйымдылығы 30 Амперден аспауы тиіс, ал 10 кВ — 20 А, 20 кВ — 15 А, 35 кВ — 10 А шектілігі сақталуы тиіс.

Осы шарт орындалған жағдайда, изоляцияланған нейтральдың жүйесі қалыпты жұмыс істеп жатыр деп есептеледі. Осы айтылған ток мәндері артып кеткен жағдайда токтың жерге тұйықталуын қажетті шамаға дейін азайту үшін жүйенің нейтралін ДСР арқылы жерлейді.

Жерге тұйықталудан қорғау белсенді өтпелі қарсылық арқылы жүреді. Зақымдалған фазаның кернеуі жермен салыстырғанда нөлге дейін төмендейді, ал зақымданбаған фазалардың жермен салыстырғандағы кернеуі фазалық кернеуден артық, бірақ фазааралық (желілік) кернеуден аз болады. Бірақ практикада тұйықталған фазаның кернеуі нөлге тең, ал зақымданбаған фазалардың жермен салыстырғандағы кернеуі $\sqrt{3}$ есе артады, яғни фазааралық кернеумен теңеседі деп есептеледі.

Нейтральмен изоляцияланған жүйелерде жерге бір фазалық тұйықталу үлкен кернеулі токтардың тұйықталу орны арқылы өтеді. Қалыпты жағдайда және жерге бір фазалық тұйықталу кезіндегі жүйедегі токтар мен кернеулердің векторлық диаграммасы 6.1-суретте өрнектелген. Ықшамдау үшін мұнда әлеуеті (жүктеме) сөндірілген деп есептеледі.

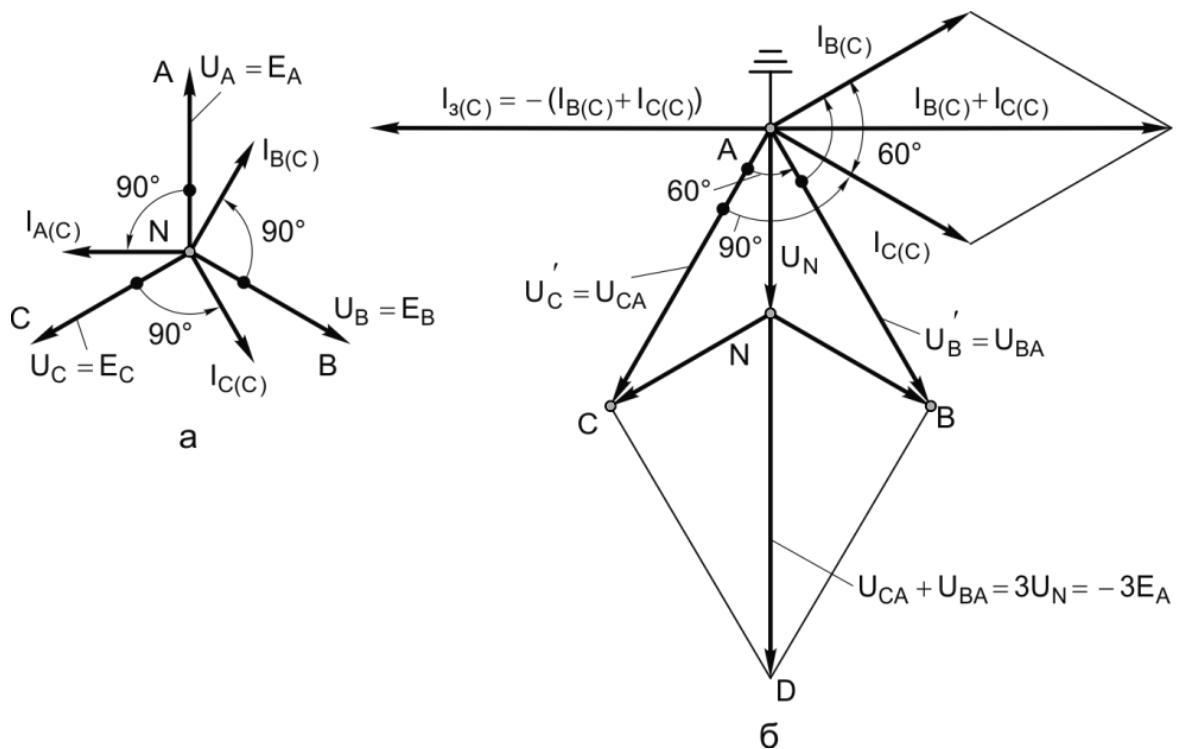
Қалыпты жағдайларда А, В және С өткізгіштерінің кернеулері жермен салыстырғанда U_A , U_B , U_C , тиісті фазалық кернеулерге тең, өз кезегінде ток көзінің электр қозғалтқыш күші E_A , E_B , E_C , өйткені әлеует сөндірілген. Осы фазалық кернеулердің векторлары симметриялық «жұлдыз» (6.1-а сурет) құрайды, ал олардың жиынтығы нөлге тең, соның нәтижесінде N нейтральда кернеу болмайды: $U_N=0$.

Фазалық кернеулердің әсерімен фазалардың сыйымдылығы арқылы жермен салыстырғандағы C_A , C_B , C_C , және 90С токтары өтеді, олар тиісті кернеуден 90° артық болады:

$$I_{A(C)} = \frac{U_A}{-jX_C}; \quad I_{B(C)} = \frac{U_B}{-jX_C}; \quad I_{C(C)} = \frac{U_C}{-jX_C}, \quad (6.1)$$

мұнда X_C — жермен салыстырғандағы фазалардың сыйымдылық қарсылығы.

Қалыпты жағдайда фазалардан өтетін сыйымдылық токтардың жиынтығы нөлге тең, сондықтан I_0 болмайды.



6.1 сурет. Нейтральмен изоляцияланған жүйедегі токтар мен кернеулердің векторлық диаграммалары:

а — қалыпты жағдайда; *б* — А фазаның жерге тұйықталу кезінде.

Бір фазаның жерге металдық тұйықталу кезінде, мәселен А фазаның кернеуі жермен салыстырғанда нөлге дейін төмендейді ($U_N=0$) өйткені жермен біріктірілгенде А нүкте нөлге тең потенциал (жердің потенциалы) алады.

U_N нейтральдың кернеуі жермен салыстырғанда А және N нүктелері арасындағы кернеуге тең болады (6.1, б-сурет), яғни жерге тұйықталатын ЭҚК фазасының шамасы мен кері белгісіне тең кернеуге тең:

$$U_N = U_{AN} = -E_A . \quad (6.2)$$

В және С зақымданбаған фазалардың жермен салыстырғандағы кернеуі фазааралыққа дейін артады: $U'_B = U_{BA}$; $U'_C = U_{CA}$.

N нейтраль жермен салыстырғанда U_N кернеуіне ие екендігін ескерсек, U_N арқылы U'_B және U'_C кернеулерін алуға болады:

$$U'_B = U_N + E_B \text{ және } U'_C = U_N + E_C ,$$

немесе (6.2) қатынасты ескере отырып,

$$U'_B = -E_A + E_B = U_{BA} \text{ және } U'_C = -E_A + E_C = U_{CA} . \quad (6.3)$$

Фаза өткізгіштерінің арасындағы фазааралық кернеулер өзгеріссіз қалады.

6.1, б-суретте алынған өрнектердің негізінде жермен салыстырғандағы (U'_A , U'_B , U'_C , және U'_N) нейтраль жүйесі мен өткізгіштер кернеуінің векторлық диаграммасы құрастырылды. Бұл диаграммада А, В және С нүктелері — желі өткізгіштері, ал N нүкте ток көзінің нейтраліне тең болады.

Зақымданған жерде желі фазасының сыйымдылығы арқылы тұйықталатын токтар өтеді.

Өйткені $U_A = 0$, $I_{A(C)} = 0$ болғанда U'_B және U'_C . Басқа екі фазада және U'_B және U'_C кернеулерінің әсерімен осы кернеулерден 90° артық токтар пайда болады:

$$I_{B(C)} = j \frac{U_{BA}}{x_C} \text{ және } I_{C(C)} = j \frac{U_{CA}}{x_C}. \quad (6.4)$$

Зақымданған жердегі $I_{3(C)}$ тогы В және С фазаларындағы токтардың жиынтығына тең және төмендегіше фаза бойынша оларға қарама-қарсы қойылады:

$$I_{3(C)} = -(I_{B(C)} + I_{C(C)}).$$

(6.4) өрнегін ескерсек

$$I_{3(C)} = -j \left(\frac{U_{BA}}{x_C} + \frac{U_{CA}}{x_C} \right).$$

6.1, б -суретте берілген диаграммадан, $U_{BA} + U_{CA} = -3E_A$ екендігі туындайды. Осыны ескере,

$$I_{3(C)} = j \frac{3E_A}{X_C} = j \frac{3U_\phi}{X_C}. \quad (6.5)$$

Осылайша, $I_{3(C)}$ тогы фазасының қалыпты сыйымдылық тогының үш еселенген мәніне тең болады. 6.1, б-суреттен $I_{3(C)}$ тогы U_N кернеуінен 90° артта екені аңғарылады. $I_{3(C)}$ тогын мына формула арқылы есептеуге болады:

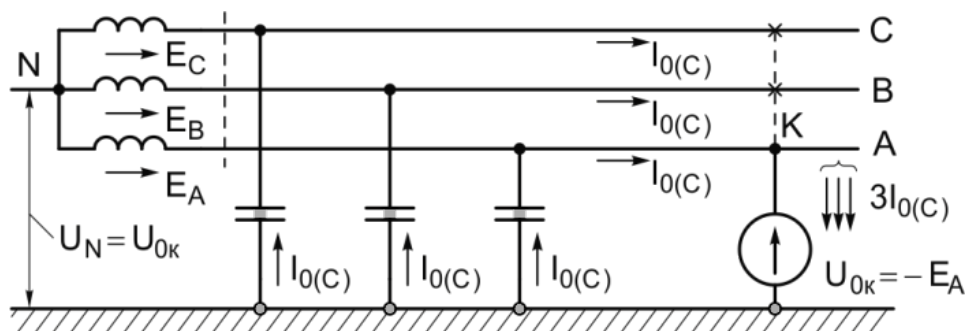
$$I_{3(C)} = 3I_{C\phi} = 3 \frac{U_\phi}{X_C} = 3U_\phi \omega C_{уд} l,$$

мұнда $C_{уд}$ — 1 км желі фазасының жермен салыстырғандағы сыйымдылығы; l — желінің бір фазасының жалпы ұзындығы.

Сыйымдылық токтары мен фазалық кернеулердің симметриясы мен балансының бұзылуының нәтижесінде нөлдік реттік пайда болады:

$$U_{0k} = \frac{1}{3} (U'_A + U'_B + U'_C); \quad (6.6)$$

$$I_0 = \frac{1}{3} (I_A + I_B + I_C). \quad (6.7)$$



6.2 сурет. Жерге тұйықталу кезіндегі нөлдік реттілік токтарының өтуі
(6.6) өрнегіне (6.3) кернеуі үшін қойып, $U_A=0$ екенін ескерсек, мына мәнді аламыз:

$$U_{0k} = \frac{1}{3} (U_{BA} + U_{CA}). \quad (6.8)$$

Өйткені $U_{BA} + U_{CA} = -3 U_N$ болғанда $U_{0k} + E_A = U_N$.

Осылайша, нөлдік реттілік кернеуі шамасы және қарама-қарсы бағыты бойынша зақымданған фазаның E_A қалыпты кернеуіне тең, сондай-ақ жүйе нейтралындағы U_N кернеуіне тең болады. X_C -дан айтарлықтай аз өткізгіш қарсылығын ескермей, барлық нүктелерді $U_0 + U_{0k}$ болатын мәнді аламыз.

I_{0k} кернеуінің әсерінен туындайтын I_0 токтары фазалардың сыйымдылығы арқылы және егер болса, генераторлар мен трансформаторлардың жерленген нөлдік нүктелері арқылы (6.2-сурет) тұйықталады.

I_0 токтарының 6.2-суретте берілгендей бөлінісінен,

$$I_{0(C)} = -j \frac{U_{0k}}{X_C} = -j \frac{E_A}{X_C} = -j \frac{U_\Phi}{X_C}, \quad (6.9)$$

аламыз.

мұнда U_Φ — зақымданған фазаның қалыпты кернеуі.

(6.9) өрнегіндегі «минус» таңбасы мынаны ескереді, яғни токтар мен кернеулердің оң бағыты үшін ток көзінен зақымданған жерге қарай жүретін бағыт алынған. (6.5) және (6.9) өрнектерін салыстыру арқылы зақымданған орындағы токтың жерге тұйықталу мәнін аламыз

$$I_{3(C)} = 3I_{0(C)}. \quad (6.10)$$

$I_{0(C)}$ және $I_{3(C)}$ токтары фазасы бойынша сәйкес келеді және U_{0K} кернеу векторынан 90° артта болады.

Генератор орамдарында $I_{0(C)}$ тогы болмайды, өйткені генератордың нөлдік нүктесі изоляцияланған және генератор фазаларына өтетін токтың жиынтығы нөлге тең болады.

Фазалық кернеулердің өзгеруі және нөлдік реттілік кернеулерінің пайда болуы сигналға әрекет ететін жерге тұйықталудан іріктемелі емес қорғанысы орындау үшін пайдаланылады. Жерге тұйықталу кезінде қорғаныс сигнал береді, одан кейін оператор жалғанған токтарды өшіріп, зақымданған элементті анықтайды. Зақымданған жерлерді іздеудің көрсетілген тәсілі тұтынушыларды токпен қамтамасыз етуді қысқа уақытқа ұзу арқылы жүреді, ол кезекші персонал болмаса шағын станцияларда тиімсіз.

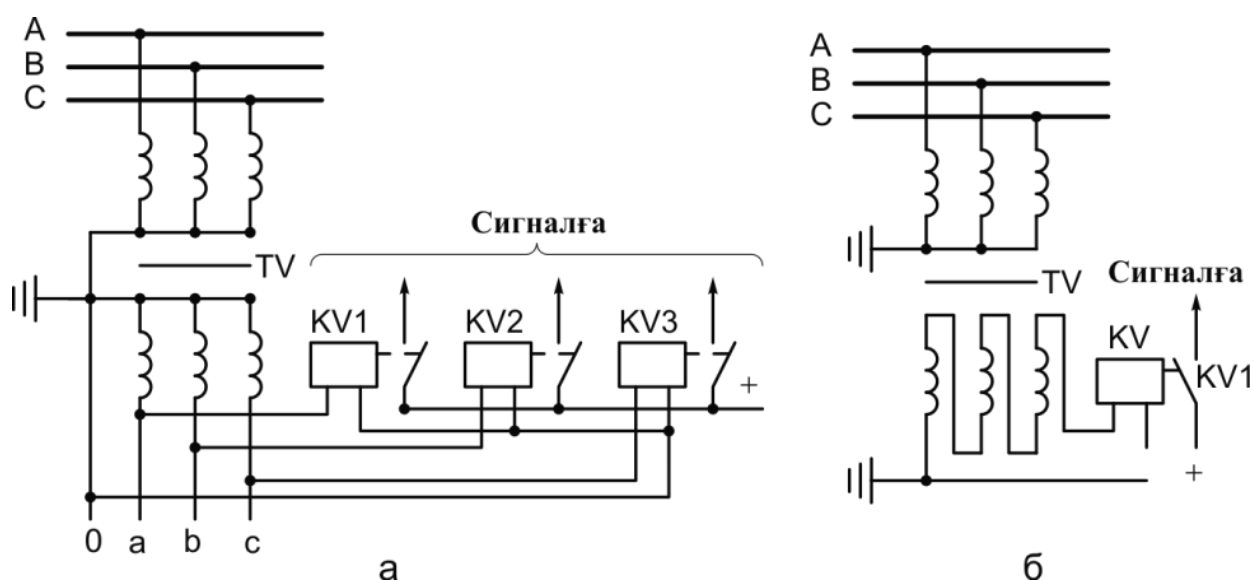
Айтылған қорғаныстар екі жолмен орындалады:

- 1) жермен салыстырғандағы фазалардың кернеуіне жалғанған аз кернеулі үш реленің көмегімен (6.3, а-сурет);
- 2) нөлдік реттілік кернеуіне жалғанған максималды кернеулі бір реленің көмегімен (6.3, б-сурет).

$U_{c.p}$ В кернеулі реле жұмыс істейтін кернеуді ТН номиналды екіншілікті кернеуінің шамамен 20 %-іне тең деп алады, яғни $U_{c.p}=20$ В.

Зақымданған учаскені көрсететін жерге тұйықталудан іріктемелі қорғаныс ретінде ток бағытталған қорғаныстарды пайдаланады, олар нөлдік реттілік токтары мен қуаттарына реакцияланады [14].

Жерге бір фазалы тұйықталу жүйесінің ұзақ уақыт жұмыс істеуі кезінде жерге бір фазалы тұйықталу фазааралық тұйықталуға немесе жерге екі еселенген тұйықталуға өту мүмкіндігі бар. Сондықтан да конфигурациясы күрделі болатын ұзын желілерде зақымданған элементті тезірек табу үшін әрбір жалғанған учаскедегі тоқтық іріктемелі қорғанысты пайдаланады.



6.3 сурет. Жерге тұйықталу кезіндегі іріктемелі емес сигналдың сызбасы:

а — үш KV1 — KV3 минималды кернеу релесін пайдалану; б — бір KV максималды кернеу релесін пайдалану.

Оның жұмысынан кейін кезекші персонал зақымданған желінің нағрузкасын басқа көзге өткізеді, зақымданған желінің кернеуін тоқтатып, сөндіреді.

6.3. Жерге бір фазалы тұйықталудан қорғауға қойылатын талаптар

Нейтральмен изоляцияланған жүйелердегі жерге бір фазалы тұйықталу жылдам сөндіруді талап етпейді. Дегенмен мұндай жағдайларда зақымданған орында токтың жерге тұйықталуының жылу әсерінен желіні сөндіру қажеттігі туындайды. Ондай әсер фазалар арасындағы изоляцияны бұзуы мүмкін, ал ол бір фазалы тұйықталуды фазааралық тұйықталуға өткізіп жібереді. Бұдан тыс, жерге бір фазалы тұйықталудан туындаған зақымданбаған фазалардағы ток кернеуінің шамадан тыс ұлғаюы изоляцияның бұзылуына әкеп соқтыруы мүмкін, бұдан жүйенің әртүрлі нүктелерінде жерге екі еселенген тұйықталу болады.

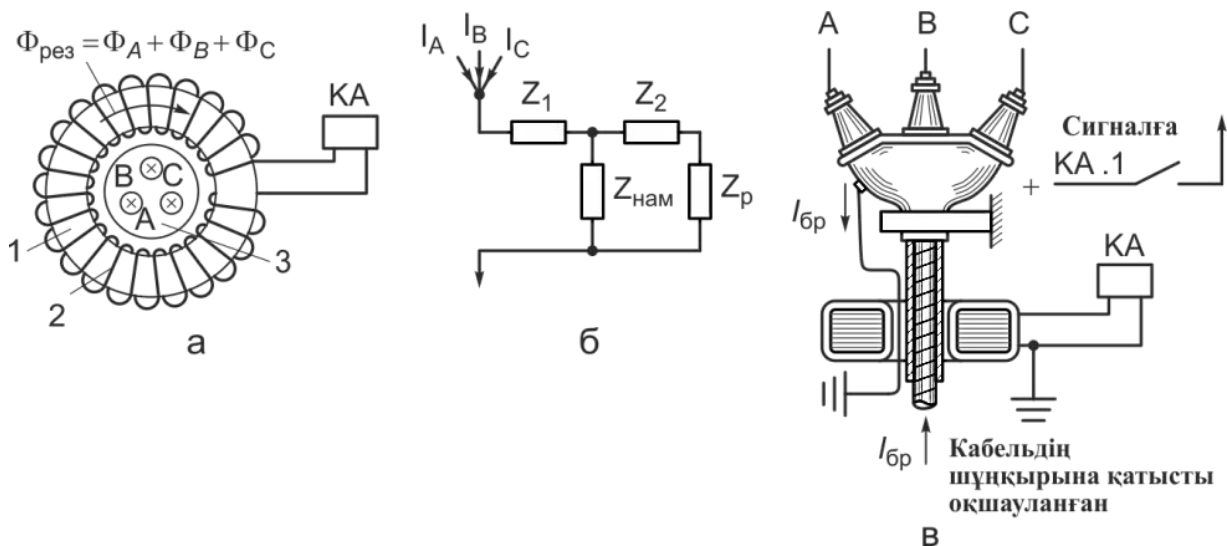
Жерге тұйықталудан сақтайтын қорғаныстар іріктемелі әрі сезгіштігі жоғары болуы тиіс. Қорғаныс реакция білдіретін зақымданулар тогы өте аз болуы (5 ... 10 А) мүмкін. Жерге тұйықталудан сақтайтын қорғаныс тұрақты және тұрақты емес зақымдануларға бірдей реакция білдіріп отырғаны жөн.

Жерге тұйықталудан қорғауға жауапты қондырғыларды қамтамасыз ететін жүйелерде ерекше талаптар қойылады. Мұндай жағдайларда сезгіштігі жоғары қорғаныс орнатылады. Технологиялық процестің сипатына байланысты жалғанған қондырғыларды не сөндіреді, не болмаса сөндірілген қондырғыларды басқа ток көзіне жалғайды, не болмаса резервтік қондырғыларды қосады.

6.4. Қорғаныстарды орындау

I_0 ток алу үшін нөлдік реттіліктің үш трансформаторлы фильтрлерін немесе нөлдік реттілік ток трансформаторларын пайдалануға болады. Осыған байланысты жерге тұйықталудың бір фазалы токтары әдетте аз болады, мұндайда үш трансформаторлы фильтрлерді қолдану қажет емес.

Жерге бір фазалы тұйықталу кезіндегі нөлдік реттіліктің үш трансформаторлардағы сигнализацияның сезгіштігі айтарлықтай жоғары болады, ол 6.4-суретте көрсетілген.



6.4 сурет. Нөлдік реттіліктегі трансформатор тогы:

а- қондырғы; б- байланыстыру сызбасы; в- кабелдегі ТНР қондырғысы; 1- магнитті сым; 2-байламдар; 3- үш фазалы күштік кабель.

Трансформаторлық табақшалардың жиынтығы 1 формадағы шығыршық немесе төрт бұрыштың барлық желілерін қамтитын болады. ТНР тесіктері арқылы өткізілетін А, В, С фазасындағы сымдар трансформатордың бірінші 2 жеткізушісі болып табылады (шамамен 20..... 30 тесікпен).

Магниттік сымдағы I_A, I_B, I_C ток фазалары Φ_A, Φ_B, Φ_C магниттік ағымдарына сәйкес келеді және бастапқы байламдарының реттеушілік қызметтерін атқарады:

$$\Phi_{рез} = \Phi_A + \Phi_B + \Phi_C \quad (6.11)$$

Фазалық тоқтың мұндай сомма $I_A + I_B + I_C = 3I_0$ болады, бұны нәтижелілік ағымдарына теңестіруге болады және ТНР бастапқы тогы және ол тоқтың реттеушісін құрайды:

$$\Phi_{рез} = k3I_0 \quad (6.12)$$

$\Phi_{рез}$ ағыны, одан кейінгі ЭДС E_2 және одан кейін келе жатқан I_2 егер олардың сомасы нөлге теңескен жағдайларда ғана, ТНР арқылы өтетін ток фазасы I_0 құрайтын болады. Сондықтан да ТНР екінші реткілерін жерге тұйықтау қажет. КЗ үш және екі фазалық жүктеу режимдерінде (жерге тұйықтаусыз) $I_A + I_B + I_C = 0$ болады, сондықтан да реле болмайды.

Сымдардың фазасының орнаарсу жағдайлары ТНП екінші орамаларына байланысты болады және ол бірдей болмайды. Осы фазалардың өзара байланыстағы индукцияларының коэффициенті түрлі өлшердерде жатады,

соның салдарынан біріншілікті токтардың толық баланста болуына қарамастан, олардың магниттік ағынының сомасы нөлге тең болмайды. Тепе-теңсіздік ағыны пайда болып, екіншілікті орамда ЭҚК және баланссыз ток туындатады. Ол біріншілікті токтың симметриялы емес орналасуына ғана тәуелді болады.

ТНР-дан алынатын қорғаныстың максималды сезгіштігін алу үшін Z_p реле орамының қарсылығы ТНР қарсылығына тең болуы тиіс. Z_2 екіншілікті орамның қарсылығын ескермей (6.4 б-сурет), $Z_{ТНР} = Z_{нам}$ аламыз. Онда берілген шартты мына теңдік арқылы өрнектеуге болады:

$$Z_{ТНР} = Z_{нам} \quad (6.13)$$

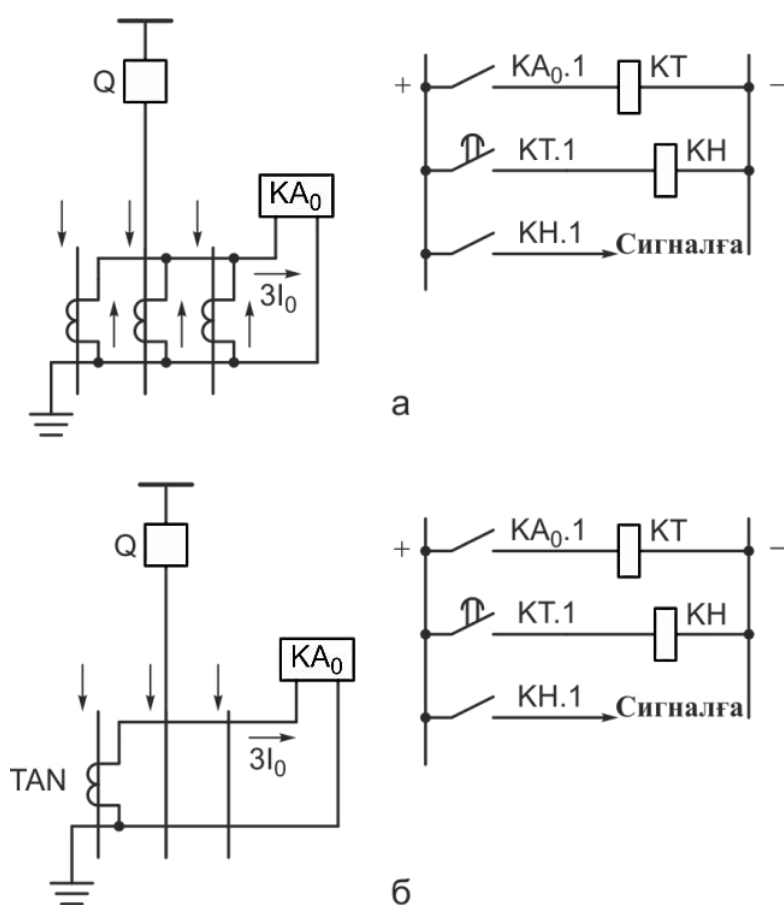
ТНР эквивалентті сызбасынан (6.4 б-суретке қар.) (6.13) шартын орындау кезінде релеге келетін екіншілікті ток және магниттеу тогы бірдей болып шығады: $I_{нам} = I_p$. Бұдан, ТНР қателігі шамамен 50%-ке жетеді. Мұншалықты үлкен қателік жағдайында біріншілікті ток бойынша екіншілікті токты $k_{ТТ} = w_2 / w_1$ трансформация коэффициентін пайдалану арқылы есептеп шығару мүмкін емес. Қажетті сезгіштікке қол жеткізу үшін ТНР конструктивті жақсартуларынан тыс, сезгіштігі жоғары өлшеу органдарын да пайдалану қажет.

Желілерді қорғау үшін тек кабельді типтің ТНР орындалады. Кабельдік желілер үшін ажырайтын және ажырамайтын магнит өткізгіштері бар ТНР дайындалады.

ТНР қапталған кабельдің зақымданбаған қабығынан $I_{бр}$ брониның тогы өткен кезде (6.4 в-сурет), қорғаныс релесінде ток пайда болып, соның салдарынан қорғаныс дұрыс жұмыс істемеуі мүмкін. Практика кабельдердің қабығы (болат бронь немесе қорғасын) арқылы жер арқылы тұйықталатын $I_{бр}$ токтары өтуі мүмкін екенін көрсетеді. Бұл токтар кабельдің айналасында жерге тұйықталу кезінде, дәнекерлеу аппараттарын қолданғанда, тағы басқа да осы сияқты жағдайларда пайда болады.

Қорғаныстың алдамшы жұмысын болдырмау үшін кабельдің шұңқыры мен қабығын жерден изоляциялау қажет, ал жерлеуіш өткізгішті кабельдің шұңқырына жалғап, ТНР айнасы арқылы өткізеді. Кабель бронианан өтетін ток жерлеуіш өткізгішке қайтады, соның нәтижесінде ТНР магнитөткізгішіндегі және өткізгіштегі магнит ағындары өзара компенсацияланып отырады. Бұдан тыс, ТНР магнитөткізгішін кабель бронианан изоляциялау қажет.

6.5-суретте іріктемелі сигнализацияның сызбасы берілген. Үш трансформаторлы фильтрдің көмегімен орындалған қорғаныс (6.5 а-сурет) жұмыс істейтін біріншілікті ток 20 ... 25 А-ден ас болмайды.



6.5 сурет. Селективті дабыл сызбасы

а- үш трансформаторлы фильтрмен бірге; б- трансформаторлы нөлдік реттілікті ток.

ТНР бар қорғаныс (6.5-сурет) айтарлықтай сезімтал, айталық ТНР (ТАН сызбасында көрсетілген) шамамен 3...5 А бастапқы ток кезінде қорғаныс әрекеттерін қамтамасыз етеді, ал жоғары сезімталды релені қолдану кезінде қорғаныс 1..2 А токтарында реттеледі. Сондықтан да ТНР жерлерген токтың аз тұйықталу бар желінің негізгісі болып табылады.

Екі сызбада да сыйымдылық ток уақытша КТ қолданылады. Қорғаныс әрекеттері КН көрсетілген релесімен тіркеледі. KA_0 ток релесі ТТФ немесе ТНР бірге реттеуші құрал қызметін атқарады.

6.5, б-суретте көрсетілген қорғау сызбасы ток қорғанысының нөлдік реттілігінің жоғары көрсеткіші болып табылады. Қорғанысты өлшеу құралы сезімтал ток релесінің көмегімен орындалады, оған РТ-40/0.2 электрлі магнитті реле немесе сезімталдағы жоғары РТЗ-50 жартылай өткізгішті реле қолданылады. Жүргізілетін ток 10...60мА шегінде реттеледі. РТЗ-50 релесінің

орнына интегральды микро сызбаны (ИМС) орындайтын РТЗ-51 релесі қолданылуда.

РТЗ-51 реле ток 0,02-ден бастап 0,12 дейін аралықта алты диапазонда жұмыс жасайды. $k_k=0,93$ реле қайтарымының коэффициенті. Тұтыну қорегіндегі тұрақты ток 10 Вт, ал ауыспалы токта $5B \cdot A$ артық емес болуы керек.

Селективті жағдайлардан шыққан кезде 3 $I_{0л}$ нүктесінде қорғаныс желісі іске қосылады, ал ток бойынша баланстық сәйкессіздік мынадай қорғау желісі бойынша қорек алған қабылдағыш кіші стансадағы КЗ арасыда ТНР алуға мүмкіндік береді.

$$I_{с.з} = k_{отс} k_{бр} 3U_{\phi} \omega C_{л},$$

мұнда, $k_{отс}=1,1 \dots 1,2$; $k_{бр}$ - сыйымдылық тоқтың шығарымдыларын ескеретін коэффициент (егер $k_{бр}=4 \dots 5$ қорғаныс әрекеттері $k_{бр}=2 \dots 3$ ұстайтын болса); $C_{л}$ – қорғау желісінің сыйымдылық фазасы.

Сигналда қорғаныспен жұмыс жасау кезінде уақытты ұстау қажет етілмейді.

6.5. Бейтарап оқшауланған желіде нөлдік тізбектелген тоқтық қорғауды бағалау

Қорғаныс қондырғыларында (RT-40 / 0.2 және RTZ-51 релесінің негізінде) нөлдік тізбекті токке жауап беретін тоқтық қорғау, қарапайым және сенімді жұмыс жасайды. Алайда олардың өтемсіздік желілерде қолданылуы желінің жиынтық сыйымдылық тогы, қорғаныс қосылымының сыйымдылық тогынан айтарлықтай асып кеткен жағдайларда ғана жақсы нәтижелер береді. Нашар тармақталған желілер мен өтемсіз ток желісіндегі зақымдалған қосылыстың нөлдік тізбектік токпен байланыссыз сыйымдылықтың теңгерімсіздігімен, қорғаныс тұрақты күйдегі жерге тұйықтау режимінде қорғалған қосылыстың нөлдік тізбегінің қуат бағытына жауап беретін құрылғылар негізінде қолданылады. Жартылай өткізгіш бағытты ЗЗР-1М типті қорғаумен қатар, ИМС базасында ЗЗН астам неғұрлым жетілдірілген қорғаушы қолданылады.

Бұл бағдарлы қорғау қағидасы оны жерге тұйықталудың кішігірім токтарымен (0,5 ... 1,0 А) қолдануға мүмкіндік береді. Бұл қорғаныс тек өтімсіз желілер үшін ғана шектеледі, өйткені өтемақы желілерде бүлінген және бүлінбеген қосылыстың нөлдік тізбектік қуаттық бағыты сәйкес келуі мүмкін.

Жерге тұйықталудан қорғауды жүзеге асырудың басқа қағидалары да бар. Мәселен, мысалы, тұрақты күйде жоғары гармоникаға жауап беретін қорғаушылар бар. Өйткені, тұрақты күйдегі жерге тұйықтау режимінде,

сыйымдылықтағы ақаулар және олардың нөлдік тізбегі құрамдас бөліктері 50 Гц жиіліктік жиілігіне қосымша жоғары гармоникадан тұрады.

Өтелетін желілерде ДГР зарядталған жерге тұйықталу тогының 1_3 және $3I_0$ тогының іргелі гармоникасы үшін ғана өтейді, бұл токтардың жоғары гармоникасы толығымен өтелмейді. Сонымен қатар, индуктивті ток ДГР гармоникасы жоғары, зақымдалған желідегі ток сыйымдылығы гармоникасына қосылады. I_3 және I_0 токтарының жоғары гармоникасы өтемсіз және өтемдік желілерде де кездеседі, зақымдалған қосылыстардың гармоникалық компоненттерінің жалпы деңгейі әрқайсысының (бөлек қабылданбаған) зақымдалмаған байланыстарынан қарағанда әрқашан үлкенірек болады.

Зақымданған және бүлінбеген желілердегі ток $3I_0$ гармоника деңгейлеріндегі айырмашылық, жоғары гармоникаға жауап беретін іріктеп қорғауды жүзеге асырады.

Орнатушы ток I_0 -ның жоғары гармоникасына жауап беретін сигналдық құрылғылар кең қолданысқа ие болды. Осылайша, ТДҚ (тұйықталудың дабылдық құрылғысы) 2/2 және ТДҚ -3М құрылғылары 6 және 10 кВ өтемақы және өтемсіз кабельдік желілерінде, жерге тұйықталу кезінде сигнал беру үшін арналған.

Жоғары гармониканың абсолюттік деңгейіне жауап беретін ТДҚ -2/2 құрылғылары айтарлықтай кемшіліктерге ие, өйткені әр қосылымда әр түрлі қосылыстар мен қосалқы станциялардың жұмыс режимдері үшін, күрделі есептеуді және гармониканы есептеуді талап етеді. Гармониканы нақты емес есепке алу және есептеу аталған құрылғылардың дұрыс емес әрекеттеріне әкеледі.

ТДҚ -3М құрылғысының жұмыс қағидасы нөлдік қосылыстар тізбегінің жоғары гармоникалық токтарының деңгейлерін (салыстырмалы өлшеу әдісі) салыстыруға негізделген. Бұл әдіс осы құрылғының артықшылығы болып табылатын қате қосылымның жоғары анықтамасын анықтайды. Құралдың жетіспеушілігі – қызметкерлердің құрылғы көрсеткішінің өлшеу және бағалау жұмысына қатысуымен қорытындыланады, бұл зақымдалған қосылысты іздеуді ұзаққа созырады.

«Мосэнерго» салыстырмалы өлшеу қағидасын қолданып, КДЗС түріндегі автоматтандырылған құрылғыны жасап шығарды және қолдануда. Жерге тұйықталу болған жағдайда, ол автоматты түрде қорғаныс өлшеуіш корпусының қосылымын барлық қосылыстардың ТНП-ге автоматты түрде орындайды, жоғары гармониканың ең жоғары мәнімен сызықты анықтайды және телемеханика құрылғысы арқылы бақылау орталығына зақымдалған қосылыс туралы ақпаратты жібереді.

6.6. Жерлендірілген бейтарапты желіде жерге бір фазалық тұйықталудан қорғау

6.6.1. Жерлендірілген бейтарапты желілердің ерекшеліктері

Жоғарыда айтылғандай, жерлендірілген тұйықталған бейтараптағы желілерде оқшауланған бейтарап желілерге қарағанда, кез-келген фазалық жердегі ақаулық - бұл тиісті қорғаныс арқылы жойылуы керек кінәрат. Мысалы, қысқа тұйықталудан жерге дейінгі (бір және екі фазалық) желілерді қорғау, әдетте, нөлдік тізбектің токтарына және күштеріне жауап береді. Мұндай жағдайларда нөлдік тізбекті қорғау МТҚ нөлдік тізбек және кесу түрінде орындалады (қарапайым және бағытты).

Бір фазалық ақаулар үшін $I_{0к}$ ақауларының орналасқан жеріндегі нөлдік тізбектегі ақаулар ақаулы фазадағы ақаулық ток $1/3$ -ке тең және фазада онымен сәйкес келеді, ал ҚТ кезіндегі кернеу $U_{0к}$ - бүлінбеген фазалардың кернеулерінің геометриялық сомасының $1/3$ құрайды.

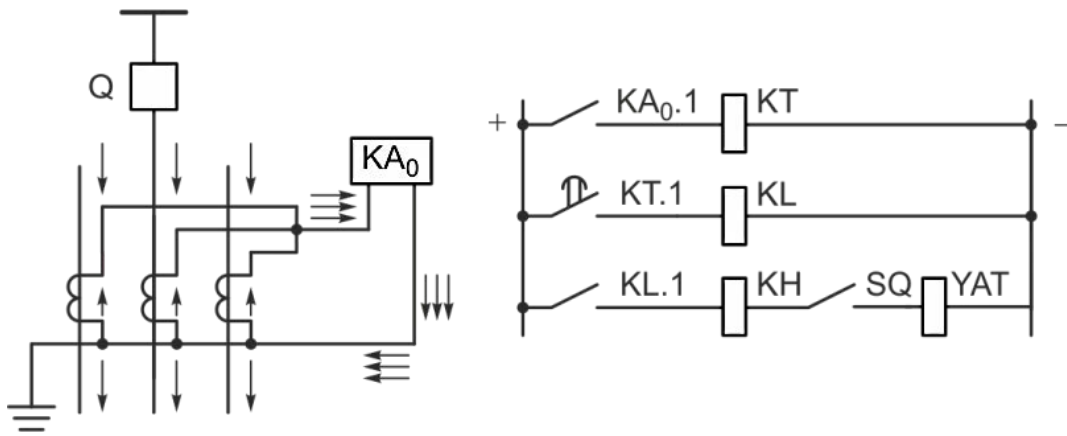
Ақаулық жағдайында пайда болатын нөлдік тізбектің кернеуінің әсерінен фазалық-жер контурын ақаулардың орналасуына және жерге тұйықталған бейтарапқа жақын болатын токтар $I_{0к}$ пайда болады. Осылайша, жердегі қысқа тұйықталу кезінде $I_{0к}$ токтарының пайда болуы тек жерге тұйықталған трансформаторлар бар желіде мүмкін болады. Бірнеше жерге жерлендірілген бейтараптарға, ақаулық аймағында пайда болған нөлдік тізбектің токі бейтараптардың арасында олардың ұйымдарының қарсыласуына кері пропорцияда бөлінеді.

Егер трансформаторда орамалы «жұлдызды үшбұрыш» қосылымы болса, онда «үшбұрыштың» бетіндегі жерге тұйықталу «жұлдыз» жағында нөлдік тізбектегі токтар тудырмайды. Сондықтан, «жұлдыз» желісінде орнатылған қорғау «үшбұрыш» желісінде жерлендірілген кезде жұмыс істемейді.

ҚТ (қысқа тұйықталу) нүктесінен алыс болса, нөлдік тізбектің кернеуі сонша аз болады.

6.6.2. МТҚ нөлдік тізбектің әрекет еті қағидасы және сызбасы

Қорғау КА0 қосу релесі және ҚТ уақыт релесінен тұрады (6.6-сурет). КА0 релесі толығымен «жұлдыздар» схемаға қосылған ток трансформаторларының нөлдік сымы ретінде пайдаланылатын нөлдік тізбек ток сүзгісіне қосылған. Уақыт релесі ҚТ тандаушылығының шартымен қажетті уақыт кідірісін жасайды.



6.6-Сурет. Нөлдік тізбектің тоқтық қорғау схемасы

KA0 релесіндегі ток үш фазаның екінші ток сомасына тең. Ток трансформаторларының қателігін елемей, жазып алу мүмкін

$$I_P = I_a + I_b + I_c = I_A + I_B + \frac{I_c}{k_{TT}} = 3I_0/k_{TT} \quad (6.14)$$

Өрнек (6.14) көрсетілгендей, бастапқы қорғау релесіндегі ток I_0 тогы болғанда ғана пайда болады. Демек, 6.6-суретте көрсетілген схема бойынша, нөлдік тізбекті қорғау, жерлендірілген бір фазалы және екі фазалық жерге қысқа тұйықталу кезінде ғана жұмыс істей алады.

ҚТ фаза аралық кезде (жерсіз), сондай-ақ жүктеме мен жылжу кезінде нөлдік тізбек қорғауы жұмыс істемейді, өйткені бұл режимдерде $I_A + I_B + I_c = 0$ токтарының сомасы және ток I_0 болмайды.

Нөлдік тізбекті қорғаудың маңызды артықшылығы - ол жүктемеге (нагрузка) жауап бермейді. Осыған байланысты, бұл қорғаныс қалыпты режимнің токтары мен шамадан тыс жүктемелерді реттеудің қажеті жоқ, бұл фазалық токтарға әрекет ететін қорғаушылармен салыстырғанда, бұл қорғанысты жоғары сезімталдықпен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Дегенмен, іс жүзінде қорғаныс жұмысы магниттелетін токпен туындаған ТТ қателігімен қиындайды. Сондықтан негізгі бастапқы токтардың балансы ($I_A + I_B + I_c = 0$) болса, екінші токтардың сомасы $I_A + I_B + I_c \neq 0$ болады. Нөлдік сым және бастапқы қорғаныс релесі кезінде баланс емес $I_{нб}$ ток деп аталатын қалдық ток пайда болады! Ол I_0 ток болмаған кезде қалаусыз қорғауды тудыруы мүмкін. Қорғаныс релесінің шығу уақыты

$$I_P = \frac{3I_0}{k_{TT}} - I_{нб}$$

Бірінші термин бастапқы ток І₀-ға байланысты, екіншісі - ТТ қателігі.

Баланс емес тогын шектеу үшін магниттелу сипаттамасының қанықтырылмаған бөлігінде жұмыс істеу және барлық фазаларда бірдей магниттелген токтарға ие болу қажет. Осындай жағдайларды қамтамасыз ету үшін, қорғанысты қамтамасыз ететін ТТ міндетті:

- қорғалатын аймақтың келесі басында үш фазалы қысқа тұйықталу тогының максималды мәні бойынша 10% қателік жағдайын қанағаттандырады;
- барлық үш фазада бірдей (сәйкес келетін) магнитизациялау сипаттамалары бар болу керек;
- барлық фазаларда екінші тізбектердің бірдей жүктемелері болуы керек.

Аперидио әсерінен тұрақсыз режимдерде қысқа тұйықталу токтарының және олармен бірге баланс емес токтар айтарлықтай ұлғаюы мүмкін, бұл уақытты кешіктірусіз қорғаныстың жұмыс параметрлерін таңдау кезінде назарға алынуы тиіс.

Баланс емес токтардан қорғауды болдырмау үшін, бастапқы қорғау релесіндегі өшіру токінің мәні көп тбаланс емес токын таңдайды.

6.6.3. Нөлдік тізбектегі МТҚ

Нөлдік тізбектегі МТҚ бастапқы релесінің тогінің іске қосылуы келесі шарттарға сәйкес таңдалады:

$$I_{c.э} < 3I_{okmin};$$
$$I_{c.э} > I_{нб max} \text{ немесе } I_{c.э} = k_{зап} I_{нб max}$$

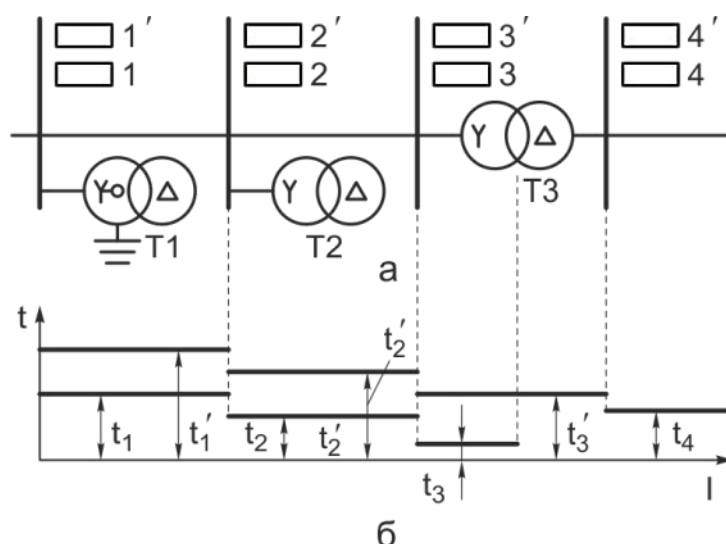
мұндағы $k_{зап}$ — 1,3... 1,5.

Егер нөлдік тізбекті қорғаудың уақытша кешігуі t_0 қорғалатын аймақ үшін келесі t_M § фазааралық ҚТ қорғау уақытынан асып кетсе, онда қорғаныс тек әдеттегі $I_{нб.n}$ ре имінде баланс емес тогы үшін, әдетте, өлшеу арқылы анықталады. Бұл жағдайда релелік іске қосылу токын 0,5 ... 1,0 ға тең деп таңдауға болады.

Егер $t_0 < 4.f$ болса, онда ТТ сипаттамасының түзу сызық бөлігінде жұмыс істейтін жағдайда, баланс емес токті келесі өрнекпен анықтау мүмкін:

$$I_{нб} = \kappa_{одн} \varepsilon_i I_k^{(3)},$$

мұнда код - 0,5 ... 1,0 тең бірлік коэффициенті; ε , - 10% қателіктің қисықтарынан таңдаған кезде ТТ дәлдігі,



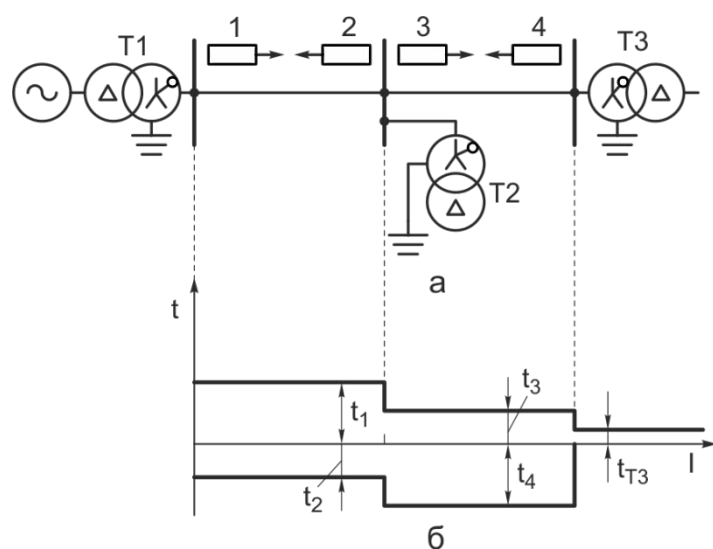
6.7-сурет. МТҚ Нөлдік тізбекті орналастыру (а) уақытша кешігу графигі(б):
1 ... 4 – МТҚ нөлдік тізбек бойынша; 1' ... 4' – МТЗ

$\varepsilon_i = 0,1; / K3)$ - келесі секцияның басында зақымданған жағдайда үш фазалы қысқа тұйықталу тогының максималды мәні.

Қорғаудың іске қосылу мерзімі трансформаторлардың жерлендірілген бейтарапты орналасу бағытының артуымен сатылық негізде таңдалады. Егер жоғары (ЖК) және төмен (ТК) кернеулер Y / D немесе Y / Y орамасының қосылысы (мысалы, 6.7-суретте трансформатор Т3) бар трансформатор арқылы қосылған болса, онда нөлдік тізбектегі шамадан тыс қорғаныс 3 Т3, сәтте болуы мүмкін, себебі ол ТК жағында ақаулықтар мен жерге тұйықталуда жұмыс істемейді. Осылайша, басқа екі нөлдік тізбектегі қорғаныс үшін t_2 және t_1 уақыттарының кешіктірулері, фазалық қысқа тұйықталу, фазалық токқа жауап беру және трансформатордан кейін қысқа тұйықталу кезінде төмен болады. Сондықтан, соңғысы трансформаторлардың ТК жағында қорғаныс уақытымен келісілуі керек [14].

6.6.4. Нөлдік тізбектің токты бағытталған қорғаныстары

Аумақтың екі жағында орналасқан жерге орналастырылған бейтараптық желілерде нөлдік тізбектегі МТҚ таңдаулы әрекеті, тек қуат бағыттағы органның қатысуымен ғана қамтамасыз етіледі. Бағдарлы қорғаныс, сондай-ақ әдеттегі (нөлдік емес бірізділік) қорғалатын желіде жұмыс істейді және осы қосалқы станциядан шығатын барлық басқа қосылыстардың бүлінуіне жауап бермейді.

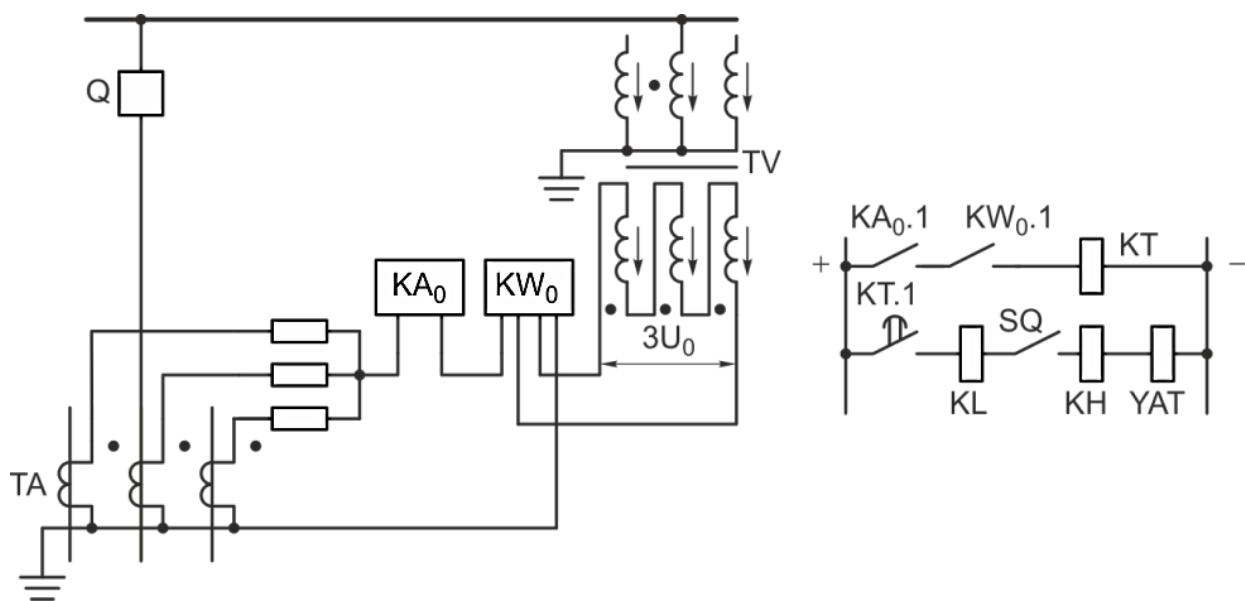


6.8-Сурет. Нөлдік тізбектің максималды бағытталған қорғанысын орналастыру (а) және олардың уақытша кідірістерінің кестесі (b):

1 ... 4 - нөлдік тізбектің максималды бағытталған қорғанысын

Бұл қорғаныс мінез-құлқы ҚТ орын алған кезде нөлдік тізбектің қуатының белгісіне немесе бағытына жауап беретін қуат бағыттағыш реле арқылы қамтамасыз етіледі.

Қуаттың бір бағыты бойынша жұмыс істейтін қорғаныштардың уақытша кешігуі, сатылық қағида бойынша таңдалады. 6.8 Суретте. максималды бағыттағы нөлдік тізбекті қорғаныштарды және олардың уақытша кідірістерінің орналасуын көрсетеді. Нөлдік тізбектің токты бағытталған қорғаныс сызбасы 6.9. суретте көрсетілген



6.9. Сурет. Нөлдік тізбектің токты бағытталған қорғаныс сызбасы

Қорғау КА0-нің бастауыш ток релесінен тұрады, жердегі қысқа тұйықталудың пайда болуына жауап береді, қуат бағытын анықтайтын KW0 релесі қуаттылықты басқарады және ҚТ уақыт релесі селективті күйде талап етілетін уақытша кешігуді жасайды.

Қуат бағытының релесінің бастапқы релесі және ток орамасы ТТ -нің бейтарап сымына 3I0 токпен қосылады және қуат бағытының релесінің поляризациялық орамасы (кернеу орамасы) ашық «үшбұрышқа» қосылған ТК түйіндерінен 3U0 кернеумен қамтамасыз етіледі.

Осылай қосқан кезде KW0 релесі $S_0 = I_0 U_0$ нөлдік тізбектің қуатына жауап береді. Ішкі ауыстыру бұрышын ескере отырып, поляризациялау орамасының және $u = 3U_0$, $I_p = 3I_0$ теңдіктерін, қуат бағытының релесі әрекет ететін қуатты келесідей түрде айқындауға болады:

$$S_p = U_p I_p \sin(\alpha - \varphi_p) = 9U_0 I_0 \sin(\alpha - \varphi_0)$$

мұндағы φ_p —фаза аралық ішкі ауыстыру бұрышы U_p и I_p или U_0 и I_0 , $\varphi_p = \varphi_0$.

6.6.5. Нөлдік тізбек қорғанысын басқа түрлері туралы

Егер жерге ҚТ орын алған жерде сөндіруді жылдамдату қажет болса, онда жерге тұйықталған нейтралды желілерде нөлдік тізбектің токіне жауап беретін ағымдағы ток өткізулер қолданылады. Нөлдік тізбектегі үзілістердің жұмыс қағидасы фазалық тогы бар реакцияға келетін ток өшіру әрекеттерінің қағидаларынан ерекшеленбейді. Нөлдік тізбектегі токты кесу бағытсыз және бағыттаушы, лезде және уақытша кешіктіру арқылы орындалады.

Бұдан басқа, жерлендірілген бейтарап желілерде бағытталған және бағытталмаған сатылық нөлдік тізбекті қорғаныс кеңінен қолданылады. Олардың ішінде, үш сатылы қорғаныс, лезде кесу, уақытша өшіру және нөлдік тізбектегі шамМТҚ қорғаныс кеңінен қолданылды.

6.7. Нөлдік тізбекті токты қорғанысты желідегі жерлендірілген бейтарапта бағалау

Кернеуі 110 ... 500 кВ желілерде нөлдік тізбектің токтық қорғауы кеңінен таралған. Оның оң қасиеттері сызбаның қарапайымдылығы және жоғары сенімділік болып табылады, бұл жұмыс тәжірибесі арқылы расталады.

Нөлдік тізбекті басқару құрылғысы жоғары сезімталдыққа ие, себебі жүктеме токтарынан реттеу қажет емес. Қолайлы жағдайларда, қуатты қорғауды басқару органы жұмыс істейді. Қосалқы станциялар мен электр станцияларының шиналарының маңындағы ең үлкен ҚТ-ларды нөлдік тізбектегі қуат релесі U_0 -ның үлкен кернеуіне ие болады және осылайша сенімді жұмыс істейді (фазалы токты қосатын қуат релесі емес). Нөлдік тізбектегі қуат релесіне дейін кернеу u мен ток I_p арасындағы ығысу бұрышы φ әрқашан оңтайлы болып табылады, сондықтан реле барынша сезімталдық жағдайында жұмыс істейді.

110 ... 500 кВ трансформаторлар желісінің әрбір қосалқы станциясында нөлдіктізбектің ток көзі болып табылатын, жерге орналастырылған бейтараптық желілердің болуына байланысты, нөлдік тізбектің үзілуін кеңінен қолдануға болады, және олармен бірге барлық орташа кернеулі желілерде көп сатылы нөлдік тізбекті қорғаныс және қашықтықта пайдалануға болады.

Қарастырылып жатқан қорғанысөзіне тән кемшіліктерді де қамтиды, олар толық емес фазадағы токтарға әсер етеді және егер фазалық сым ТТ екінші тізбегінде ажыратылса, ол жалған жұмыс істей алады.

Бақылау сұрақтары

1. Нөлдік тізбекте токтар мен кернеулердің пайда болуының негізгі себебі қандай?
2. Бір фазалық жерге тұйықталудан қорғаудың негізгі талаптары қандай?
3. НТТТ (нөлдік тізбектің трансформаторлық тогы) қандай мақсатта қолданылады?
4. Қандай жағдайда бір фазалы жерге тұйықтау ҚТ болып табылады?
5. Нөлдік тізбектің тоқтық бағыттық қорғауы қандай жағдайда қолданылады?

7 тарау

ЖЕЛІЛЕРДІҢ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫ, ҚАШЫҚТЫҚ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ ҚОРҒАНЫСТАРЫ

7.1. Желілердің дифференциалды қорғанысының мақсаты және түрлері

Дифференциалды тоқтық қорғаныс электр жүйесінің қорғалатын элементінің іс жүзінде лездік және талғамалы ажыратылуын қамтамасыз етеді. Сонымен ол ҚТ орын алған учаскені барлық қорғалатын желі шегінде уақыт ұстамынсыз ажыратады. Осы қасиетінің нәтижесінде дифференциалды қорғаныстар кең қолданысқа ие болады.

Дифференциалды ток қорғаныстары токтарды желі ұштары бойымен салыстыратын бойлық және токтарды екі (кейде одан да көп) параллель желілерде салыстыратын көлденең болып бөлінеді.

Бойлық дифференциалды қорғаныстар желілер ұштарының арасындағы байланыс арнасының (әдетте сымды байланыс арнасы) орындалуын талап етеді. Көлденең дифференциалды қорғаныстар бір қосалқы станциядан шығатын желілердің токтарын пайдаланады, сол себепті байланыстың қосымша арналарын қажет етпейді.

Өндірістік жиіліктегі токтар өтетін біршама ұзын сымды байланыс арналарының болуы келесі факторларды есепке алу қажеттілігін туындатады:

- сымдарда тарамдар мен олардың арасындағы сыйымдылықтың елеулі кедергілері болады, бұл трансформаторлардың, генераторлардың, шиналардың және т.б. көлденең қорғаныстарына тән жағдайлардан күрт ерекшеленетін жағдайлардың туындауына әкеледі;
- сымдардағы кернеу деңгейі ҚТ тогының шекті ықшамдықтары кезінде рұқсат етілетін деңгейден аспауы тиіс, бұл көптеген жағдайларда сезгіш қорғаныстың орындалу мүмкіндіктерін шектейді;
- сымды арна ұзақтығының үлкен болуы оның зақымдалу ықтималдығын арттырады, бұл бойлық дифференциалды қорғаныстың жаңылыс іске қосылуын немесе іске қосылмай қалуын туындатады;
- сымды арнаның қорғалатын желімен бір арнажол бойымен өтуі ажыратылған бейтараптамалары бар желілерде жерге қосарлы тұйықталулар кезінде және тікелей жерлендірілген бейтараптамалары бар желілерде жерге ҚТ

кезінде кәбіл тарамдарында бағытталған көлденең ЭҚК туындауына әкелуі мүмкін.

Кернеулері 6 және 10 кВ кәбілдік желілерде бір ажыратқыш арқылы қосылған бірнеше параллель кәбілдері бар желілердің жиі қолданылатыны белгілі. Осы сияқты екі кәбілде параллель желілердің бірдей фазаларының токтарының айырмасына әрекет ететін қарапайым ток қорғанысын орындайды. Мұндай қорғанысты көлденең дифференциалды ток қорғанысы деп атайды.

7.2. Желілердің бойлық дифференциалды қорғанысы

7.2.1. Қорғаныстың әрекет ету қағидаты

7.1. суретті пайдалана отырып желілердің бойлық дифференциалды қорғанысының әрекет ету қағидатын қарастырайық. Қорғалатын желінің ұштарына өзгеру коэффициенттері k_{TT} бірдей ТАІ, ТАІІ ток трансформаторлары орнатылады. Олардың екінші реттік орамалары сымдарымен (фаза бойынша) бірігіп, КА тогының өлшегіш релесінің орамасына қосылады.

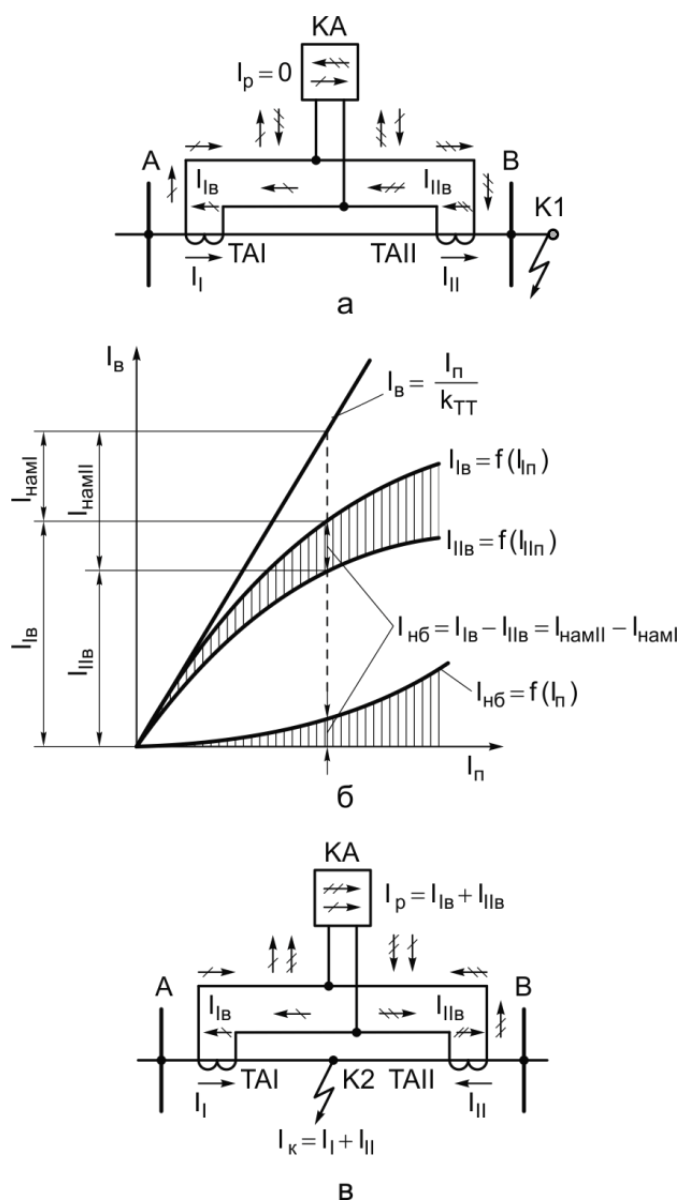
Қалыпты режимде немесе сыртқы ҚТ кезінде (7.1, а суреттегі К1 нүктесі) екі ТТ-да бірдей бастапқы ток $I_I = I_{I_1}$, ал реледе екінші реттік токтардың айырмасы $I_p = I_{I_{1B}} - I_{I_{1B}}$ өтеді.

Қорғалатын аймақтағы ҚТ кезінде (7.1, в суреттегі К2 нүктесі) $I_p = I_{I_{1B}} + I_{I_{1B}}$.

Сонымен, қалыпты режимде және сыртқы ҚТ кезінде реледегі ток екінші реттік токтардың айырмасына, ал қорғалатын желідегі ҚТ кезінде – қосындысына тең.

Ресейде екінші реттік токтарды салыстыруға негізделген айналма токтары бар дифференциалды РҚ сұлбасы қолданылады. Сыртқы ҚТ кезінде (7.1, а суретті қараңыз) $I_{I_{1B}}$ және $I_{I_{1B}}$ екінші реттік токтары КА реле орамасы арқылы тұйықталып, оның бойымен қарама-қарсы бағыттарда өтеді. Реледегі ток токтардың айырмасына тең, ол ТТ өзгеру коэффициенттері тең және олардың жұмыстарында қателік болмаған жағдайда нөлге тең болады, яғни $I_p = I_{I_{1B}} - I_{I_{1B}} = 0$.

Олай болса, мінсіз жағдайда дифференциалды РҚ сыртқы ҚТ-ды, жүктеме және тербеліс токтарын елемейді, сондықтан ол уақыт ұстамынсыз орындалады және жүктеме мен тербеліс токтарының бойына орнатылмайды.



7.1. сурет. Дифференциалды қорғаныстың әрекет ету қағидатына түсінік беретін сұлбалар мен кестелер:

a – қорғалатын желінің сыртындағы ҚТ кезіндегі ток таратылымы; b – теңгерімсіздік тогы; $в$ – қорғалатын желідегі ҚТ кезіндегі ток таратылымы

7.2.2. Қорғаныстың іске қосылу өлшемін анықтау

Шын мәнісінде ТТ қателікпен жұмыс істейді, соның салдарында реледе осыдан бұрын аталған режимдерде теңгерімсіздік тогы орын алады, яғни

$$I_p = I_{IB} - I_{II B} = I_{\text{теңг.}} \quad (7.1.)$$

Сыртқы ҚТ кезінде РҚ іріктелмеген жұмысын болдырмау үшін дифференциалды РҚ іске қосылу тогы $I_{к.і.к}$ теңгерімсіздік тогының ең жоғарғы мәнінен асуы тиіс, яғни

$$I_{к.і.к} > I_{теңг.мах} \quad (7.2)$$

Қорғалатын желідегі ҚТ кезінде (7.1, в сурет) I_I және I_{II} бастапқы токтары қосалқы станциялар шиналарынан желіге (ҚТ орнына) бағытталады. Бұл ретте $I_{Iв}$ және $I_{IIв}$ екінші реттік токтары реле орамаларында жинақталады:

$$I_p = I_{Iв} + I_{IIв} = I_I/k_{TT} = I_K/k_{TT}, \quad (7.3)$$

бұл жерде I_K – ҚТ орнына ағып келген ҚТ толық тогы.

Осы токтың әсерінен РҚ іске қосылады. Өрнек (7.3) дифференциалды РҚ-тың зақымдалған орындағы ҚТ толық тогына әрекет ететінін көрсетеді, сондықтан қуаты екіжақты желілерде ол желінің бір ұшымен ғана өтетін токқа әрекет ететін токтық РҚ-на қарағанда сезімталдығы жоғары болып келеді. РҚ әрекет ету аймағы токтық реле қосылған ТТ арасында орналасқан желі учаскесін қамтиды.

Теңгерімсіздік тогы қорғалатын желінің ұштарына орнатылған ТТ магниттелу токтарының айырмасына тең (7.1, б суретті қараңыз):

$$I_p = I_{тең} = I_{Iмаг} - I_{IIмаг}.$$

бұл жерде $I_{Iмаг}$, $I_{IIмаг}$ – олардың екінші орамаларына келтірілген ТТ магниттелу токтары.

Егер ТТ сипаттамалары (ТАІ және ТАII) бірдей болса, ток $I_{тең} \approx 0$ болады. $I_{тең}$ тогы сыртқы ҚТ бастапқы тогының артуына қарай өседі. Бұл токтың еселігі номиналға қатысты үлкен болған кезде магниттелу токтары артады, бұл $I_{тең}$ -ді бұдан да үлкен дәрежеде арттырады. Бұдан басқа ТТ жүктеме тогы неғұрлым үлкен болса, теңгерімсіздік тогы соғұрлым үлкен болады.

Осылайша, реле $I_{тең}$ тогының ең жоғары есептік мәні бойынша салынуы тиіс, яғни

$$I_{р.і.к} \geq k_{отс} I_{тең.махесеп}$$

Өтпелі режимде ТТ жұмысын нашарлататын негізгі себеп магнит өткізгіштің қанығуына және магниттелу тогының кенет артуына әкелетін ҚТ тогындағы апериодтың құрамдаушының туындауы болып табылады.

Орнықтаған режимдегі ҚТ тогының апериодтыққұрамдаушысының әсер етуін жуықтап бағалау үшін ТТ таңдау кезінде k_a коэффициентін енгізеді, осыны есепке алғанда ТТ бастапқы тогының еселігі номиналға қатысты келесі қалыпта анықталады:

$$k_{10} = k_a \frac{I_{kmax}}{I_{ном}}$$

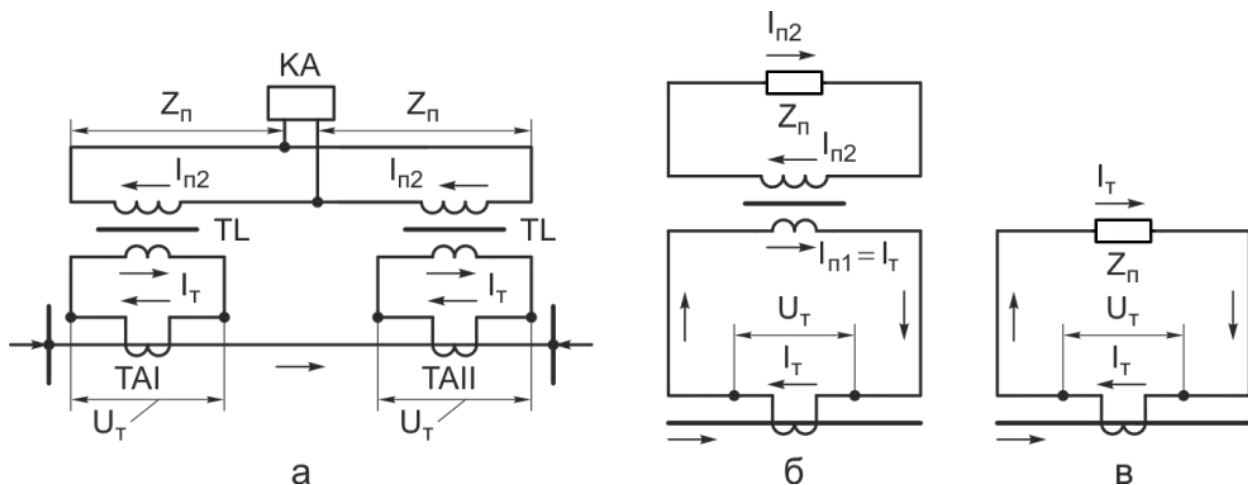
Жедел әрекет ететін РҚ үшін (іске қосылу уақыты $t = 0.1$ с) $k_a = 2$; $t = 0.1 \dots 0.3$ РҚ үшін $k_a = 1.5$ қабылдайды; $t = 1$ РҚ үшін $k_a = 1$ қабылдайды.

Теңгерімсіздік тогының артуына ТТ ажыратылғаннан кейін орын алуы мүмкін болатын ТТ магнит өткізгіштің қалдық магниттелуі елеулі әсерін тигізеді. Егер кейінгі ҚТ кезінде қалдық ағын $\Phi_{калд}$ белгісі бойынша Φ_K магнит ағынымен сәйкес келсе, $\Phi_{калд} + \Phi_K$ қорытқы ағыны ТТ магнит өткізгішінің қанығуын туғызады, осының нәтижесінде $I_{маг}$ магниттелу тогы өседі, соның салдарында $I_{тең}$ теңгерімсіздік тогы артады.

7.2.3. Желілердің бойлық дифференциалды қорғанысын орындау және оны бағалау

Бойлық дифференциалды қорғаныс қолданылатын желілер айтарлықтай ұзын болады, сол себепті дифференциалды қорғаныс ТТ бір-бірінен қашықта орналасқан болып келеді. ТТ екінші реттік орамаларын байланыстыратын сымдардың кедергісі Z_c үлкен болады және ТТ рұқсат етілген жүктемесінен біршама артып кетуі мүмкін. ТТ жүктемесін төмендету үшін ТЛ сұлбаларында көрсетілген түсіруші аралық ТТ (АТТ) қолданылады. Олар ТТ жүктемесін $k_{АТТ}^2$ есе азайтады (бұл жерде $k_{АТТ}$ – АТТ өзгеру коэффициенті), себебі жалғастырғыш сымдардағы токтың мәні $k_{АТТ}$ есе азаяды, ал ТТ жүктемесі $I_B^2 R$ – ге пропорционалды, бұл жерде I_B – ТТ екінші реттік тогы.

Қорғаныс қорғалатын желінің екі ұшындағы ажыратқышты да ажыратуы тиіс болғандықтан, жіберуші және қабылдаушы қосалқы станцияларда бір-бірден - екі дифференциалды реле орнатылады. ТАІ және ТАІІ трансформаторларынан келетін ток жақын және қашықтағы реле арасында олардың тізбектерінің кедергілеріне кері пропорционалды таратылады. Қашықтағы реле тізбегіне жалғастырғыш сымдар енеді, сол себепті қашықтағы релеге баратын ток жақын релеге баратын токтан аз болады. Релеге келген токтардың теңсіздігі нәтижесінде сыртқы ҚТ кезінде $I_{тең}$ тогы біршама артуы мүмкін. $I_{тең}$ тогы бойынша РҚ орнату үшін іске қосылу тогы сыртқы ҚТ тогы артқан кезде өсетін тежегіші бар дифференциалды реле қолданылады.



7.2. сурет. Негізгі ток трансформаторларына түсетін жүктемені төмендету үшін аралық ток трансформаторларын қолдану:

a – АТТ іске қосылу сұлбасы; *б, в* – ток трансформаторларының сәйкесінше АТТ болған кезде және болмаған кездегі жүктемесі

Тежегіші бар реленің екі элементі болады: жұмыстық (Ж) және тежегіш (Т) (7.3 сурет). Жұмыстық элемент ТЛР аралық трансформаторы арқылы дифференциалды сұлба бойынша қосылған. Ж элементімен өтетін ток $I_{ж}$ жұмыстық ток деп аталады. Сыртқы ҚТ кезінде ол I_{IB} және I_{IIB} токтарының айырмасына, ал қорғалатын аймақтағы ҚТ кезінде – олардың қосындысына тең. Тежегіш элемент жалғастырғыш сымдардың жарығына I_{IB} және I_{IIB} токтарына қосылады. Т элементін қуаттандыратын ток реленің іске қосылуына кедергі болады және $I_{теж.т}$ деп аталады. Реленің іске қосылуына қажетті жұмыстық ток,

$$I_{р.і.қ.} = k_{теж.т} I_{теж.т} = k_{теж.т} I_{сырт.ҚТ*}$$

бұл жерде $k_{теж.т}$ – $I_{теж.т}$ тогының әсерінен реленің қатқылдану дәрежесін сипаттайтын тежелу коэффициенті; $k_{теж.т} = 0,3...0,6$ ($k_{теж.т} I_{теж.т} > I_{тең}$ немесе $k_{теж.т} I_{теж.т} = k_{зап} I_{тең}$); $I_{сырт.ҚТ}$ – сыртқы ҚТ тогы.

Реле $I_{р} > k_{теж.т} I_{теж.т}$ болған кезде іске қосылады және зақымдалған желіні ажыратады.

Егер РҚ ҚТ барлық түріне әрекет етсе, дифференциалды релені үш фазада орнатады (қорғалатын желінің әрбір жағына үш-үштен), яғни алты реле және төрттен кем емес жалғастырғыш сым болады.

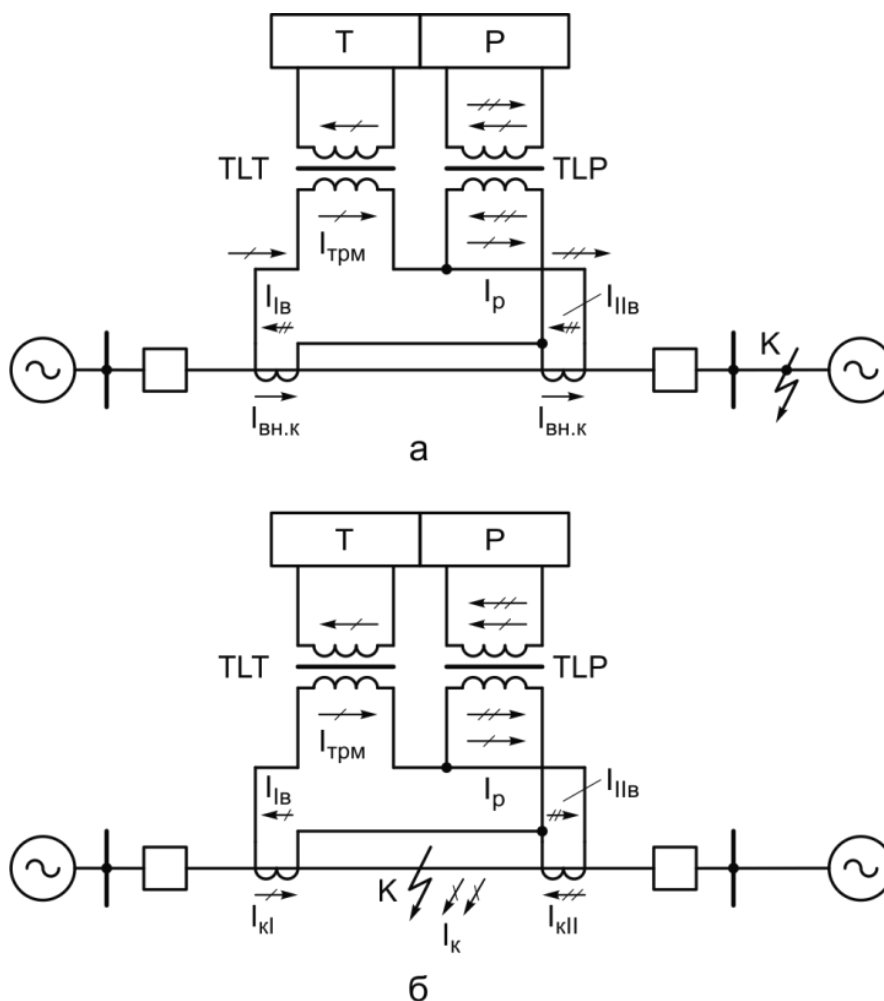
Релелер мен сымдардың санын азайту үшін релені симметриялы құрамдаушылар (тура және кері немесе тура және нөлдік реттілікте) сүзгілері арқылы қосуды қолданады. I_1 тура реттілік құрамдаушысы ҚТ барлық түрлерінде болады. I_2 кері реттілік құрамдаушысы бейсимметриялы бір фазалы

не екі фазалы ҚТ кезінде туындайды. I_0 нөлдік реттілік құрамдаушысы жерге тұйықталу кезінде орын алады.

Бойлық дифференциалды қорғаныстың дұрыс жұмыс істеуі көбінесе жалғастырғыш сымдардың ақаусыздығына байланысты болады, сондықтан олардың жағдайын бақылау бұл РҚ пайдаланудың міндетті шарты болып табылады. Қолданылатын бақылау құрылғылары жалғастырғыш сымдардың ақаулығы болған жағдайда РҚ автоматты түрде істен шығарады [10].

Бұл РҚ-ның негізгі артықшылықтарына қорғалатын желінің кез келген нүктесіндегі зақымның қорғаныспен ажыратылуын, тезәрекеттігін, өлшеуші орган сұлбасы мен құрылысының сенімділігін, тербелістер мен асқын жүктелулерді елемейін жатқызуға болады.

Қорғаныстың кемшіліктері жалғастырғыш кәбіл мен оны тарту құнының жоғары болуымен, сонымен қатар жалғастырғыш сымдар зақымдалған кезде қорғаныстың жалған іске қосылуы мүмкін болуымен шартталады.



7.3. сурет. Тежегішті релені пайдаланатын дифференциалды қорғаныстың жұмыс қағидатына түсінік беретін сұлбалар:

a – сыртқы ҚТ кезінде; *б* – қорғалатын желідегі ҚТ кезінде

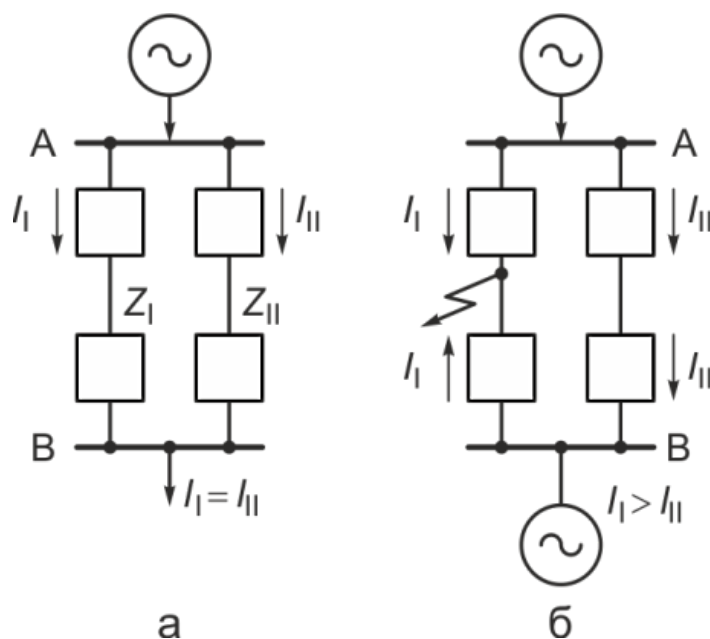
7.3. Желілердің көлденең дифференциалды қорғанысы

7.3.1. Қорғаныстың әрекет ету қағидаты

Дара желілерде де, параллель желілерде де қолданылуы мүмкін бойлық дифференциалды қорғаныстан айырмашылығы - көлденең қорғаныс кедергілері бірдей параллель желілерде ғана қолданылады. Көлденең дифференциалды қорғаныстың әрекет ету қағидаты екі желімен өтетін токтардың шамалары мен фазаларын салыстыруға негізделген.

Қалыпты режимде және сыртқы ҚТ кезінде желілер кедергілерінің теңдігі нәтижесінде олардағы токтар шамасы және фазасы бойынша тең болады ($I_I = I_{II}$) (7.4, а сурет). Желілердің бірінде ҚТ пайда болған жағдайда токтар теңдігі бұзылады. Желінің қуат беруші ұшындағы I_I және I_{II} токтары фаза бойынша сәйкес келеді, бірақ шамасы бойынша ерекшеленеді, ал қабылдаушы ұшында фазасы бойынша қарама-қарсы болады (7.4, б сурет). Осылайша параллель желілердегі токтар теңдігінің шамасында не фазасында бұзылуы желілердің бірінің зақымдалуының белгісі болып табылады.

Көлденең дифференциалды қорғаныстардың екі түрі болады. Бір ортақ ажыратқышқа қосылған параллель желілерде тоқтық көлденең дифференциалды қорғаныс қолданылады, дербес ажыратқыштары бар параллель желілерде – бағытталған көлденең дифференциалды қорғаныс қолданылады.



7.4. сурет. Параллель желілердегі токтардың таратылуы:

а – қалыпты жүктемеде; *б* – желілердің бірінде ҚТ болған кезде

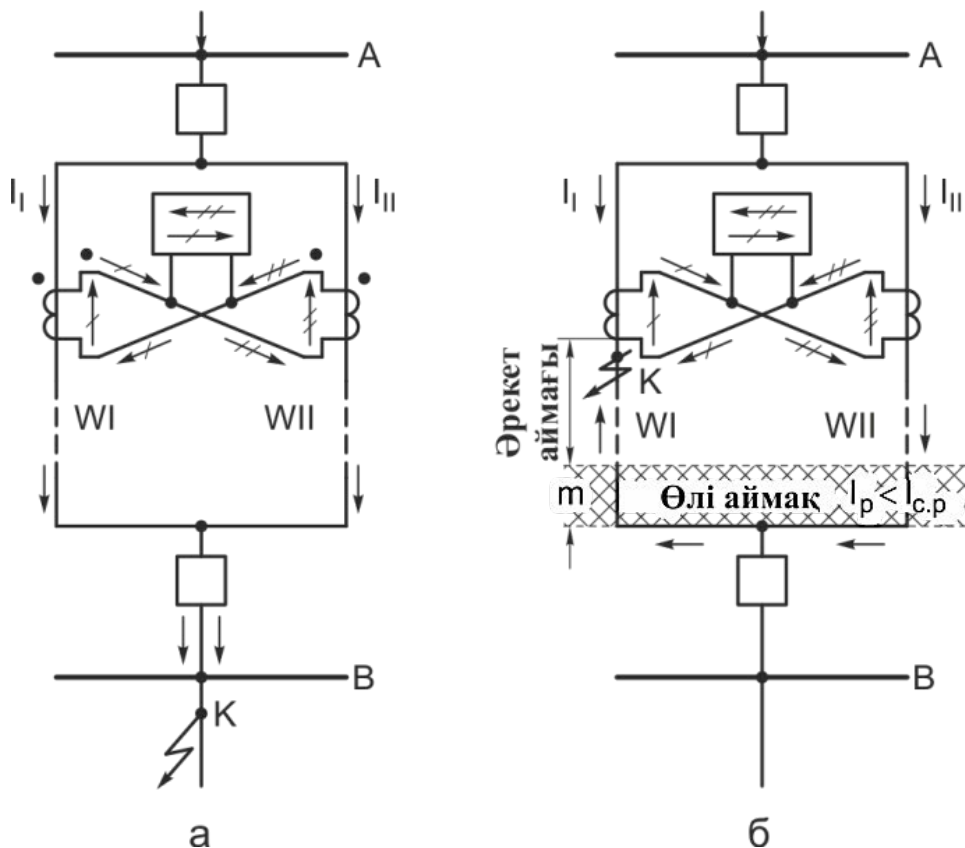
7.3.2. Токтық көлденең дифференциалды қорғаныс

Токтық көлденең дифференциалды қорғаныстың әрекет ету қағидатын 7.5. сурет түсіндіреді. Қорғаныс сұлбалары бір фаза үшін келтірілген.

Параллель желілерді біржақты қуаттандыру кезінде қорғаныс тек қуат көзі жағынан ғана қолданылады, ал қуаттандыруы екіжақты желілерде – параллель желілердің екі жағынан орнатылады. Әр желінің аттас фазаларында өзгеру коэффициенттері бірдей ТТ орнатады. ТТ екінші реттік орамаларын әр аттас қысқыштармен жалғастырады және оларға параллель токтық реле орамасын қосады.

Қалыпты режимде және сыртқы ҚТ кезінде (7.5, а сурет) реледегі ток екінші реттік токтардың айырмасына тең: $I_p = I_{IV} - I_{IIV}$. ТТ-да қателік болмаған жағдайда I_p тогы іс жүзінде нөлге тең, демек қорғаныс жұмыс істемейді, яғни РҚ сыртқы ҚТ-ға, жүктемеге және тербелістерге әрекет етпейді. Сондықтан бұл қорғанысты уақыт ұстамынсыз орындайды және жүктеме токтарынан қорғау үшін салмайды.

Параллель желілердің бірі зақымдалған жағдайда, мысалы WІ (7.5, б сурет), ондағы I_I тогы WІІ ($I_I > I_{II}$) желісіндегі токтан артық болады.



7.5. сурет. Токтық көлденең дифференциалды қорғаныстың әрекет ету қағидатына түсінік беретін сұлбалар:

a – жүктеме және сыртқы ҚТ режимі; *б* – WІ желісіндегі ҚТ режимі

Дифференциалды реледегі токтар теңгерімі бұзылады да, реледе ток пайда болады

$$I_p = I_{IB} - I_{II} \neq 0.$$

Реледегі ток $I_p > I_{c.p.}$ болған кезде қорғаныс іске қосылады да екі желідегі ортақ ажыратқышты ажыратады.

ҚТ нүктесін қорғаныс орнатылған орыннан алып тастаған кезде I_I және I_{II} токтарының қатынасы өзгереді. ҚТ нүктесінің В қосалқы станциясына жақындауына қарай екінші реттік токтар айырмасы азаяды, және В қосалқы станциясы шиналарындағы ҚТ кезінде айырма іс жүзінде нөлге тең болады.

$I_p < I_{c.p.}$ болған кезде қорғаныс жұмысын тоқтатады. Қорғаныстың әрекет ету шегі В қосалқы станциясы шиналарынан m қашықтықта орналасқан нүкте болып табылады. Осы нүктеде $I_p = I_{c.p.}$. Шегінде реледегі ток ҚР кезінде іске қосылуға жеткіліксіз болатын желі учаскелері өлі қорғаныс аймағы деп аталады.

Өлі аймақтың ұзындығы

$$m = \frac{I_{c.з.}}{I_K} l,$$

бұл жерде l - желілер ұзындығы.

Өлі аймағы желілер ұзындығының 10 %-нан аспаса, қорғаныс тиімді деп саналады.

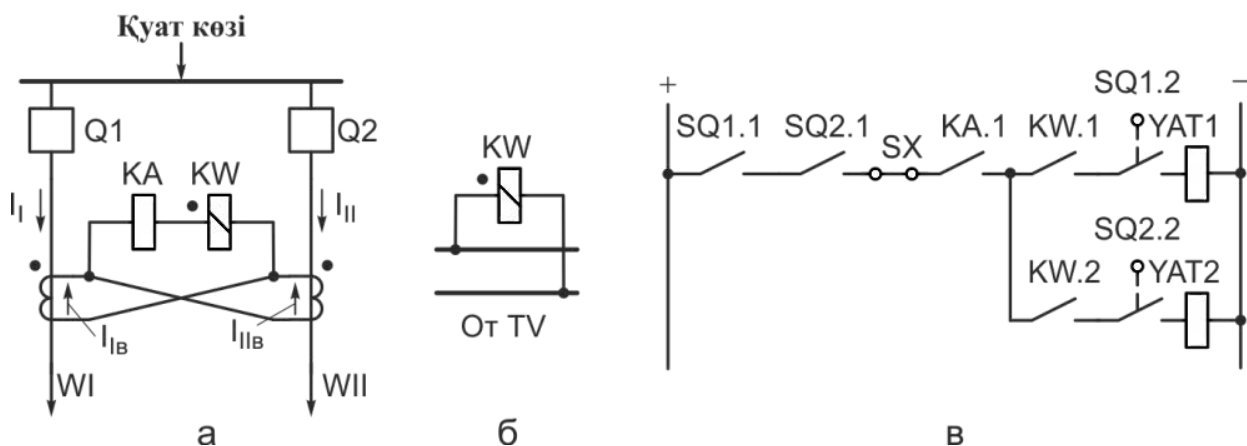
Параллель желілердің бірін ажыратқан жағдайда көлденең дифференциалды қорғаныс лезде жұмыста қалған желінің ең жоғарғы қорғанысына айналады және іріктемей әрекет етеді. Сол себепті желілердің бірін ажыратқан кезде көлденең дифференциалды қорғаныс істен шығарылуы тиіс.

Бұл қорғаныстың кемшілігі сонымен қатар оның зақымдалған желіні анықтамайтыны болып табылады. Сондықтан тоқтық көлденең дифференциалды қорғаныстан басқа параллель желілерде қосымша РҚ қарастыру қажет.

7.3.3. Бағытталған көлденең дифференциалды қорғаныс

Көлденең дифференциалды тоқтық қорғаныс сұлбасына екіжақты әрекетті қуат бағыттау органын енгізу параллель желілердің бірі зақымдалған кезде нақты сол желіні ажыратуға мүмкіндік береді.

Бағытты көлденең дифференциалды қорғаныстың бір фазасының қағидалық сұлбалары 7.6. суретте келтірілген.



7.6. сурет. Параллель желілердің бағытты көлденең дифференциалды РҚ қағидалық сұлбалары:

а – бастапқы сұлба және ток тізбектері; *б* – кернеу тізбектері; *в* – оперативтік тізбектер; *SX* - қорғанысты істен шығаратын бұғаттау

KW қуатты бағыттау релесі мен KA тоқтық релесінің токтық орамалары (7.6, а сурет) біртіндеп жалғанады және $I_p = I_I - I_{II}$ параллель желілер токтарының айырмасына ТТ екінші реттік орамаларына параллель қосылады. Бағытты көлденең дифференциалды қорғаныс жиынтықтары қорғалатын параллель желілердің қуат беруші ұштарында да, қабылдағыш ұштарында да орнатылады.

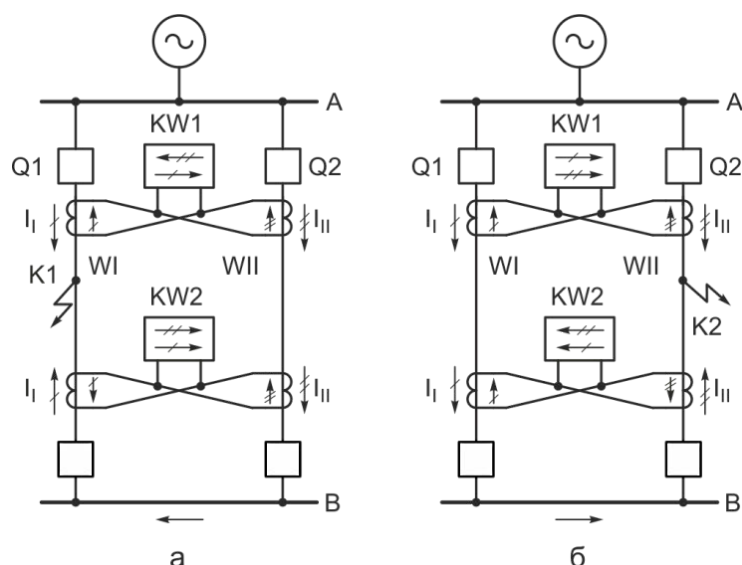
Іске қосылған кезде тұрақты ток кернеуінің KA «плюс» релесі KW релесінің түйіспелеріне тартылады (7.6, в сурет), ол үстіңгі не астыңғы түйіспені тұйықтайды (екі желінің қайсысы зақымдалған болуына байланысты).

Сыртқы ҚТ, жүктеме және тербелістер кезінде бастапқы токтар шамасы бойынша тең және желілердің екі ұшында да бірдей бағытталған, сол себепті іс жүзінде $I_p \approx 0$ деп есептеуге болады және РҚ әрекет етпейді.

Параллель желілердің бірінде ҚТ кезінде $I_p \neq 0$, себебі зақым алған желідегі ток зақымдалмаған желідегіден артық. I_p тогының белгісі мен бағыты қай желі зақымдалғанына байланысты болады.

WI желісіндегі ҚТ кезінде (K1 нүктесі) (7.7, а сурет) қабылдағыш ұшында (В қосалқы станциясы) I_I және I_{II} токтарының бағыттары қарама-қарсы болады: WI желісінде ток В қосалқы станциясы шиналарынан келеді, ал WII желісінде шиналарға қарай барады. Сондықтан $I_p = I_{IB} + I_{IIB}$. Қуат беруші ұшында (А қосалқы станциясы) I_I және I_{II} токтарының бағыттары бірдей, бірақ $I_I > I_{II}$.

Қорғалатын желілеріндегі ҚТ кезінде қуат бағыттау релесі зақымдалған желіні айқын анықтайды. Сол себепті WI желісі K1 нүктесінде зақымдалған жағдайда екі қуат бағыттау релесінің (KW1 және KW2) де оң айналдыру кезі бар, соның нәтижесінде қорғаныс WI желісін ажыратады.

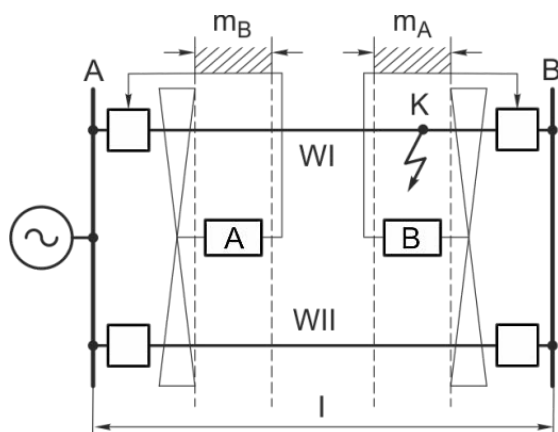


7.7. сурет. WI (а) және WII (б) желілеріндегі ҚТ кезінде көлденең дифференциалды қорғаныстағы ток таратылымдары

WII (K2 нүктесі) (7.7, б сурет) желісіндегі ҚТ кезінде KW1 және KW2 релелерінде теріс айналдыру кездері болады, сол себепті қорғаныс WII желісін ажыратады.

Автоматты бұғаттау РҚ-н параллель желілердің бірінің ажыратқыштарын кез келген себеп бойынша ажыраған кезде істен шығарады, себебі мұндай жағдайда көлденең дифференциалды бағытталған қорғаныс іріктемелі жұмыс істеу қабілетінен айрылады.

Қарама қарсы қосалқы станция шиналарындағы ҚТ кезінде қарастырылып отырған қорғаныстың қосушы органдары көлденең дифференциалды қорғаныс тогының релесі сияқты олардың орамаларындағы токтардың аз болуы себепті іске қосылмайды. Сонымен, В қосалқы станциясы шиналарында орналасқан К нүктесіндегі (7.8 сурет) ҚТ кезінде А қосалқы станциясының қорғанысының қосушы органының релесі іске қосылмайды. Алайда В қосалқы станциясы жағынан РҚ WI зақымдалған желісі ажыратылғаннан кейін А қосалқы станциясы жағынан РҚ іске қосылады, себебі ҚТ барлық тогы А қосалқы станциясынан ҚР орнына барады. РҚ мұндай кезекті әрекеті сатылы, ал шегінде тиісті РҚ сатылы әрекет ететін m_A және m_B аймақтары – сатылы әрекет аймақтары деп аталады.



7.8. сурет. Бағытталған көлденең дифференциалды қорғаныстың сатылы әрекет аймағы

Үш фазалы ҚТ кезінде РҚ орнатылу орнына жақын жердегі қуатты бағыттау релесіне келтірілген U_p қалдық кернеуі өте аз, сол себепті бұл реле жұмыс істемеуі мүмкін. Демек, қарастырылып отырған қорғаныстың кернеу бойынша өлі аймағы болады. Алайда бұл аймақ, әдетте, тым шағын, сондықтан онда үш фазалы металл ҚТ туындау мүмкіндігі де аз болады. Осыны, сонымен қатар желілерде көп фазалы ҚТ-дан қорғайтын уақыт ұстамынсыз тоқтық айырулардың болатынын ескере отырып, әдетте көлденең дифференциалды бағытталған қорғаныс өлі аймағын жоюға бағытталған ешқандай шаралар қарастырылмайды.

Фазалық токтарға қосылған бағытталған көлденең дифференциалды қорғаныс (7.6. суретті қараңыз) үшін іске қосылу тогы

$$I_{\text{қ.і.қ.}} = \frac{k_{\text{отс}} I_{\text{Hmax}}}{k_B},$$

бұл жерде $k_{\text{отс}} = 1,5...2,0$; I_{Hmax} – параллель желілердегі жүктеменің ең жоғарғы жиынтық тогы.

7.3.4. Қорғанысты бағалау және оның қолданылу аясы

Көлденең дифференциалды тоқтық қорғаныс тербелістерді елемейтін, біршама қарапайым, тез әрекетті және сезімталдығы жоғары РҚ болып табылады. Оның кемшіліктеріне кернеу бойынша өлі аймақтың және сатылы әрекет аймағының болуын, сонымен қатар біржақты ҚТ бар қорғалатын желілердің бірінің сымдары үзілген кезде екі желіні де ажыратумен қатар жүретін теріс әрекет етуі мүмкіндігін жатқызуға болады.

Ажыратылған немесе өтемделген бейтараптамалары бар желілерде сатылы әрекет ету барысында, бір тұйықталу параллель желілердің бірінде, ал екіншісі олардың сыртында болған кезде қорғаныс жерге қосарлы тұйықталу кезінде екі желіні де ажыратуы мүмкін. Қарастырылып отырған РҚ шын мәнінде екі параллель желінің қорғанысы болып табылады. Олардың бірі ажыратылған кезде ол автоматты түрде істен шығарылады. Мұндай жағдайда осы РҚ-пен қатар резервті болып табылатын және іргелес элементтерді қорғау үшін қызмет ететін қосымша РҚ қарастырылуы тиіс. Көлденең дифференциалды бағытталған қорғанысты пайдалану тәжірибесі аталған кемшіліктердің біразы сирек байқалатынын көрсетті, сол себепті аталған қорғаныс кернеуі 220 кВ және одан төмен желілерде кеңінен пайдаланылады.

7.4. Желілердің қашықтық қорғанысы

7.4.1. Қашықтық қорғаныстың мақсаты және әрекет ету қағидаты

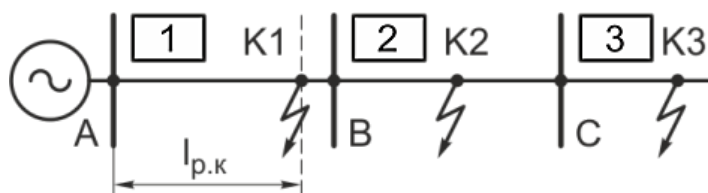
Бірнеше қуат көздері бар күрделі кескіндемелі желілерде бұрын қарастырылған ең жоғарғы және бағытталған қорғаныстар ҚТ бар учаскені іріктемелі ажыратуды қамтамасыз ете алмайды.

Осыған байланысты кез келген кескіндемелі желілерде іріктелгіштікті және сезімталдылықты қамтамасыз ететін, талап етілетін тез әрекеттігі бар қорғанысты алуға болатын басқа әрекет ету қағидаттарын қолдану қажеттілігі туындады. Осы тәрізді қорғаныстардың бірі қашықтық қорғаныс болып табылады. Өз атауын ол энергия жүйесінің бақыланбалы өлшемі – $Z = U/I$ кешенді кедергі – көптеген жағдайларда қорғаныс орнатылған орын мен ҚТ орнының арасындағы қашықтыққа (дистанцияға) пропорционалды болғандықтан алды.

Қашықтық қорғаныстың негізгі элементі ҚТ-дың РҚ орнатылған орыннан қашықтығын анықтайтын қашықтықтан өлшеуші орган (ҚО) болып табылады. ҚО ретінде желінің зақымдалған учаскесінің толық Z -не, реактивті X -не немесе белсенді R кедергісіне әрекет ететін реле қолданылады. Кедергі түріне қарай қашықтық қорғаныстар толық, реактивті және белсенді қорғаныстарға бөлінеді. Көбінесе толық кедергіге әрекет ететін қашықтық қорғаныстар қолданылады.

Кернеулері 6 және 10 кВ тарату желілері, әдетте, күрделі кескіндемемен ерекшеленбейді де, тез әрекеттік талабы шешуші болып табылмайды. Сол себепті қашықтық қорғаныстар тек МТҚ уақыт ұстамының деңгейі ретсіз жоғары, ал сезімталдығы – төмен, кернеуі 35 Кв және одан жоғары желілерде ғана кең қолданысқа ие. Тек желілік резервтеуі бар кернеуі 10 кВ бөлімделген әуе желілерінде (ӘЖ) ғана кей жағдайларда қашықтық қорғаныстар пайдаланылады.

Ресейде қабылданған тәжірибеге сәйкес қашықтық қорғаныстар фазааралық ҚТ учаскелерін ажырату үшін ғана, соның ішінде ажыратылған немесе өтемделген желілердегі жерге қосарды тұйықталулар кезінде қолданылады.

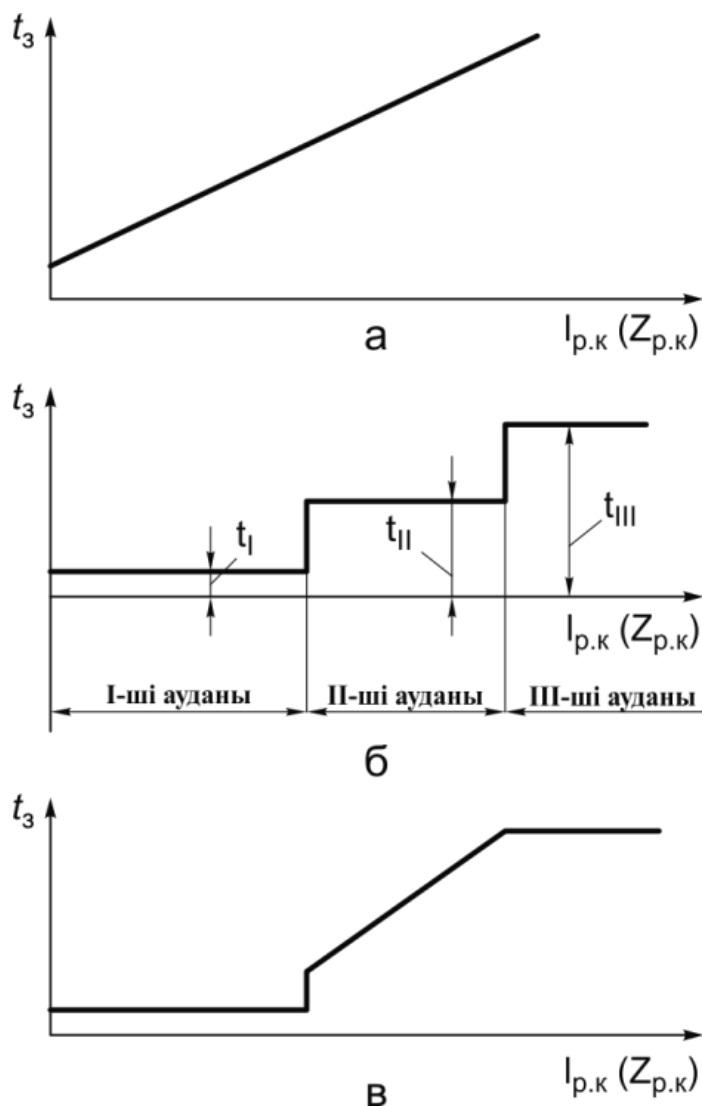


7.9. сурет. Қашықтық қорғаныстың уақыт ұстамы тәуелді болатын ҚТ орнына дейінгі $l_{p.k}$ қашықтық:

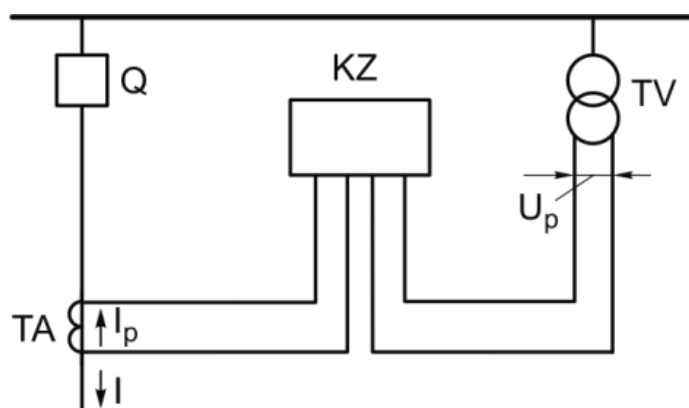
1...3 – қашықтық қорғаныстар

Қашықтық қорғаныс қорғаныс орнатылған орындағы кернеудің токқа қатынасына әрекет етеді. Бұл қатынас қорғаныс релесі қысқыштарындағы кедергі деп аталады. Релені тиісті түрде іске қосқан кезде бұл кедергі қорғаныс орнатылған орыннан ҚТ орнына дейінгі қашықтыққа пропорционалды және электрмен жабдықтау жүйесінің жұмыс режиміне тәуелді болмайды.

Қашықтық қорғаныстың t_K уақыт ұстамы қорғаныс орнатылған орыннан ҚТ нүктесіне дейінгі $I_{p.k.}$ қашықтыққа (7.9. сурет) тәуелді, яғни $t_K = f(I_{p.k.})$. Осы қашықтық үлкейген сайын t_K өседі (7.10. сурет). Осы тәрізді әрекет ету қағидатында зақымдалу орнына ең жақын қашықтық қорғаныс алыстау орналасқан қорғаныстармен салыстырғанда уақыт ұстамы аз болады, соның нәтижесінде зақымдалған учаскенің іріктемелі ажыратылуы автоматты түрде қамтамасыз етіледі.



7.10. сурет. Қашықтық қорғаныстардың $t_K = f(I_{p.k.})$ сипаттамалары:
 a – көлбеу; $б$ – сатылы; $в$ – құрамдастырылған



7.11. сурет. ҚТ кедергі релесінің ток және кернеу тізбектерін қосу

Қашықтық қорғаныста ҚТ нүктесіне дейінгі $Z_{p.k.}$ кедергісін анықтау үшін қолданылатын кедергі релелері (КР) қашықтық қорғаныс орнатылған орындағы кернеу мен тоқты бақылайды. КР қысқыштарына КТ екінші реттік орамаларының U_p кернеуі мен ТТ екінші реттік I_p тогы келтіріледі (7.11. сурет). КР релесінің беталысы жалпы жағдайда U_p/I_p қатынасына тәуелді болады. Бұл қатынас бірқатар Z_p кедергілеріне келеді. $Z_p = Z_{p.k.}$ ҚТ кезінде. $Z_{p.k.}$ белгілі мәндерінде КР іске қосылады; ол Z_p азаюына әрекет етеді, себебі ҚТ кезінде U_p азаяды, ал I_p артады.

РК іске қосылатын Z_p ең үлкен мәні $Z_{c.p.}$ реле іске қосылу кедергісі деп аталады:

$$Z_p = U_p/I_p \leq Z_{c.p.}$$

Электрмеханикалық және жартылай өткізгіштік толық кедергі релелері электрмен жабдықтау жүйелері желілерінің қашықтық қорғаныстарында кең қолданыс тапты. Электрмеханикалық толық кедергі релесі дәл қуат бағыттау релелері сияқты ток фазаларын салыстыру индукциялық құрылғысы базасында, жартылай өткізгіш толық кедергі релесі – релеге келтірілген екі шама: I_p ток пен U_p кернеудің абсолюттік мәндерін салыстыру сұлбасы базасында орындалады. Релеге келтірілген I_p ток пен U_p кернеу $U_1 \sim U_p$ және $U_2 \sim I_p$ пропорционалды түзетілген кернеулерге айналады. U_1 және U_2 кернеулерінің тұрақты құрамдаушылары өзара салыстырылады. $U_1 > U_2$ болған кезде $U = U_2 - U_1$ кернеуіне қосылған нөл-индикатор іске қосылады, бұл КР іске қосылуын туындатады.

КР іске қосылу аумағының шектеулері бар: реле ($Z_{жұм.min}$) жүктеме кедергісі кезінде және тербелістер кезінде іске қосылмауы тиіс:

$$Z_{c.p.} < Z_{жұм.min};$$

$$Z_{с.р.} < Z_{тер.}$$

ҚО жұмысына КР кіріс қысқыштарындағы Z_p мен ҚТ орнына дейінгі $l_{p.к.}$ қашықтығының арасындағы пропорционалдықты бұзатын бірқатар факторлар әсерін тигізеді. Мұндай факторларға жатады:

- зақымдалу орнындағы R_n өтпелі кедергі;
- қашықтық қорғаныс орнатылған орын мен ҚТ нүктесінің арасында қосылған қуат көздерінен ҚТ орнына жіберілетін толықтыру токтары;
- КР-не U_p кернеуін және I_p тогын беретін ТТ және КТ қателіктері.

ҚО тағайындамасы мен сипаттамаларын таңдау кезінде іріктеушіліктің бұзылуын және әрекет ету аймағының жарамайтын қысқарылуын болдырмау үшін Z_p бұрмалануын есепке алу қажет.

Күрделі кескіндеме желілерінде екіжақты қуаттану желілеріндегі іріктеушілікті қамтамасыз ету үшін қашықтық қорғанысты бағытталған, ҚТ қуатының шиналардан желіге бағытталған кезде әрекет ететін етіп орындайды.

7.4.2. Қашықтық қорғанысты орындау және оның жұмысы

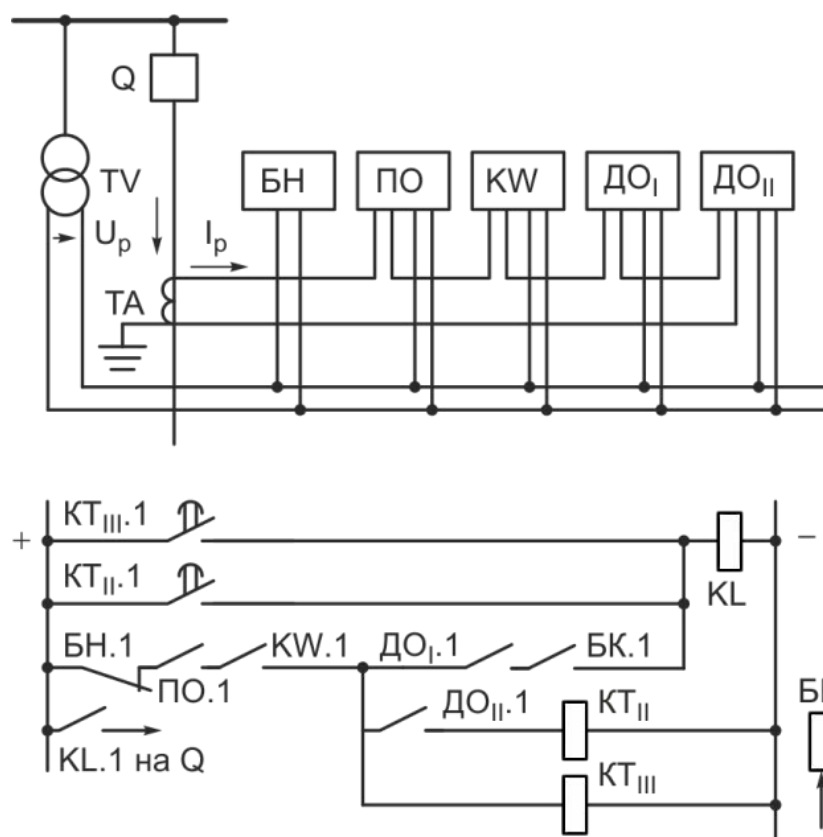
Қашықтық қорғаныс тоқтық сияқты, әдетте, үш сатылы етіп орындалады (7.10, б сурет). Әрбір сатының өлшемдері қорғалатын аймақ ұзындығы мен іске қосылу уақыты болып табылады. К2 нүктесінде зақым болған кезде (7.9. суретті қараңыз) 1 және 2 қорғаныстар іске қосылады, бірақ зақымдалған учаскені оған ең жақын орналасқан қорғаныс, яғни 2 қорғаныс ажыратады.

Отандық энергия жүйелерінде қашықтық қорғаныс фазааралық ҚТ кезінде қолданылады. Бірфазалы ҚТ кезінде әрекет ету үшін қарапайымдау нөл реттілікті сатылы МТҚ пайдаланылады (6.6.5. тарау бөлігін қараңыз).

Қашықтық қорғаныс күрделі қорғаныстар санатына жатады. Оның барлық түрлері белгілі бір біртектес қызметтерді орындайтын бірнеше ортақ элементтерден (қорғаныс органдарынан) тұрады. Қашықтық қорғаныс органдары арасындағы өзара байланысты, олардың мақсаты мен олармен орындалатын қызметтерді 7.12 суретте келтірілген қорғаныстың сатылы сипаттамалы жеңілдетілген құрылымдық сұлбасын пайдалана отырып түсіндіруге болады (сұлба бір фаза үшін көрсетілген).

Қорғанысқа келесі элементтер енеді:

- ҚТ туындаған кезде қорғаныстың іске қосылуына рұқсат беретін ҚО қосушы орган. Әдетте қосушы орган толық кедергі релесінің не тоқтық реленің көмегімен орындалады. 7.12 суретте қосушы орган ретінде желінің I_p тогы және U_p кернеуімен қуат алатын кедергі релесі көрсетілген;



7.12. сурет. Үш сатылы қашықтық қорғаныстың жеңілдетілген сұлбасы

• ҚТ-дың РҚ орнатылған орыннан қашықтығын анықтайтын ҚО_I, ҚО_{II} қашықтық органдары. Сатылы қорғаныстарда қашықтық органдар ең аз кедергі релесінің көмегімен орындалады. Релеге қорғалатын желінің I_p тогы және U_p кернеуі келтіріледі де, ол келесі шартта іске қосылады

$$Z_p = \frac{U_p}{I_p} < Z_{c.p.}; \quad (7.4)$$

• қашықтық органдар беталысына байланысты қорғаныс әрекет ететін уақыт ұстамын жасайтын КТ_{II}, КТ_{III} уақыт ұстамы органдары. Қалыпты құрылымды уақыт релесі түрінде орындалады;

• ҚТ қуаты қосалқы станциялар шиналарына бағытталған кезде қорғанысқа жұмыс істеуге жол бермейтін КВ қуатты бағыттау органы. Қуатты бағыттау релесінің көмегімен орындалады және қосушы және қашықтық органдарда бағыттылық болмаған жағдайларда қарастырылады;

• қорғанысты қуаттандыратын кернеу тізбектеріндегі ақаулар кезінде U_p кернеуінің жоғалып кетуінен КБ бұғаттау. (7.4) формулада көрсетілгендей, $U_p = 0$ $Z_p = 0$. Бұл жағдайларда қосушы релелер (егер олар Z кедергісіне әрекет етсе) және қорғаныстың қашықтық органдары іске қосылады, бұл қорғаныстың дұрыс жұмыс істемеуіне әкелуі мүмкін. КБ бұғаттауы кернеу тізбектеріндегі

ақаулар кезінде іске қосылып, қорғаныстың оперативті тогын ажыратады да, сонымен оған ажыратылуға іске қосылуына жол бермейді;

- жүйедегі тербелістер кезіндегі қорғаныстың бұрыс әрекетінен КБ бұғаттау. Бұл режимде U_p кернеуі төмендейді, ал I_p тогы артады; осы кезде (7.4) формулаға сәйкес Z_p кедергісі азаяды, соның нәтижесінде қосушы және қашықтық органдар іске қосылып, қорғаныстың бұрыс әрекетін туындатуы мүмкін. Тербелістер туындаған кезде КБ бұғаттауы іске қосылып, қорғаныстың ажыратылу тізбегін ағытып, оны істен шығарады.

Желідегі ҚТ кезінде ҚО қосушы реле және КВ қуатты бағыттау релесі жұмыс істейді. Олардың түйіспелері арқылы тұрақты токтың кернеуінің «плюсі» қашықтық органдар түйіспелеріне және үшінші аймақ уақыт релесінің шарғысына беріледі. Егер ҚР бірінші аймақ шегінде туындаған болса, бірінші аймақтың қашықтық органы ҚО_I желінің ажыратылу тізбегін түзіп түйіспелерді тұйықтайды. Егер ҚТ екінші аймақта орын алған болса, ҚО_I жұмыс істемейді, себебі оның қысқыштарындағы кедергі бірінші аймақтың іске қосылу кедергісінің тағайындамасынан үлкен болады ($Z_p > Z_I$). Бұл жағдайда екінші аймақтың ҚО_{II} қашықтық органы іске қосылады. Ол түйіспелерді тұйықтап, КТ_{II} уақыт релесін іске қосады. t_{II} уақыт өткеннен кейін КТ_{II} релесі ажыратылуға импульс жіберіп, өз түйіспелерін тұйықтайды.

Екінші аймақ шегінен тысқары жердегі ҚТ кезінде ҚО_I және ҚО_{II} жұмыс істемейді, себебі олардың қысқыштарындағы кедергі іске қосылу кедергісінің тағайындамасынан асып кетеді. Қорғаныс бірінші және екінші аймақтардағы уақыт ұстамымен әрекет ете алмайды. Қосушы релемен жүргізілген КТ_{III} уақыт релесі өзінің t_{III} уақыт ұстамы өткеннен кейін іске қосылады және ажыратқышты ажыратуға импульстар жібереді. Қорғанысты жеңілдету үшін үшінші аймаққа арнайы өлшеуші органдарды әдетте орнатпайды.

Элементтер базасын жаңғырту КР-не де келіп жетті. КР өлшемдерін жақсарту үшін интегралдық операциялық күшейткіштерді қолданумен қатар біздің елімізде микропроцессорлық базадағы қашықтық қорғаныстар қолданылады.

Отандық тәжірибеде ең кең тараған қашықтық қорғаныстар ЭПЗ-1636 және ШДЭ-2801 (ИМС-да).

7.4.3. Қашықтық қорғанысты бағалау

Қашықтық қорғаныстың негізгі артықшылықтарына жатады: оның әрекетінің кез келген кескіндемедегі желілердегі кез келген қуат көзі санындағы іріктелгіштігі; қорғалатын желінің 85...90 % қамтитын I аймақпен

қамтамасыз етілетін қорғалатын учаскенің бас жағындағы ҚТ кезінде аз уақыт ұстамы; МТҚ-дан қарағанда әрекет ету аймағы тұрақтылығының үлкендеу болуы; ҚТ кезіндегі айтарлықтай үлкен сезімталдық және МТҚ-на қарағанда кернеулер мен тербелістер бойынша жөнделімінің жақсырақ болуы.

Қашықтық қорғаныстың кемшіліктері: барлық қорғалатын желі шегінде ҚТ орын алған учаскені лезде ажыратуды қамтамасыз етудің мүмкін еместігі; жүктеме мен тербелістерге әрекет етуі, кернеу тізбектеріндегі ақаулар кезінде жалған жұмыс істеуі мүмкіндігі; қашықтық қорғаныс және ҚО сұлбаларының күрделілігі.

7.5. Жоғары жиілікті қорғаныстар

7.5.1. Жоғары жиілікті қорғаныстардың мақсаты және түрлері

Жоғары жиілікті қорғаныстар электр станциялары мен бүтіндей энергия жүйесінің параллель жұмысының тұрақтылығын қамтамасыз ету, сонымен қатар технологиялық процесстің тұрақтылығын сақтап қалу мақсатында желіні кез келген нүктесінде ҚТ туындаған кезде жылдам ажыратуға арналған. Жоғары жиілікті қорғаныстар қорғалатын желінің ұштарында орналасқан екі жиынтықтан тұрады, олардың арасындағы байланыс қорғалатын желі сымдарының бойымен берілетін жоғары жиіліктегі (ЖЖ) токтар арқылы жүзеге асырылады. Жоғары жиілікті қорғаныс қорғалатын желіден тысқары жердегі ҚТ-ға әрекет етпейді, сондықтан уақыт ұстамы болмайды.

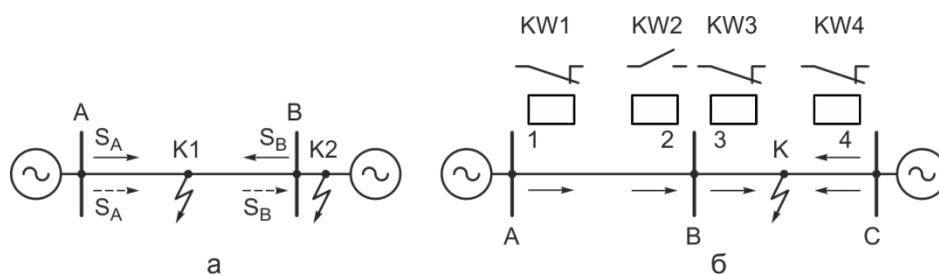
Үш түрлі жоғары жиілікті қорғаныстар қолданылады:

- 1) қорғалатын желі ұштарындағы қуаттың бағыттарын (белгілерін) салыстыруға негізделген, ЖЖ-бұғаттауы бар бағытталған;
- 2) желінің ұштарындағы ҚТ токтарының фазаларын салыстыруға негізделген, дифференциалды-фазалық;
- 3) бірінші екі қағиданы үйлестіріп, құрамдастырылған бағытталған және дифференциалды-фазалық.

Жоғары жиілікті қорғаныстар екі бөліктен тұрады: релелік және жоғары жиілікті.

7.5.2. ЖЖ-бұғаттауы бар бағытталған қорғаныстың әрекет ету қағидаттары

Бағытталған жоғары жиілікті РҚ қорғалатын желінің ұштарындағы ҚТ қуатының бағыттарына (белгілері) әрекет етеді.

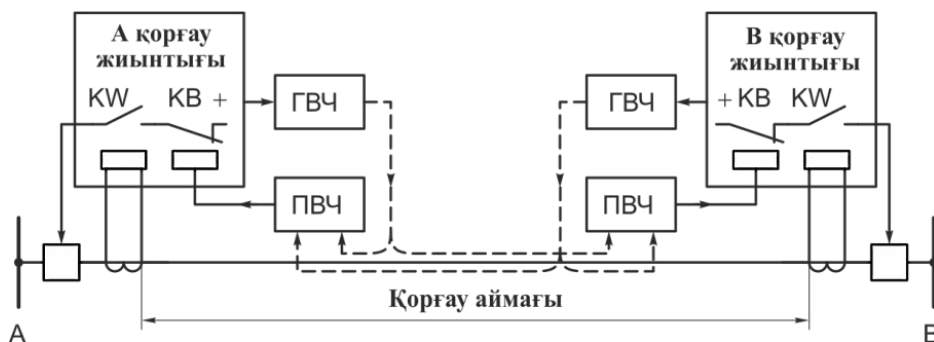


7.13. сурет. Желінің өзіндегі (K1 нүктесі) және оның шегінен тысқары жердегі (K2 нүктесі) ҚТ кезінде желі ұштарындағы қуаттың бағыттары (а); желі ұштарындағы қуат бағыттарын қуатты бағыттау KW релесінің көмегімен салыстыру (б):

1...4 – релелік қорғаныстар

Қорғалатын желідегі ҚТ кезінде (K1 нүктесінде) АВ зақымдалған учаскенің екі ұшындағы ҚТ қуаттары шиналардан желіге бағытталған (7.13, а суреттегі тұтас көрсеткіштер). Желі шегінен тысқары жердегі ҚТ кезінде (K2 нүктесінде) қорғалатын желінің ұштарының біріндегі ҚТ қуатының бағыты қарама қарсыға өзгереді. 7.13,а суреттен көрініп тұрғандай желінің зақымдалу орнына ең жақын В ұшындағы ҚТ қуаты S_B шиналарға, ал қашықтағы А ұшындағысы – шиналардан желіге бағытталған (үзік сызықты көрсеткіштер).

Қорғалатын желі ұштарындағы ҚТ қуаттарының бағыттары бойынша зақымның қай жерде туындағанын анықтауға болады: осы желіде ме әлде одан тысқары ма. Салыстыру желінің екі ұшына орнатылып, қорғалатын желіде ҚТ туындаған жағдайда олар жоғары жиілікті РҚ ажыратылуына бағытталған әрекетіне рұқсат ететіндей етіп қосылған қуатты бағыттау KW релесінің көмегімен жүзеге асырылады (7.13, б сурет). Бұл жағдайда К нүктесіндегі ҚТ кезінде (7.13, б суретті қараңыз) желінің екі ұшында да ВС зақымдалған желіде орнатылған KW3 және KW4 релелері іске қосылады. Зақымдалмаған АВ желісінде қуатты бағыттау KW1 релесі қорғаныстың ажыратуға бағытталған әрекетіне рұқсат беріп, іске қосылады, алайда АВ желісінің В қабылдаушы ұшындағы ҚТ қуаты желіден шиналарға бағытталғандықтан, KW2 релесі өз түйіспелерін ағытады, сонымен Р32 қорғаныстың (7.13,б суреттегі 2 поз.) ажыратуға бағытталған әрекетіне тыйым салады, бір мезетте АВ желісі сымдарының бойымен ЖЖ-сигнал жіберіп, Р31 (1 поз.) әрекетін бұғаттайды.



7.14 сурет. ЖЖ-бұғаттауы бар бағытталған жоғары жиілікті қорғаныстың әрекет ету қағидасына түсінік беретін сұлба

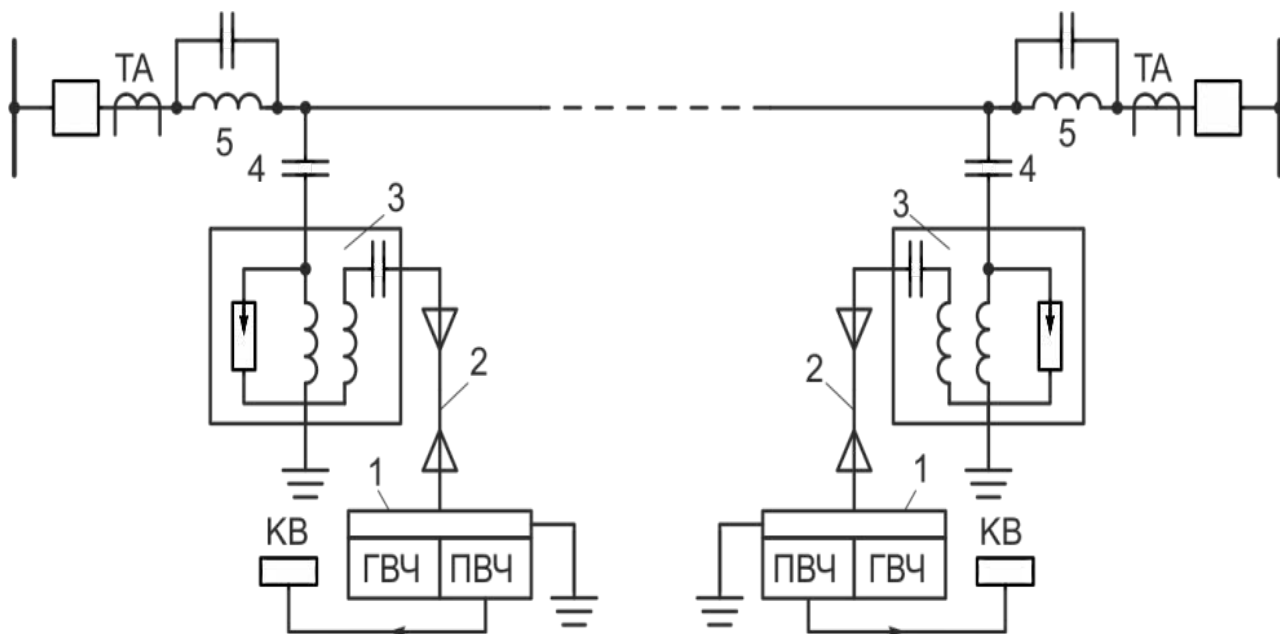
Бұғаттаушы сигнал қуаттың желіден шиналарға бағытталуына әрекет ететін қуатты бағыттау релесімен басқарылатын арнайы жоғары жиілікті генераторлармен (ЖЖГ) беріледі де, ЖЖГ жиілігіне дәлденген арнайы ЖЖ токтарын қабылдағыштармен (ЖЖҚ) қабылданады (7.14 сурет). ЖЖ-сигналды қабылдап алып, ЖЖҚ токты РҚ ажыртылуының тізбегін ағытатын КВ бұғаттаушы релесінің орамасына береді.

Егер ҚТ қорғалатын желіде орын алса, бұғаттаушы сигнал болмайды, себебі қуатты бағыттау релесі іске қосылып, желінің екі ұшындағы ЖЖГ-на әрекет етуге рұқсат бермейді. КВ реле түйіспелері тұйықталған болып қалады, сонымен РҚ-қа ажыратылуға әрекет етуге рұқсат береді.

Демек, РҚ әрекетінің алдын алатын бұғаттаушы ЖЖ-сигнал, желіде тек сыртқы ҚТ туындаған кезде ғана пайда болады. Мұндай қағидат бойынша нөл не кері реттілік токтары құрамдаушыларының бағыттарын салыстыратын РҚ орындалады.

7.5.3. Қорғаныстың жоғары жиілікті бөлігінің орындалу және жұмыс істеу қағидаттары

7.15 суретте фаза – жер сұлбасы бойынша ЖЖ-арнасы көрсетілген, онда ЖЖ ток желі сымдарының бірімен өтіп, жердің бойымен қайтады.

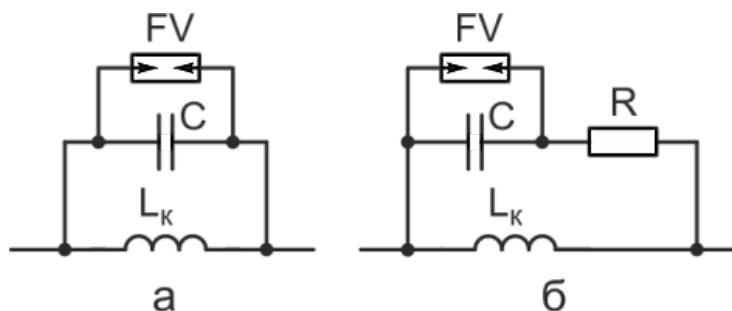


7.15. сурет. Жоғары жиілікті арнаның қағидалы сұлбасы:

1 – жоғары жиілікті аппарат; 2 – жоғары жиілікті кәбіл; 3 – жалғасу сүзгісі; 4 – жоғары кернеулі байланыс конденсаторы; 5 – бөгеуші.

7.16. сурет. Резонансты (біржиілікті)

(а) және кең жолақты (б) жоғары жиілікті бөгеушілер:
 FV – разрядтағыш; L_K – индуктивтіліктің күштік шарғысы



Желінің екі ұшында да ЖЖ сигналын өндіретін таратқыштан (ЖЖГ) және оларды қабылдайтын қабылдағыштан (ЖЖК) тұратын жоғары жиілікті аппараттар (ЖЖА) 1 орнатылады. ЖЖА шығыстық тізбегі бір қысқышымен жерге, екіншісімен – 2 жоғары жиілікті кәбіл, 3 жалғасу сүзгісі, 4 жоғары кернеулі байланыс конденсаторы арқылы желі сымына қосылады. Жж токтарын тарату үшін қолданылатын желінің ұштарына ЖЖ токтарына желі шегінен тысқары шығуға жол бермейтін 5 бөгеушілер орнатылады. Жоғары жиілікті бөгеушілер резонансты (7.16, а сурет) және кең жолақты (7.16, б сурет) болады.

Таратқышпен өндірілетін энергияның бір бөлігі арна элементтерінде (кәбілде, жалғасу сүзгілерінде, байланыс конденсаторларында, қорғалатын желі сымдарында) жоғалып кетеді, сонымен қатар 5 бөгеушілер арқылы кетеді (7.15 суретті қараңыз). Сол себепті ЖЖ-таратқыш арнадағы жоғалтуларды бірқатар артық қормен жауып, қарама-қарсы ұшындағы қабылдағышқа келіп түсетін ЖЖ-сигнал қуатының жеткілікті деңгейін қамтамасыз етуі тиіс.

4 байланыс конденсаторы постты жоғары кернеулі (ЖК) желіге жалғауға арналған. Оның кедергісі жиілікке тәуелді: $X_C = 1/(2\pi fC)$. Жиілігі $f=50\text{ Гц}$ токтар үшін ол үлкен ($X_C > 1\text{ МОм}$), сондықтан токтың кемуі өте аз мөлшерде болады.

2 жоғары жиілікті кәбілде толқынды кедергі (75 ± 3) Ом және шағын өшуі бар. Ол ЖЖА-тың кәбілдің кіріс кедергісін желінің кіріс кедергісімен үйлестіретін 3 жалғасу сүзгісімен байланысы үшін қызмет етеді.

5 бөгеушінің кедергісі жиілікке тәуелді: ЖЖ токтары үшін ол үлкен, өндірістік жиіліктегі токтар үшін – өте аз.

7.5.4. Жоғары жиілікті қорғаныстарды бағалау және олардың қолданылу аясы

Ресей энергия жүйелерінде келесі жоғары жиілікті қорғаныстар қолданылады:

- электр механикалық реле базасында орындалған және ҚТ барлық түрлерінен негізгі тез әрекет ететін РҚ ретінде кернеулері 110 және 220 кВ желілерге арналған ДФҚ-201 тәрізді дифференциалды-фазалы. ДФҚ әрекет ету

қағидасы қорғалатын желінің ұштарындағы тура және кері реттілік токтарының фазаларын салыстыруға негізделген;

- кернеулері 110 және 330 кВ желілерге арналған, бір реттік АҚҚ жоқ, МСИ-ндағы ПДЭ-2802 тәрізді ҚТ барлық түрлерінен негізгі тез әрекет ететін РҚ ретінде ЖЖ-бұғаттауы бар бағытталған қорғаныс. ПДЭ әрекет ету қағидасы қорғалатын желінің ұштарындағы қуат бағыттарын салыстыруға негізделген;

Жоғары жиілікті РҚ кернеулері 110...1150 кВ желілерде негізгі РҚ ретінде кең қолданысқа ие болды. Олар желінің кез келген кескіндемесінде ҚТ туындаған учаскені тез және іріктемелі ажыратылуын қамтамасыз етеді және ең сезімтал болып табылады. Жоғары жиіліктегі бағытталған және дифференциалды-фазалы РҚ әрекет ету қағидасы сенімді әрі қарапайым. Бұл РҚ-тар желінің барлық шегінде ҚТ орын алған учаскені лезде және екі жақты ажыратылуын қамтамасыз ететін бірден бір қорғаныстар болып табылады.

Барлық жоғары жиілікті РҚ-дың ортақ кемшілігі құнының жоғары болуы және РҚ басқа түрлерімен салыстырғанда күрделілігі болып табылады.

Бақылау сұрақтары

1. Дифференциалды тоқтық қорғаныс түрлерін атаңыз.
2. Бойлық дифференциалды қорғаныстың әрекет ету қағидасы қандай?
3. Көлденең дифференциалды қорғаныстың әрекет ету қағидасы қандай?
4. Бағытталған көлденең қорғаныс қандай жағдайларда қолданылады?
5. Қандай қорғаныс қашықтық деп аталады?
6. Қашықтық қорғаныс қандай органдардан тұрады?
7. Жоғары жиілікті қорғаныстардың мақсаты қандай?

8 тарау

Күш трансформаторларын қоршау

8.1. Трансформаторлардың жұмыс бейнормал тәртіптері мен зақымданудың негізгі түрлері

Трансформаторлардағы зақымданулардың негізгі түрлері:

- орамдағы және олардың шығысындағы көпфазалы (фазааралық) КЗ;
- бірфазалық тұйықталу;
- ішкі зақымдану.

Бірфазалық тұйықталудың екі түрі болады: бір фазаның орамдарының арасында және жердегі. Бір фазаның жерге тұйықталуы тікелей жерлендірілген бейтараптары бар желілерге қосылған ормадар үшін қауіпті. Қорғау жағдайларында трансформаторлар өшірілуі керек. Доға сөндіргіш катушкаларда (реакторлар) арқылы жерлендірілген немесе оқшауланған бейтараптары бар желілердегі өшіру іс-әрекеттері бар жерлерге бірфазалық тұйықталулардан қорғау желіде мұндай қорғау болмаған жағдайда трансформаторларда орнатылады. 6 немесе 10 кВ кернеулі желілердегі ккрсетілген тұйықталулары бар аймақтарды өшіру қауіпсіздік техникасы шарттары бойынша қажетті.

Тұйықталынған орамалардаға орамдық тұйықталған кезде трансформаторлардың магнитқұбырлары мен оқшаулануды бұзатын айтарлықтай ток пайда болады. Сондықтан мұндай зардаптартары бар аймақтарда жылдам әсер етуші қорғаудан өшіру керек. Соңғысы тұйықталған орамдардың аз саны кезінде әсер етпеуі мүмкін.

Ішкі зақымдануларға, олардың ішіне магнитқұбырлар парақтарының арасындағы оқшауланудың бұзылуы кезінде пайда болатын магнитқұбырлардың «өрт болат» жатады. Шығындар оқшалануды бұзуға алып келетін болатты жергілікті түрде қыздыратын пайда болады. Майлы трансформаторларда ішкі зақымданудың алдын алу үшін тоқ бөлінділерімен толтырылған газды қорғауда қолданылады.

Трансформаторлар жұмысының бейтарап жұмысы болып табылады:

- трансформаторлар орамы арқылы номиналдыны алдын алатын тоқтарға келу мүмкін сыртқы КЗ орам оқшаулануының қызуына және оның ескіруіне немесе зақымдануына алып келеді;
- электр камсыздандыру жүйелердің жұмысына әсер етпейтін трансформаторлардың қайта жүктелуі, себебі тоқ қайта жүктелуі көп емес және олардың өтуі қызметкерлердің трансформаторларды жүктемеден арылту шараларын қабылдау үшін жеткілікті кейбір уақыттар аралығында ғана мүмкін.
- Трансформатор бактарының зақымдалуы кезінде болуы мүмкін май деңгейінің жарамайтын түрде төмендеуі.

8.2 Орамдардағы және олардың шығысындағы фазааралық КЗ-дан трансформаторлардан қорғау

8.2.1. Қоршау түрлері

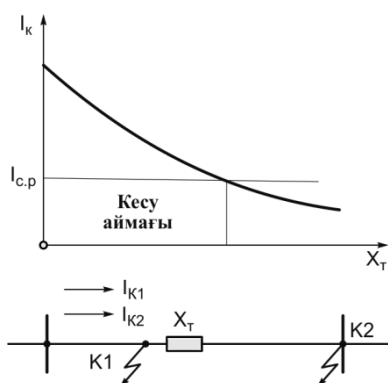
Цех трансформаторлары (номиналды қуат – 2500 кВ · А дейін) үшін орамдағы және олардың шығысындағы фазааралық КЗ-дан қорғау ретінде тоқ бөлулері қолданылады.

Тоқ бөлулер қарапайым жылдам әрекет етуші қорғаныш болып табылады, алайда келесі кемшіліктері бар:

- көп ток зақымдануларына ғана әсер етеді;
- өзінің әсер ету аймақтары тек қана трансформатордың бір бөлігін ғана қамтиды.

Бөлу трансформатордың қоректенетін жағында орнатылады және РТ-80 реленің электромагнитті элементтерінің немесе жылдам тоқ релелерінің көмегімен орындалады, егер осы типтегі реле максималды ток қорғауларын орындау үшін қолданылады.

Бөлулері, тікелей жерлендірілген бейтараптарды бар желілерден қоректенетін трансформаторларда үш фазада орналастырылады, ал оқшауланған бейтараптары бар желілерден қоректенетін трансформаторларда екі фазада орналастырылады.



8.1. сурет. Трансформаторлардың ток бөлулерінің жұмыс істеу қағидаларымен түсіндіретін графиктер мен сұлбалар
 X_m - трансформаторлардың индуктивті кедергі

Ток бөлулері (Сурет 8.1) трансформаторлардағы (К2 нүктесінде) зақымданк кезінде КЗ максималды тоғы бойынша салынады. ТО жұмыс істеу тоғы келесі формула бойынша есептелегенді

$$I_{c.з} = k_{отс} I_{K2max},$$

мұндағы $k_{отс}$ – ток релелерінің (РТ-80 реле үшін $k_{отс} = 1,5$) типтеріне байланысты 1,25 ... 1,50 тең қолданылатын қор коэффициент.

Сонымен қатар, ТО қуат астындағы трансформаторды қосқан кезде пайда болатын $I_{нам}$ магниттелген ток ырғу бойынша құрылады, яғни

$$I_{c.з} = k_{отс} I_{нам}, \quad (8.1)$$

мұндағы $k_{отс} = 3 \dots 5$.

(8.1) шарттарын орындау кезінде $I_{c.з}$ тоғы $I_{т.ном}$ трансформаторларының номиналды тоқты 3 – 5 есе көп болуы керек.

ТО орнатылған жағынан трансформатордың орам бөлігі мен шығысында, шиналау ТО әсер ету аймағына кіреді. Бұл ТО аймағының шегінде уақытты шыдамдығы жоқ зақымдалған аймақтарды өшіреді.

МТЗ-мен және газ қорғанышымен біріктірілген ТО кішігірім және орта қуатты трансформатордың жақсы қорғалуын қамтамасыз етеді.

Фазааралық КЗ кезінде жоғары қуатты (мысалы, ГПП трансформаторлары) трансформаторлар үшін дифференциалды ток қорғаулары қолданылады. Бұл жағдайларды ТО жеткілікті сезімталдыққа ие еместігін қолданыс тәжірибесі көрсетеді.

Дифференциалды ток қорғаулары (ДТҚ), нақтырақ айтанда, көлденең ДТҚ трансформаторды орамдардың бір фазасының тұйықталуынан және жердегі КЗ-дан қорғайды.

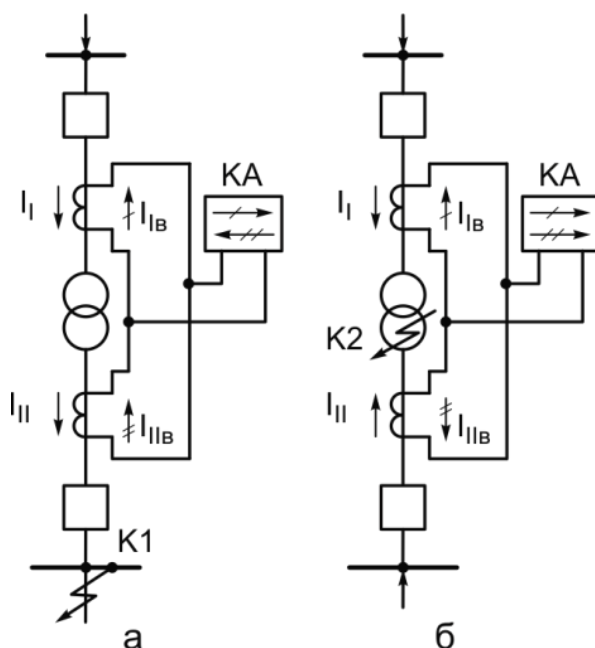
Трансформатордың дифференциалды қорғанышының әсер ету қағидалары 8.2-ші суретте түсіндірілген. Трансформатордың екі жағынан ток трансформаторлары орнатылады. Олардың екіншілік тоқтар $I_p = I_{IВ} I_{IIВ}$ айырмашылығы КА релесі арқылы өтетін жүктемелерді және сыртқы КЗ кезіндегідей екіншілік орамдар біріктіріледі.

К2 нүктесіндегі КЗ кезінде реледегі ток екіншілік тоқтардың қосындысына тең: $I_p = I_{IВ} + I_{IIВ}$.

Егер $I_p > I_{с.р}$ болса, онда реле трансформаторларды өшіреді. Ішкі КЗ және жүктеме кезінде ДТҚ жұмыс істемес үшін келесі шартты орындау керек

$$I_p = I_{IВ} + I_{IIВ} = 0, \text{ яғни } I_{IВ} = I_{IIВ}. \quad (8.2)$$

Трансформаторлардың дифференциалды қорғанышының дұрыс жұмыс істеуінің қажетті шарты:



8.2 сурет. Сыртқы КЗ (а) және трансформатордағы КЗ (б) кезінде трансформатордың дифференциалды қорғаш іс-әрекеттерінің қағилаларын түсіндіретін сұлбалар

- ДТҚ орындау кезінде күш трансформаторында бастапқы және қайталама токтардың теңсіздігін толықтыру үшін әртүрлі трансформация коэффициенті бар ТТ таңдалуы керек. ВН жағындағы төмендеткіш трансформаторлар үшін $k_{1ТТ}$ коэффициенті бар ТТ, ал НН жағында $k_{2ТТ}$ коэффициенті бар ТТ орнатылуы және $k_{1ТТ} < k_{2ТТ}$ болуы керек;

- Күш трансформаторларының бастапқы және қайталама орамдарын қосу сұлбасы бірдей болмаған кезде (мысалы, Y/Δ сұлбасы кезінде) «жұлдыз» жағындағы фаза бойынша трансформаторларының бастапқы және қайталама токтарының ығысуын толтыру үшін «үшбұрыш» сұлбасы бойынша қосылған ТТ, ал «үшбұрыш» жақта «жұлдыз» сұлбасы бойынша қосылған ТТ орнатылуы керек.

Трансформаторларының бастапқы және қайталама орамдарын қосу сұлбасы бірдей болған кезде фаза бойынша токтардың ығысуын толтырудың қажеті жоқ.

8.2.2. Трансформаторлардың дифференциалды қорғанысындағы теңгерімсіз токтар

Сыртқы КЗ және жүктеме кезінде релеге түсетін [(8.2) шартын қараңыз] ТТ қосалқы токтардың теңдігін қамтамасыз ету мүмкін емес. Бұның нәтижесінде

ккрсетілген тәртіптерде ДТҚ-ның бұрыс жұмысын тудыруы мүмкін теңгерімсіз тоқтар пайда болады

$$I_{нб} = I_{ІВ} - I_{ІВВ},$$

Дифференциалды қорғаныш үшін РНТ және ДТҚ типті релелер қолданылады. Жүктеменің астынан кернеуді реттеушілік қабілеттілігі жоқ екі және үш орамды күш трансформаторларында орамдармен қысқа тұйықталған және трансформаторлар тоқтарымен қаныққан (ТТҚ) РНТ типті реле қолданылады. Жүктеменің астындағы кернеуді реттеушілік қабілеттілігі бар күш трансформаторларын қорғау үшін дифференциалды қорғау арқылы магниттік тежегіш және НТТ-лы ДТҚ типті релелер қолданылады.

Трансформаторлардың дифференциалды қорғанысын орындау ерекшеліктері:

- жүктелмеленбеген трансформатордың қуатталған және сыртқы КЗ жойғаннан кейін кернеуді қайта қалпына келтіру кезінде туындайтын магниттелген тоқтардың лақтыруларынан шегінен шығудың қажеттілігі;
- дифференциалды қорғаныс қолындағы қосалқы тоқтардың толымсыз түрде реттелуіне байланысты теңгерімсіз тоқтарынан тазарту қажеттілігі.

Трансформаторлардың дифференциалды қорғанысының теңгерімсіз тоқтары үш құраушыдан тұрады:

$$I_{нб} = I_{нб1} + I_{нб2} + I_{нб3}, \quad (8.3)$$

мұндағы $I_{нб1}$ – қорғаныс қолындағы тоқ трансформаторларының магниттелетін тоқтардың айырмасымен шартталған теңгерімсіз тоқтың құраушысы, $I_{нб2}$ – қорғалатын трансформатордың түрлендіру коэффициентін реттеуден пайда болатын теңгерімсіз тоқтың құраушысы, $I_{нб3}$ – орам саны нақты есептелетін теңестіргіш орамдарды ДТҚ және РНТ типті релелеріне орнату мүмкіндігімен шартталған теңгерімсіз тоқтың құраушысы.

Теңгерімсіз тоқтардан тазарту қорғанышты орындаудың бастапқы тоқтарының бірінші шарты болып табылады. Сонымен қатар,

$$I_{с,з} \geq k_{отс} I_{нб}, \quad (8.4)$$

мұндағы РНТ типті реле үшін $k_{отс} = 1,3$ және ДТҚ типті реле үшін $k_{отс} = 1,5$.

Қуатталған жүктелмеленбеген трансформаторды қосқан кезде тоқтың магниттеу тасталымы бойынша оны тазарту теңгерімсіз тоқтардан тазарту қорғанышты орындаудың бастапқы тоқтарының екінші шарты болып табылады:

$$I_{c,3} \geq k_{отс} I_{т.ном}, \quad (8.5)$$

мұндағы $k_{отс} = 1,3$; $I_{т.ном}$ – автотрансформаторлардың типтік қуатына және трансформаторлардың шартты кернеуіне(ең үлкен орамның шартты кернеуіне) сәйкес шартты ток.

Оның аймағында КЗ кезіндегі РЗ сезімталдығы келесі түрде тексеріледі. Есептеуретінде РЗ қолындағытоқтар мен нәтижелік МДС релелері ең кіші болатын тәртіп таңдалады. КЗ нүктесінің бір жақты қоректенуі кезінде $k_{ч}$ сезімталдығы келесі формуламен бағаланады

$$k_{ч} = I_{к min} k_{сх} / I_{c,3}, \quad (8.6)$$

мұндағы $k_{сх} - I_{к}$ КЗ токтарымен өтетін қорғалатын трансформаторлардың жағындағы ТТ қосылуларының сұлбасын есепке алатын коэффициент.

ПУЭ сәйкес қорғаныш сезімталдығының коэффициенті шамамен 2-ге тең.

8.2.3. Трансформатордың дифференциалдық қорғанышының есептеу

(8.4)... (8.6) шарттары және НТТ ораманың орам сандары бойынша әрекет ету токтарын анықтау РНТ типті релелері бар трансформаторлардың дифференциалдық қосғанышының есептеу тапсырмасы болып табылады.

Ток трансформаторларының магниттелетін токтардың айырмасымен шартталған құраушылар,

$$I_{нб1} = k_{ап} k_{одн} j_i I_{к max}, \quad (8.7)$$

мұндағы $k_{ап}$ - ауыспалы үрдісті (РНТ типті релелері үшін $k_{ап}$ 1-ге тең) есепке ала отырып, апериодтылықтың коэффициенті; $k_{ап}$ – біртиптілік коэффициенті, егер трансформаторлардың барлық жақтарында біреуден артық қосқыш болса, онда 1-ге тең ($j_i = 0,1$); $I_{к max}$ – сыртқы үшфазалы метал КЗ есептеу кезінде ($i=0$ болғанда) трансформатор тоғын магниттеу тоғының салыстырмалы мәні.

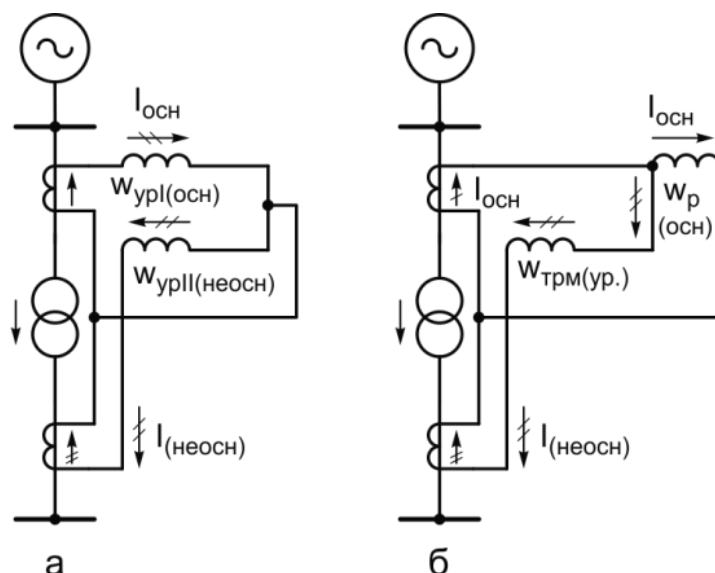
Қорғалатын трансформаторлар (автотрансформатор) кернеуге әсер етуімен шартталған құраушылары,

$$I_{нб2} = \Delta U_{\alpha} I_{\alpha k max} + \Delta U_{\beta} I_{\beta k max}, \quad (8.8)$$

мұндағы $\Delta U_{\alpha}, \Delta U_{\beta}$ - кернеуге әсер етуімен шартталған және тиісті жақтағы кернеуге әсер ету қосынды аралығында $1/2$ теідігін қабылдайтын салыстырмалы

ауытқушылық; $I_{\alpha k max}, I_{\beta k max}$ – әсер ету болатын жақтада сыртқы КЗ есептеу кезінде өтетін ($t=0$ кезінде) тоқтың периодты құраушысы.

РНТ типті реле орамаларының орам санның таңдаған кезде әрекет ететін трансформатор кернеудің орташа шамасына сәйкес келетін тәртіптің негізінде жүргізіледі.



8.3 сурет. Трансформаторлардың дифференциалды қорғанышындағы РНТ типті реле орамдарын қосудың қағидалық сұлбасы (бір фаза үшін):

а – жұмыс істейтін дифференциалды орамаларды қолданусыз; *б* – жұмыс істейтін ораманы қолданумен.

Орам санының нақты емес есептеуі бар теңестіргіш орамалардың РНТ (ДТК) типті реле коммутаторларында орнатумен шартталған құраушылар,

$$I_{бз} = \frac{\omega_{Iрасч} - \omega_1}{\omega_{Iрасч}} I_{I k max} + \frac{\omega_{IIрасч} - \omega_{II}}{\omega_{IIрасч}} I_{II k max}, \quad (8.9)$$

мұндағы $\omega_{Iрасч}, \omega_{IIрасч}$ – негізгі емес жақтарға арналған (ең кіші тоқтар өтетін) РНТ типті релелердің теңестіргіш орама орамдарының есептік саны; $I_{I k max}, I_{II k max}$ – ω_1 және ω_{II} сәйкес орамдардың саны бар орамалар қолданылатын жақтардағы есептік сыртқы КЗ кезінде ($t = 0$ кезінде) өтетін КЗ тоқтарының периодты құраушылары.

Екі орамды трансформаторлар үшін (8.8) және (8.9) формулаларындағы екінші қосылғыш болмайды.

Осыдан кейін алаңдар ННТ орамасының орам санның анықтайды. Ол үшін ең алдымен трансформатордың дифференциалды қорғанысының қолдағы

қосалқы тоқтарды анықтайды. Ең көп тоө өтетін жақты негізгі ретінде қабылдайды (Сурет 8.3). Бұл жақ үшін реле әрекет ету тоғы

$$I_{с.р.осн} = \frac{I_{с.з.осн} k_{сх.осн}}{k_{тт осн}} \quad (8.10)$$

мұндағы $I_{с.р.осн}$ – (8.4) және (8.6) шарттары бойынша таңдалған және негізгі жақтың қуаттына алып келген қорғаныстың әрекет ету тоғы; $k_{сх.осн}$ – негізгі жақтағы тоқ трансформаторлары үшін сұлба коэффициенті; $k_{тт осн}$ – негізгі жақтағы тоқ трансформаторларының түрлендіру коэффициенті.

РНТ-565 релесі үшін негізгі жақтағы тоқ трансформаторларына қосылатын НТТ орамаларының орам саны келесі формула бойынша анықталады

$$\omega_{неосн.расч} = \frac{100}{I_{с.р.осн}} \quad (8.11)$$

Негізгі ретінде теңестіргіш орамалардың біреуін (Сурет 8.3, а) немесе реленің жұмыс істетейтін орамасын (Сурет 8.3, б) қолдануға болады.

Сыртқы КЗ және жүктеме кезінде негізгі емесе жаққа (теңгерімнің есептеместен нәтижелік магниттелген күштердің нөлген тең болу шартынан) қосылған ораманың орам саны келесі формула бойынша анықталады

$$\omega_{неосн.расч} = \omega_{осн} \frac{I_{осн.вт}}{I_{неосн.вт}}. \quad (8.12)$$

Теңестіргіш орамалардың біреуі негізгі ($\omega_{урI} = \omega_{осн}$), ал қалғаны негізгі емес ($\omega_{урII} = \omega_{неосн}$) болып табылады. Екі негізгі емес жағы бар үшорамды трансформаторлар үшін магниттеуші күштер үшін теңдігі келесі түрде болады

$$I_{осн.вт} \omega_{осн} = I_{Iвт} \omega_{Iрасч} = I_{IIвт} \omega_{IIрасч}, \quad (8.13)$$

мұндағы $I_{осн.вт}$, $I_{Iвт}$, $I_{IIвт}$ – I, II негізгі емес және негізгі жақтар үшін қорғаныс қолындағы қосалқы шартты тоқтар; $\omega_{осн}$, $\omega_{Iрасч}$, $\omega_{IIрасч}$ – негізгі жақ үшін орамдардың қабылданған саны және I, II негізгі емес жақтар үшін орамдардың есептелінген саны.

РНТ типті реленің теңестіргіш орамаларының орам саны келесі формула бойынша анықталады

$$\omega_{ур} = \omega_{неосн} - \omega_{раб (диф)}. \quad (8.14)$$

РНТ-565 релесінің қысқа тұйықталған орама тізбегіндегі кедергі $R_k = 3...4$ Ом.

Магниттеу тоқтарын тастау бойынша қорғаныс құру сенімділігі қуатталған қорғаныс трансформаторды (бос жүрісте) бес рет қосу арқылы тәжірибелік түрде тексеріледі.

Көлденең дифференциалды қорғаныстың сезімталдығын жоғарылату үшін өтпе (айналғыш) тоқтарды баяулату қағидасы кең қолданылады.

Өтпе (сыртқы) КЗ кезінде тоқтарды бөлу 8.3-суретте бейнеленген. ω_p реленің дифференциалды (жұмыс істейтін) орамалары бойынша теңгерім тоғы, $\omega_{трм}$ баяулатқыш орама бойынша өтпе КЗ тоғы өтеді. Жұмыс істетіін ораманы магниттеуші күш реленің әрекет етуіне, ал баяулатқыш ораманың магниттелген күш реленің әрекет етпеуіне бағытталған.

Өтпе КЗ кезінде дифференциалды қорғаныстың әрекет етпеу шарты:

$$I_{k \max \text{ вн.вт}} \geq k_{отс} I_{нб.вт} \omega_p. \quad (8.15)$$

Реленің әрекет ету сипаттамасына қатысты абцисса осіне тангенс еңкею бұрышын есепке ала отырып,

$$\omega_T \geq \frac{k_{отс} I_{нб.вт} \omega_v}{I_{k \max \text{ вн}} tg \alpha}. \quad (8.16)$$

мұндағы ДТҚ-I релесі үшін $k_{отс} = 1,5$; $tg \alpha = 0,83$ және ДТҚ-II релесі үшін $tg \alpha = 0,87$.

Бір жақты қоректенуі бар трансформаторлар үшін тиісті бастапқы тоқтардың қатынасына ауыса отырып, келесіні аламыз келесіні аламыз

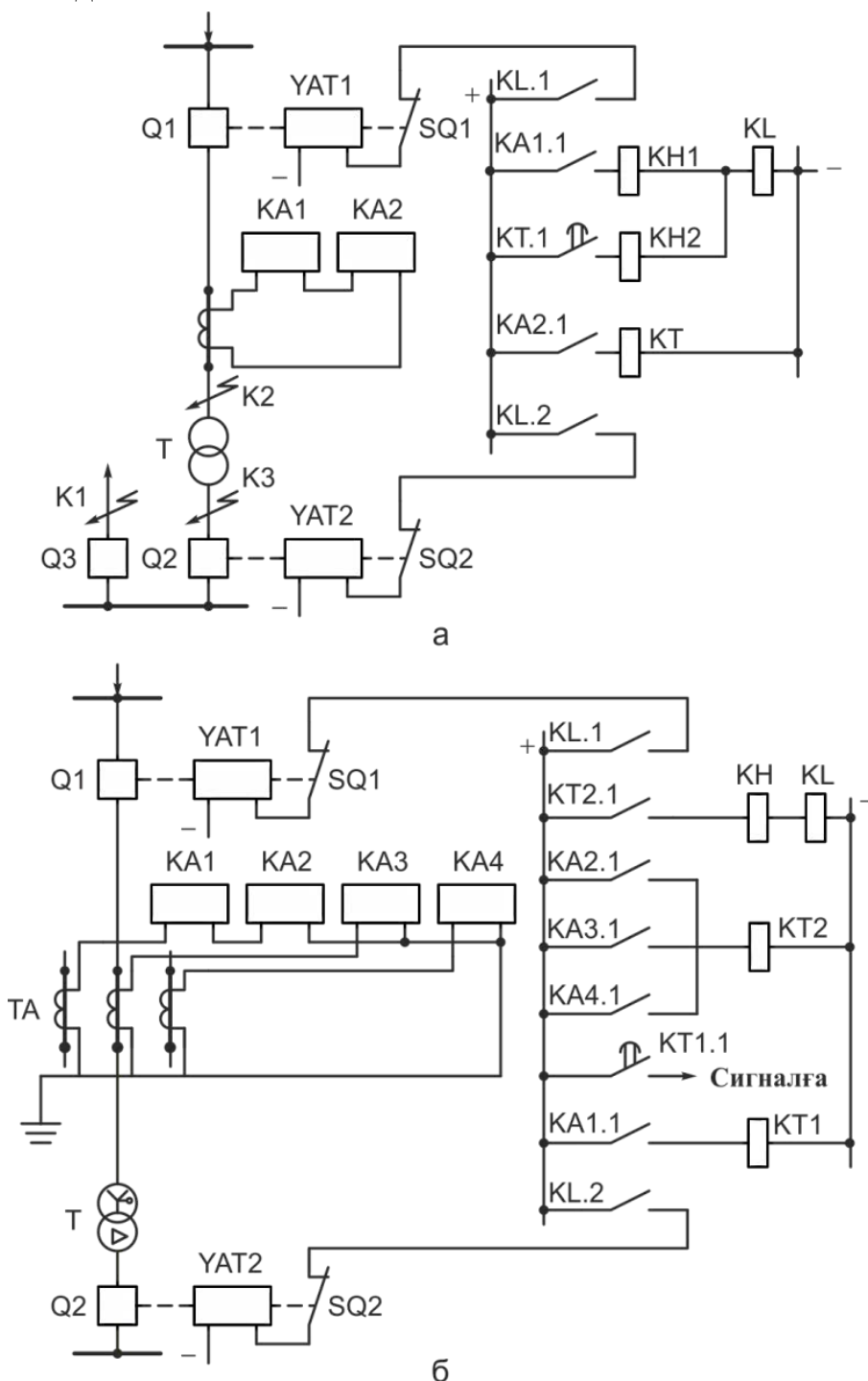
$$\omega_T \geq \frac{k_{отс} I_{нб.вт} \omega_p}{I_{k \max \text{ вн}} tg \alpha}. \quad (8.17)$$

Баяулатқыш және жұмыс істейтін орамалар бойынша қорғау аумағындағы КЗ кезінде бір ғана тоқ өтеді, яғни $I_p = I_T$. Алайда $\omega_p > \omega_T$ [мәні (8.17) формуласы бойынша шығарылады] таңдап, реленің сенімді әрекет етуін қарастыратын жұмыс істейтін магниттелген күштің басымдануын қамтамасыз етеді.

КЗ кезінде баяулатқыш орамалардың әсер етуін болдырмас үшін қорғаныстың әсер ету аймақтарында екіорамды төмендеткіш трансформаторларында оны қоректену жағындағы дифференциалды қорғаныс қолына емес, қарама-қарсы қолына қосады.

8.3. Сыртқы КЗ-дан трансформаторлады қорғау

КЗ-дан қорқау сыртқы КЗ-дан қорғаныс жинақталған шиналардағы немесе көрсетілген элементтердің қосқыштары мен қорғанысы жұмыс ісмегенде олардың қосылуларынан өтетіндердегі КЗ кезінде трансформаторларды өшіру үшін қызмет етеді.



8.4 сурет. Сыртқы КЗ мен жүктемеден төмендеткіш трансформаторлардың бірсызықты (а) және үшсызықты (б) тоқ қорғаныстарының қағидалық сұлбасы

Сонымен қатар, сыртқы КЗ-дан қорғау трансформаторды зақымданудан қорғау үшін де қолданылады. Себебі сыртқы КЗ-дан қорғаудың іріктелгіштік

шарттары бойынша уақыт ұстағыштығы болуы керек, ол жылдам әрекет еткіш болуы мүмкін емес. Сондықтан ол тек аз қуатты трансформаторларда ғана негізгі ретінде қолданылады. Ішкі зақымданудан арнайы қорғанысы бар трансформаторларда сыртқы КЗ-дан қорғау резервтік ретінде қолданылады.

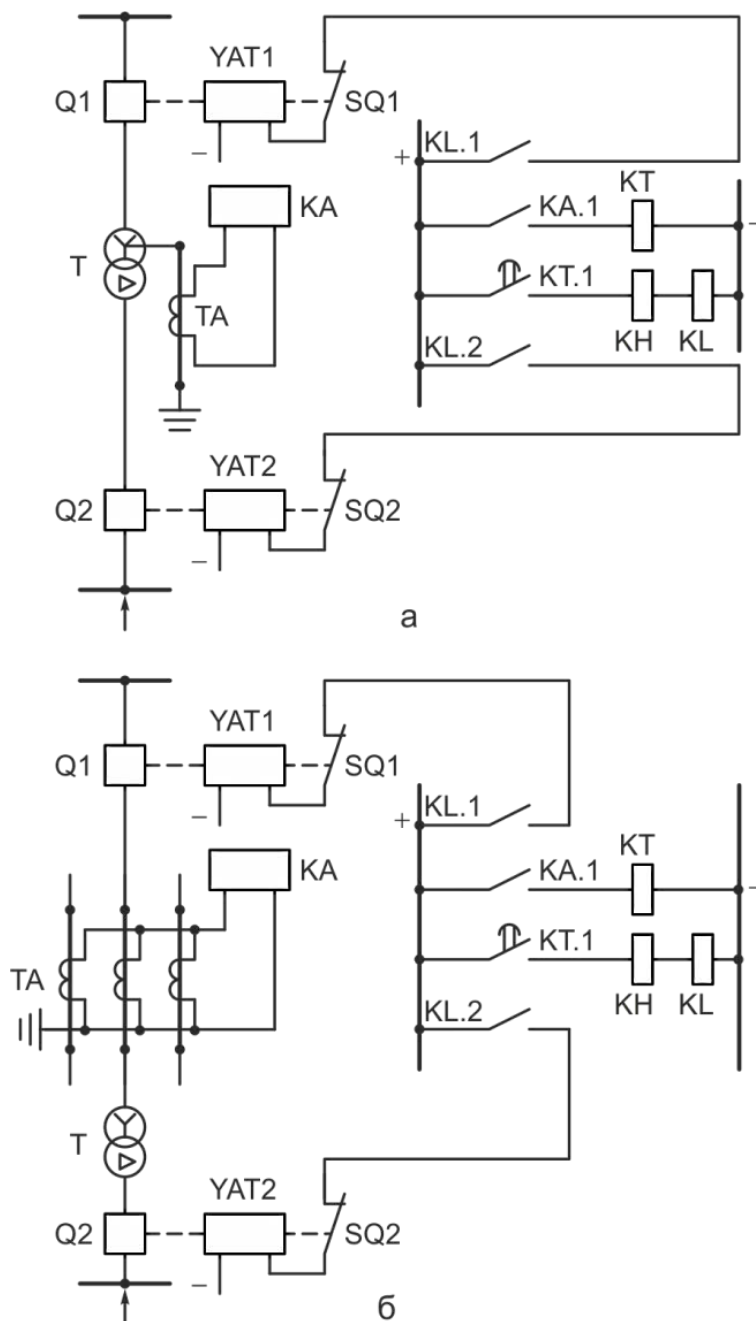
Сыртқы КЗ-дан трансформаторды қорғау үшін әртүрлі қорғаныстар қолданылады: қарапайым МТЗ, кері тоқ тізбектілігі, нөлдік тоқ тізбектілігі, қуатты қосу тоқ. Бұл қорғаныстардың әрқайсысы өз облысында қолданылады.

Төмендеткіш трансформаторлардың бірсызықты тоқ қорғанысының қағидалық сұлбасы 8.4-суреттің а бөлігінде бейнеленген. Бактың (К1 нүктесі) сыртында КЗ-дан трансформаторлардың тез әрекет етуші қорғанысы үшін қоректенетін жақта орнатылатын тоқ бөлулерін (КА1, КН1, КЛ) қолданады. Бөлулердің әрекет ету тоғы $I_{с.о} = k_n I_{к_{вн.мах}}$, сонымен қатар КЗ нүктесінде КЗ үшін $I_{к_{вн.мах}}$ анықталады.

Тоқ бөлулері К2 нүктесінде КЗ-ға нашар әрекет етеді. Бұл жағдайда максималды тоқ қорғанысы қолданылады. Газ қорғанысымен тоқ бөлулерінің үйлестірілуі $S_{т,ном} \leq 6\,300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ кернеулі жалғыз жұмыс істейтін трансформаторлар және кернеуінің қосындысы $S_{т,ном\Sigma} \leq 6\,300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ болатын параллель жұмыс істейтін трансформаторлар үшін негізгі қорғаныс болып табылады.

Төмендеткіш трансформаторларды сигнала әсер ететін жүктемелердің асуынан (КА1, КТ 1 релелері) және Q1 қосықышын өшіруге әсер ететін сыртқы КЗ кезінде жоғарғы тоқтардан үшфазалық (үшсызықтық) қорғанысының қағидалық сұлбасы 8.4-суреттің б бөлігінде бейнеленген. Қорғанысты тоқ трансформаторларына қоректену көзі жағынан қосылады. КЗ кезінде жоғарғы тоқтан төмендеткіш трансформаторларды қорғау үшін максималды тоқ қорғаныстарының жеткіліксіз сезімталдығы жағдайында соңғыларды минималды қуатты релелерден блоктаумен толықтырылады. КЗ кезінде жоғарғы тоқтан күшейткіш трансформаторларды қорғау үшін минималды қуатты релелерден блоктауы бар максималды тоқ қорғанысы, ал тікелей жерлендірген бейтарабы бар $S_{т,ном} \geq 1\,000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ қуатты трансформаторлар үшін нөлдік тізбектіліктегі максималды тоқ қорғанысы қолданылады.

Жерге тұйықталдан күшейткіш трансформатордың нөлдік тізбекті максималды тоқ қорғанысының қағидалық сұлбасы 8.5-суреттің а бөлігінде бейнеленген. Қорғаныс Т трансформаторының жерлендірілген бейтараптарында тоқ трансформаторына қосылған. Бұл схема жөн деп саналады, себебі бұл жағдайда қорғау аумағына трансформатордың жоғары кернеуінің орамасы кіреді.



8.5 сурет. Жерге тұйықталдан күшейткішм трансформатордың нөлдік тізбекті
максималды тоқ қорғанысының МТЗ қағидалық сұлбасы:

а – трансформатордың қосалқы орама бейтараптарындағы ТТ қосылуы
бар; *б* - трансформатордың қосалқы орама бейтараптарындағы нөлдік реттілікті
токтарды сүзгілеу қосылулары бар

Қарастырылып жатқан қорғаныстың уақытша кешігуі аналогты қорғаныс қосылуларына қарағанда іріктеу дәрежесі Δt -ға жоғары болуы керек.

Төмендеткіш трансформалардың МТЗ (кернеу бойынша қосылусыз) әрекет ету тоқтары келесі формула бойынша табылады:

$$I_{с.з} = \frac{k_{отс}k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\ max}; \quad (8.18)$$

$$I_{с.р} = \frac{k_{сх}I_{с.з}}{k_{тт}}, \quad (8.19)$$

мұндағы $k_{отс}$ – реленің әрекет ету ауытқушылығын ескеретін құру коэффициенті (РТ-40, РТ-80 релелері үшін $k_{отс} = 1,1 \dots 1,2$); $k_{сзп}$ – жүктеме түріне және оның параметрлеріне (берілуі мүмкін) тәуелді өздігінен іске қосылу коэффициенті; $k_{в}$ – 0,80 ... 0,85 тең ретінде қабылданатын релені қайтару коэффициенті; $I_{раб\ max}$ – қорғалатын элементтің максималды жұмыс істейтін тоғы; $k_{сх}$ – ТТ орамаларын қосатын сұлбаларға тәуелді сұлба коэффициенті; $k_{тт}$ – ТТ түрлендіруінің коэффициенті.

8.1 кесте

**Екіфазалы КЗ кезінде максималды тоқ қорғанысының релесіндегі
есептік тоқтарды анықтауға арналған формулалар**

МТЗ орындау сұлбасы	Асимметриялық тәртіп кезіндегі $k_{сх}$ сұлба коэффициенті	КЗ кезіндегі реледегі тоқтар	
		Қорғанысты орнату орынында немесе Y/Y трансформаторының артында	Y/Δ трансформаторының артында
Толық «жұлдыз»	1	$I_p = \frac{\sqrt{3}I_k^{(3)}}{2k_{тт}}$	$I_p = \frac{I_k^{(3)}}{k_{тт}}$
Үш релелі толық емес «жұлдыз» (үшінші реле кері сымға қосылады)	1	$I_p = \frac{\sqrt{3}I_k^{(3)}}{2k_{тт}}$	$I_p = \frac{0,5I_k^{(3)}}{k_{тт}}$
Екі релелі толық емес	1	$I_p = \frac{\sqrt{3}I_k^{(3)}}{2k_{тт}}$	$I_p = \frac{I_k^{(3)}}{k_{тт}}$
Үш релелі «үшбұрыш»	$\sqrt{3}$	$I_p = \frac{\sqrt{3}I_k^{(3)}}{k_{тт}}$	$I_p = \frac{1,5I_k^{(3)}}{k_{тт}}$
Екі релелі «үшбұрыш»	$\sqrt{3}$	$I_p = \frac{\sqrt{3}I_k^{(3)}}{2k_{тт}}$	$I_p = \frac{1,5I_k^{(3)}}{k_{тт}}$

Ескерту. $I_k^{(3)}$ – үшфазалы КЗ тоғы.

**Төмендеткіш трансформаторлардың максималды
тоқ қорғанысы үшін салу коэффициентінің ұсынылатын мәндері**

Реле қорғанысының типі		Кернеуді реттеу шегіндегі $k_{сх}$ мәні		
трансформаторлар	бөліну желілері	0	$\mp 10\%$	$\mp 16\%$
РТ-40	РТ-40	1,25	1,40	1,50
РТ-40	РТ-80	1,30	1,45	1,55
РТ-40	РТВ	1,40	1,55	1,65
РТВ	РТВ	1,50	-	-

Зақымданудың есептік түрі ретінде әдетте трансформатордың артындағы екіфазалы КЗ есептейді.

Сезімталдық коэффициентін келесі формуламен анықтаған жөн

$$k_{ч} = I_{k min} / I_{сз},$$

мұндағы $I_{k min}$ - қорғалатын аймақтың соңындағы КЗ тоғы.

I_0 үш трансформаторлы тоқ сүзгісінің негізінде орындалатын нөлдік реттіліктің максималды тоқ қорғанысының қағидалық сұлбасы 8.5-ші суреттің б бөлігінде бейнеленген. Іс-әрекеттің іріктегіштігін қамтамасыз ету үшін қорғанысты КТ уақыт релесімен орындайды.

Тоқ жүктемелерінің есептелмеген екіфазалы КЗ кезінде максималды тоқ қорғанысының релесіндегі есептік тоқтарды анықтауға арналған формулалар 8.1ші кестеде келтірілген. Қарастырылатын КЗ түрлеріндегі қорғаныс релелерінің тым болмаса біреуінен өтетеін қосалқы тоқтардың ең үлкені есептік болып саналады.

$\mp 16\%$ шегіндегі төмендеткіш трансформаторлардың жоғарғы кернеуі жағындағы кернеу реттеу кезіндегі төмендеткіш трансформаторлардың максималды тоқ қорғанысы үшін салу коэффициентінің ұсынылатын мәндері 8.2-ші кестеде ұсынылған.

Егер есептеу нәтижесінде сезітал сұлбаны қолданғанына қарамастан максималды ток қорғанысының сезіталдылық коэффициенті қажеттіден (1,5) төмен болса, қорғаныс минималды кернеудің іске қосылатын релелерімен толтырылады.

Кернеу бойынша іске қосуды қолдану (8.18), (8.19) формулалары бойынша қорғаныстың әрекет ету тоғын анықтау кезінде $k_{сзп} = 1$ қабылдауға мүмкіндік береді.

8.4. Трансформаторларды артық жүктемеден қорғау

Артық жүктемеден қызмет көрсетілетін трансформаторларды қорғау бір фазада орнатылатын тоқ релелері арқылы сигналдарға әсер етушімен орындалады, себебі трансформатордың артық жүктелуі біруақытта үш фазада туындайды. Қорғаныста трансформатордың жұмыс тәртібіне байланысты ортанылатын уақыт релесі бар.

8.4-суретте көрсетілген сұлбаларда артық жүктен қорғаныс ретінде КА2 және КТ релелерінде орындалған МТЗ қолданылады.

Қорғаныстың әрекет ету тоғы трансформатордың шартты тоғы кезіндегі тоқ релесінің қайтып келу шартынан таңдалады:

$$I_{с.з} = \frac{k_{отс}}{k_B} I_{т.ном},$$

мұндағы $k_{отс} = 1,05$.

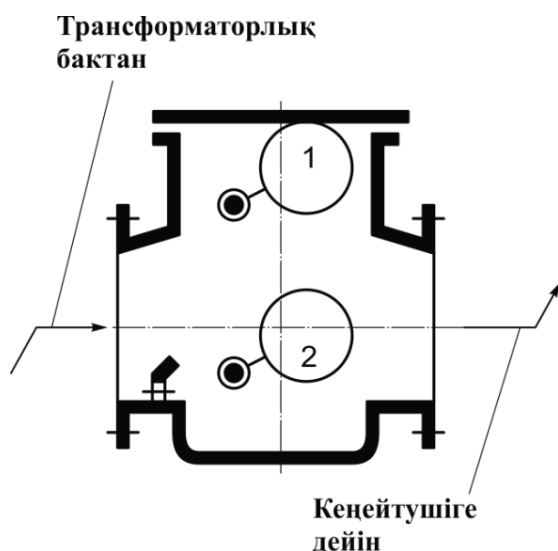
Бірдей кернеулі және біржақты қоректенуі бар үшорамды трансформаторларда артық жүктен қорғанысты тек қоректенетін орамда ғана орнатады. Орамалардың тең емес қуаттары кезінде қорғаныс барлық үш орамаларда орнатылады [15].

8.5. Трансформаторлардың газ қорғанысы

8.5.1. Газ қорғанысының әрекет ету қағидасы және тағайындалуы

Майлы трансформаторлар үшін қолданылатын газ қорғанысы зақымданған трансформаторлардың бағында газ түзілу құбылысын қолдануға негізделген. Газ түзілу құбылысының қарқындылығы зақымданы көлеміне және сипаттамасына байланысты. Бұл зақымдану деңгейін ажырата алатын және осыған байланысты сигналдарға немесе өшірулерге әрекет ететін газды қорғанысын орындауға мүмкіндік береді.

Бактар мен трансформатор кеңейткіштерінің арасындағы құбырда орнатылған және ішінде екі қалтқы орнатылған маймен толтырылған камера болып табылатын газ релесі (Сурет 8.6) газ релесі газ қорғанысының басты органы болып табылады. Орамдардың санды КЗ шартталған газдың кішігірім бөлінуі немесе май деңгейінің төмендеген кезінде камераның жоғарғы бөлігі ауамен немесе газбен толтырылады және 1-қалтқы түсіріледі. Газдың қарқынды бөлінуі және май деңгейінің ары қарай төмендеуі кезінде 2-қалтқы да түсіріледі. Қалтқыларға түйіспесіз қалып датчиктері немесе сынап контактілер (сынаптары бар баллондар) бекітілген, бұл электр дабыл қақышы немесе қорғаныс іс-әрекеттері үшін қалтқының өлшегіш күйі қолдануға мүмкіндік береді. 1-қалтқының күй датчиктері сигналдарға, ал 2- қалтқының күй датчиктері трансформаторлардың өшуіне әсер етеді.

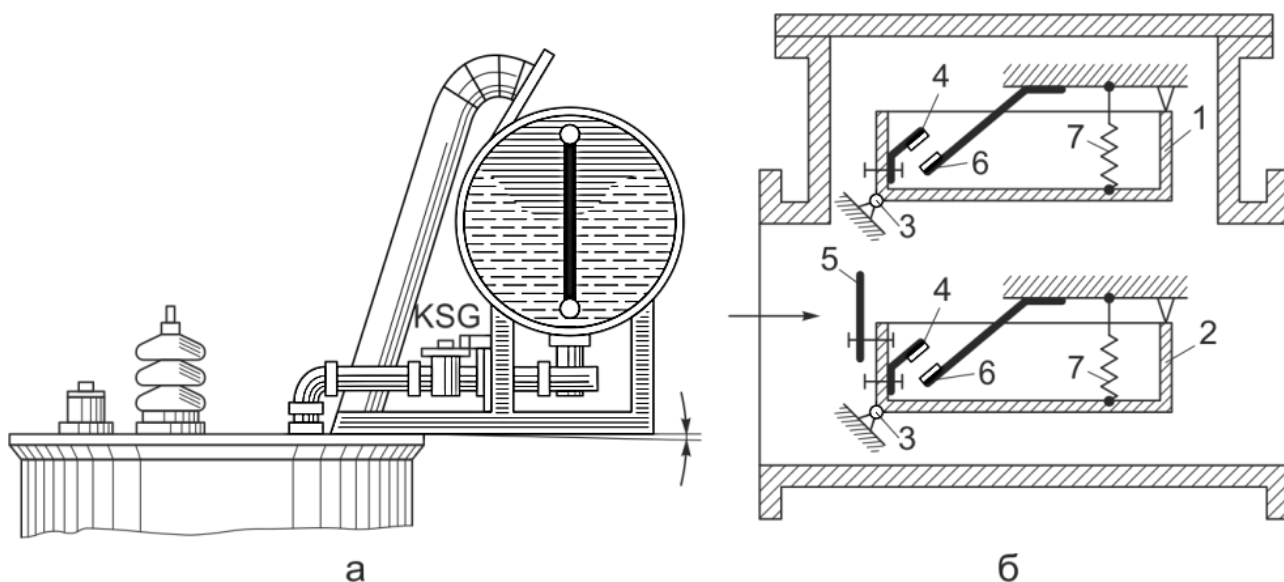


8.6 сурет. Газ реле құрылғысының қағидалық сұлбасы:

1 – жоғарғы қалтқы; 2 – төменгі қалтқы

РГ-22 типті ең алғашқы газ қалтқы релелер сипатталған құрылымға ие болған. Кейіннен шыныаяқ тәрізді элементтері бар РГЧЗ-66 типті жетілдірілген релелер пайда болған. 3-осьтің айналасында 4-ші қозғалмалы контактімен бірге айналуға қабілетті жалпақ түпті алюминий шыныаяқ түрінде жасалған 1 және 2 элементтер

(Сурет 8.7). 4-ші контакті шыныаяқты түсірген кезде 6-шы қозғалмайтын контактімен тұйықталады. Реле қаптамасында май болған кездегі қалыпты жағдайда шыныаяқтар 8.7-ші суреттің б бөлігінде көрсетілген қалыпта 7-пружиналармен ұсталып тұрады. Жүйе майы бар шыныаяқтың салмағы реле қаптамасында май болғанмаған кезде пружина күшін еңсеру үшін жететіндей қылып реттелген. Сондықтан май деңгейінің төмендеуі 4 және 6-контактілердің тұйықталуымен және шыныаяқтардың түсуімен сүйемелденеді. Ең алдымен жоғарғы шыныаяқ түсіріледі және реле сигналға әсер етеді. Қарқынды газдың түзілуі кезінде кеңейткіште газ релесі арқылы бактан газдың және майдың күштік ағыны туындайды.



8.7 сурет. Трансформаторда РГЧЗ-66 (KSG) газ релесінің орналасуы (а) және оның жұмысын түсіндіретін сұлба (б):

1,2 – алюминий шыныаяқтар; 3 – осьтер; 4 – қозғалмалы контактілер; 5 – қалақша; 6 – қозғалмайтын контактілер; 7 – пружиналар

Ағын жолында 5-қалақша орналасқан. Май мен газдың қозғалыс жылдамдығы реле реттелген белгілі бір мәнге жеткен кезде қалақша шыныаякпен бірге бұрылады, бұл трансформаторды өшіру тізбегіндегі контактілеріндің тұйықталуына алып келеді. Май жылдамдығы бойынша өшіретін элементтің әрекет етуінің үш қондырғысы қарастырылған: 0,6; 0,9; 1,2 м/с. Сонымен қатар, реленің әрекет ету уақыты $t_{c.p} = 0,05 \dots 0,50$ с. Май ағының жылдамдығы бойынша қондырғы трансформаторды салқындату сипатымен және қуаттылығымен анықталады.

Сондай-ақ қалтқылық және шыныаяқ тәрізді релелердің жұмыс істеу принципіне ұқсайтын қалақшалық релелер шығарылған.

ГРФ жасақталған газ релелері кең қолданысқа ие болды: Бухгольц (BF-80Q типті) реле және бүріккіш релелер (ÜRF25/10). Кейбір құрылымды ерекшеліктеріне қарамастан олардың жұмыс істеу қағидасы басқа газ релелерінікі ұқсас болды.

Газ қорғанысын монтаждау кезінде келесі арнайы талаптар орындалуы керек:

- газдың кедергісіз кеңейткіштен өтуі үшін қақпақтан кеңейткішке кішігірім ойық (1,0 ... 1,5 % - трансформатор қақпағында; 2...4 % - майқұбырында) болуы керек;
- трансформатордың ішіне кіретін майқұбырының төменгі ұшы қақпақтың ішкі бетінен өңделу, газ түтігің шығаратын құбырдың төменгі ұшы трансформатордың ішіне беруі керек;
- газ релесін қорғаныс панеліне немесе қысқыштардың аралық жинағына қосу үшін пайдаланылатын басқару кабелі резеңкеден емес, қағаздан оқшауланған болуға тиіс, өйткені резеңке май әсерінен жойылады;
- қарқынды газды түзілуі кезінде майы ағының соққысымен шартталған газ релесінің төменгі контактілерінің дірілдеуі немесе қысқа мерзімді тұйықталу жағдайында трансформатордың өшуін қамтамасыз ету үшін өзін-өзі танығаннан соң газды қорғау өшіруге әрекеті етуі керек.

Газ қорғанысының артықшылықтары: жоғары сезімталды және бактың ішіндегі зақымданудың барлық дерлік түрлеріне әрекет ету; кішігірім әрекет ету уақыты; орындалу қарапайымдылығы; кез келген себептер бойынша май деңгейінің рұқсат етілмеген деңгейге дейін түсуі кезінде трансформаторды қорғау қабілеттілігі.

Сонымен қатар, газды қорғауда бірқатар елеулі кемшіліктер бар, трансформатор мен қосқыштар арасындағы аймақта, бактан тыс оның зақымдануына әрекет етпеу кемшіліктердің ең бастысы болып табылады. Трансформатор бағына ауа кірген кезде қораныс жалған әсер етуі мүмкін (мысалы, майлы толықтыру кезінде, салқындату жүйесін жөндегеннен кейін

және т.б.). Сондай-ақ, жер сілкінісінде зақымданған аймақтармен шартталған трансформаторларды қорғаныстың жалған қосылуы. Мұндай жағдайларда өшіру элементінің әрекетін сигналға аудару рұқсат етіледі. Осыған байланысты, газ қорғанысын трансформатордың ішкі зақымдануы кезінде жалғыз қорғаныс ретінде пайдаланылуға болмайды.

Орамдық тұйықталудың бастапқы кезеңі доға мен газ түзілуінің пайда болуымен сүйемелдене алмайтынын атап өту қажет. Бұл жағдайда газ қорғанысы жұмыс істемейді және трансформатордағы орамның тұйықталу ұзақ уақыт байқалмай қалуы мүмкін.

Газ қорғанысы трансформатордың орамаларына зақымданған, әсіресе орамдары тұйықталған кезде трансформатордың ең сезімтал қорғанысы болып табылады. Қуаты 1000 кВ · А және одан жоғары болатын барлық майлы трансформаторлар газ қорғанысымен бірге қойылады.

Трансформатор шығында зақымдану болған жағдайда газ қорғанысы әсер етпейді, сондықтан ол ішкі зақымдану кезінде тағы бір қорғаныспен толықтырылу керек. Төмен қуатты трансформаторлар үшін бұл қорғанысты МТЗ тоқ бөлінуімен бірге қамтамасыз етіледі. Жоғары қуатты трансформаторлар үшін айтарлықтай жетілдірілген дифференциалды қорғаныс қолданылады.

Қеңейткіштері жоқ герметикалық тұрғыда жабық трансформаторлар үшін газ релесінің орнына өшіру үшін жұмыс істейтін трансформатордың ішкі қысымын арттыратын реле қолданылады.

Бак ішіндегі электр зақымдануы кезінде күш трансформаторларының (электр қуатымен қамту жүйесіндегі ең жауапты және қымбат тұратын элементтер) бұзылуын алдын алу үшін бұл трансформаторларды реле қорғанысының жылдам әрекет етушімен жабдықтау қарастырылған (дифференциалды, тоқ және газ бөлінулері). Газ қорғанысы басқа қорғаныстар, соның ішінде электрлі қорғанысы әрекет етпейтін қорғалатын құрылғының бактарының ішіндегі қауіпті зақымдарға әрекет етпейді, олар басқа қорғаныстар, соның ішінде электрлі қорғанысы әрекет етпейді.

8.5.2. Газ реле құрылымын жетілдіру

Өнеркәсіптік кәсіпорындарда және Ресей мен ТМД елдерінің энергетикалық жүйелерінде әртүрлі типтегі газ және бүріккішті релелердің үлкен саны жұмыс істейді. Осы релелердің қысымдағыш бөлігінің көпшілігі ескірген, өзінің ресурстары шығарған және ауыстыруды талап етеді. Алайда, өндіріс олар үшін қосалқы бөлшектерді шығармайды. Бұған қоса, оларды тексеру үшін арналған

арнайы стендтің жоқтығына байланысты реленің жұмысқа қабілеттілігін сапалы бағалау мүмкіндік жоқ.

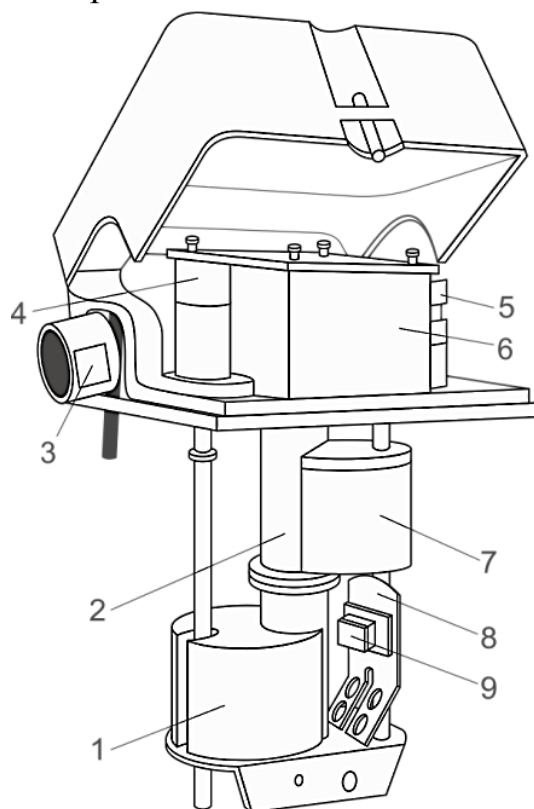
«ОРГ-РЭС Фирмасы» ААҚ шетел фирмасының осы облыстағы соңғы жеткен және аталған релелерді қолдану тәжірибесін ескере отырып, Барлық Ресейлік реле құрастырудың ғылыми-зерттеу институтымен (БРГЗИ) (Чебоксары) бірге қазіргі уақытта сериямен шығарылатын және өндіріс кәсіпорындары мен энергия жүйесінде қолданылатын РСТ25 бүріккішті релелері мен РГТ50, РГТ80 газ релелерінің (белгілеуіндегі сандар реле фланцасына өту ойығының диаметрімен сәйкес келеді) заманауи талаптарын қанағаттандыратын жаңа бұйым әзірлеген және жасақтаған.

Жаңа газ релесінің әрекет етеін суырмалы блогының сыртқы түрі 8.8-суретте көрсетілген. Бүріккішті реленің осы блогының құрылымы тек қалтқының болмауымен ерекшеленеді. Олардың ішіне басқарушы магниттермен кірістірілген газ релесінің қалтқылары біртекті орындалған және басқа элементтермен механикалық байланыстары жоқ. Қалытқыны дайында үрдісінде 100 кПа майдың артық қысымымен кезінде сыналады, сондықтан қолдану кезінде ешқандай сынақ қажет етілмейді.

Реледе байланыс түйіндеріндегі корпуста орналасқан қосатын сымдармен бірге электр беріктігінің жоғарлататын геркондар пайдаланады. Олар қозғалмайды, майдан толығымен оқшауланған және механикалық әсерлер мен атмосфералық ылғалдан күшейтілген қорғанысы бар. Реле құрылымы қажет болған жағдайда релені ашылпастан және майдың ағызбастан байланыс түйіндерін тексеруге және ауыстыруға мүмкіндік береді.

Газ релесінің сигналдық байланыстары май көлемі 100 ... 250 см³-ке дейін төмендеуіне сәйкес келетін белгіге дейін май деңгейі төмендеген кезде іске қосылады. Өшіретін байланыстар май деңгейі реле фланца ойығының төменгі шетіне түскенге дейін іске қосылады.

8.8 сурет. Газ релесінің әрекет ететін блогы:
1 – төменгі қалтқы; 2 – байланыс түйінінің корпусы; 3 – енгізілетін келтеқосқыш; 4 – сынақ батырмасы; 5 – газды таңдау краны; 6 – қысқыштар қорабы; 7 – жоғарғы қалтқы; 8 – қысымды пластиналар; 9 – магнитті қысымды пластиналар



Газ релесінле май ағынының жылдамдығы бойынша қондырғылар қарастырылға: 0,65; 1,0; 1,5 м/с, бүріккіште – 0,9; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5 м/с. РГТ 50 және РГТ80 релелерін тапсырыс беруде оларды көрсетпеген кезінде 1 м/с қондырсы бары, РСТ 25 релесі үшін 1,5 м/с қондырсы бары жеткізіледі.

Жаңа релелердің негізгі электр параметрлері

Тұрақты және ауыспалы токтың	
шартты кернеуі (жиілігін 50 ... 60 Гц), В	220
Байланысатын кернеулердің аралығы, В	1...300
Минималды байланысатын ток, мА	1
Белсенді жүктемеге жұмыс істеу кезінде	
шартты байланысатын қуат, Вт	50
Ауыспалы кернеу кезінде алшақтатылған	
контактілерді оқшаулаудың электр беріктілігі	
(жиілігін 50 ... 60 Гц),.....	2000

Реледе екі тәуелсіз ажыратқыш және екі сигналдық тізбектерді орындауға мүмкіндік береді. Сынақ батырмасының көмегімен бөлек қысым пластинасының әрекеті, қалқымалы заттар азайған кезінде реле жұмысын тексеруді қамтамасыз етеді. Май ағынның жылдамдығы бойынша қондырғыны реттейтін бұранда реле корпусының қақпағына шығарылған және релені сынау үшін стенді болған кезінде оны реле ашпай реттеуге мүмкіндік береді.

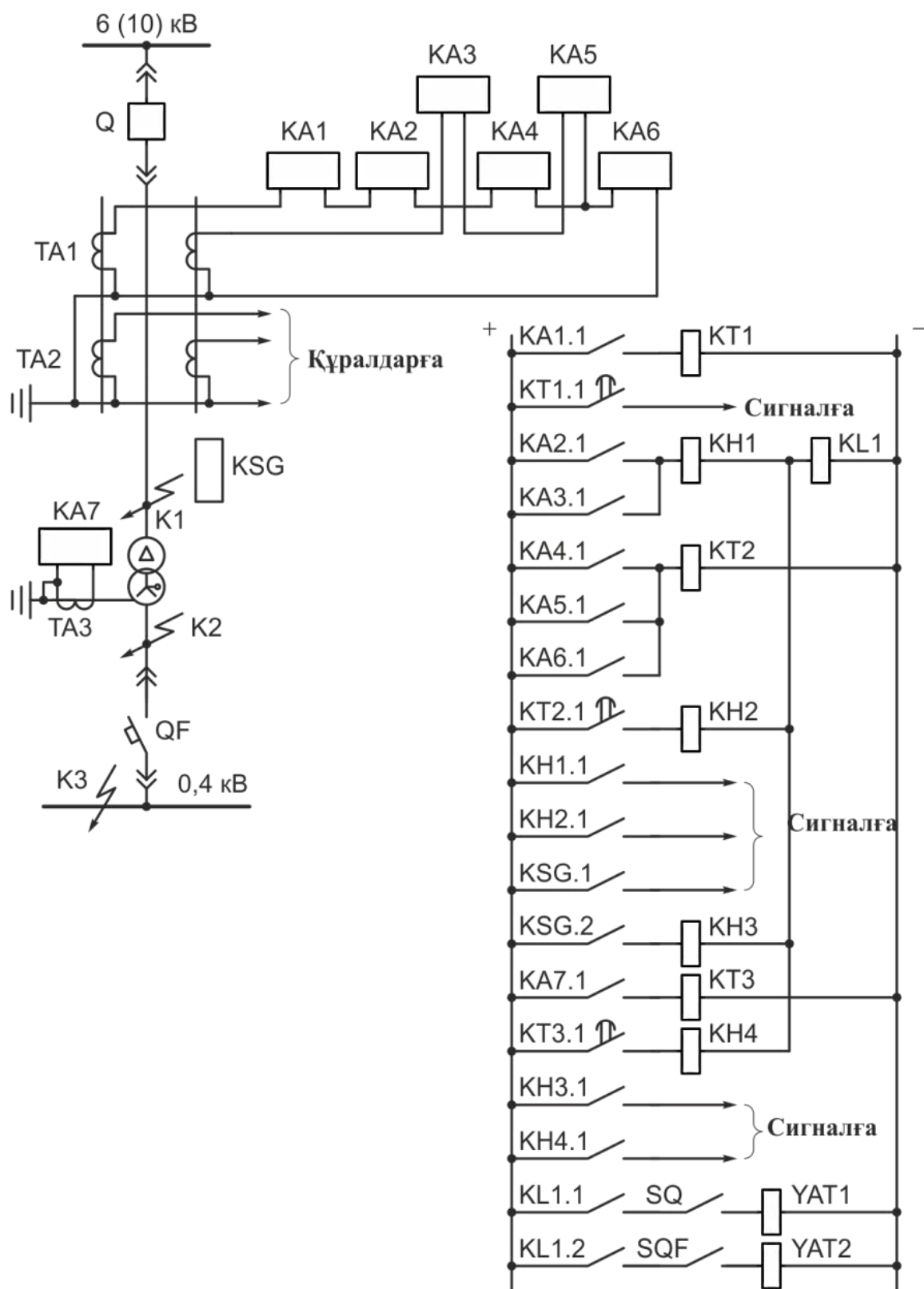
50.150 Гц жиілігі кезінде 5g үдеткіші бар үш өзара перпендикуляр бағыттардағы дірілдетуге, 5g үдеткіші бар тік бағыттағы бір ретті соққылардың, сондай-ақ 5g амплитудалық үдеткіші бар жерсілкінісінің әсеріне тұрақты. О1 реле орындалуының климаттық түрі: қоршаған ауа температурасының жұмыс істеу аралығы – 60 ... +55 °С.

Релелердің орнатылған және қосылған көлемдері қандай да бір өзгертусіз РГЧЗ-66, ВF-80Q, ВF 50/10 және ÜRF 25/10 релелерін қолдану кезіндегі оларды ауыстыру үшін қолдануға мүмкіндік береді. Кабельді енгізуге арналған келтеқосқыш металл жеңдерін бекітуге мүмкіндік береді. Жаңа газ релесі қарапайым және сенімді құрылымға ие, қолданыста ыңғайлы.

$S_{T,ном} \leq 6\,300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ қуатты трансформаторлар үшін газ қорғанысы міндетті. Цейшілік бекеттер үшін газ қорғанысын басқа тез әрекет етуші қорғанысқа байланысты құрылымы бойынша өткізілетін кез келген қуатты төмендеткіш трансформаторларда орнатқан жөн.

8.6. Цех трансформаторларын қорғау сұлбасы

Цех трансформаторларын қорғаудың қағидалық сұлбасы 8.9-суретте келтірілген.

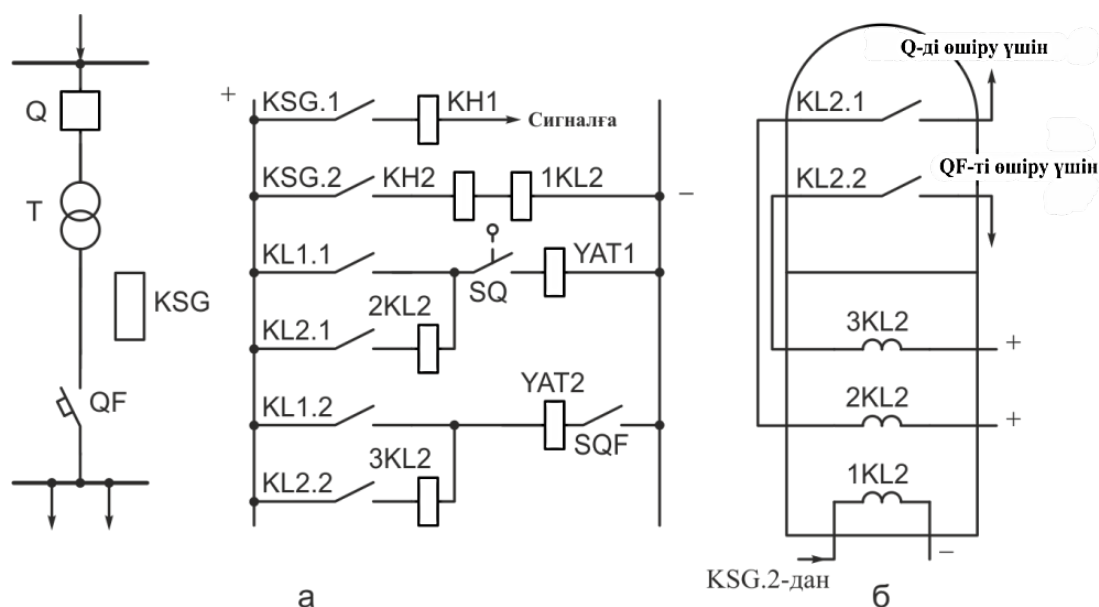


8.9 сурет. Өзін ұстағышсыз аралық релелрді қолдану арқылы цех трансформаторларын қорғаудың қағидалық сұлбасы:

KA1, KT1 – артық жүктемеден МТЗ; *KA2, KA3* – фазааралық КЗ-дан ТО; *KA4, KA5, KA6, KT2* – сыртқы КЗ-дан МТЗ; *KA7, KT3* – бірфазалық КЗ-дан нөлдік реттіліктің МТЗ

KA1, KT1 релелері сигналға әсер ететін артық жүктемеден бірфазалық бірсызықты MT3 трансформаторларды қалыптастырады; KA2, KA3 релелері – трансформатордағы (оның өшуіне әсер ететін) фазааралық КЗ-дан қорғайтын және қоректену жағында орнатылған уақытты ұстауы жоқ екіфазалы екісызықты ТО; KA4, KA5, KA6, KT2 - қоректену жағында орнатылған (KA4, KA5 релелері фазалық тоқтарға, KA6 қорғаныстың әрекет ету сенімділігін арттыру үшін фазалық тоқтардың қосындысына қосылған) сыртқы КЗ-дан екіфазалы үшсызықты MT3 трансформаторы; KA7, KT3 – 0,4 кВ кернеу тізбегінде бірфазалы КЗ-дан нөлдік реттіліктің MT3 трансформаторларының бейтарапында орнатылған; KSG – орамдық тұйықталуларға, корпустағы оқшаулану ақауларына және май деңгейінің төмендеуіне әсер ететін, бірақ трансформатордың шығысындағы КЗ-ға әсер етпейтін майлы трансформатордың газ қорғанысы қарастырылған қорғаныс сұлбасында өзін ұстаусыз KL1 аралық релелеріне қолданылады.

Газ қорғанысының өзін ұстағышпен орындаған өшіру әрекетін орындаған кездегі KSG газ релесі мен KL2 аралық релелерінің жұмыс түсіндіретін сұлба 8.10-суретте көрсетілген. KL2 реле орамалары қорек көзін алған кезде KL2 релесі іске қосылады. Қарастырылған сұлбада KSG.2 контактілерінің тұйықталуының арқасында 1KL2 орамасының қорек алған кезінде әрқайсысы сәйкесінше 2KL2 және 3KL2 катушкаларының өз қоректену тізбегі қалыптастыратын KL2.1 және KL2.2 контактілерінің тұйықталдыра отырып, KL2 іске қосылады.



8.10 сурет. Өзі ұстағышы бар аралық реле мен газ релелерінің жұмысын түсіндіретін сұлбалар:

а – цех трансформаторларын қорғаудың қағидалық сұлбасы; *б* – өзі ұстағышы бар KL2 аралық релелерінің сұлбасы

Соны уақытқа 1KL2 катшкасы қоректенуді жоғалтуы мүмкін. Q және QF қосқыштары өшіруге сенімді әрекет етеді, яғни цех трансформаторы екі жақтан да өшеді.

Бақылау сұрақтар

1. Күш трансформаторларының нормалды емес тәртіптерін атаңыз.
2. Магнитқұбырының «болат өртенуі» деген не?
3. Фазааралық КЗ-дан күш трансформаторларын қалай қорғауға болады?
4. Сыртқы КЗ-дан трансформаторлады қорғау қалай жүзеге асырылады?
5. Трансформатордың газ қорғанысының қандай тағайындалуы бар?
6. Трансформатордың газ қорғанысының қандай кемшіліктері бар?

9 тарау

ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫН ЖӘНЕ ҚҰРСЫМДАРЫН ҚОРҒАУ

9.1. Электр қозғалтқыштардың негізгі зақымдану түрлері және бейнормал режимдері

Ішкі немесе сыртқы ҚТ- дан туындаған үлкен токтардың өтуі дер кезінде өшірмеген кезде статордаң бұлуіне ғана емес, сондай-ақ механикалық күштің шарттылығынан туындайтын электр қозғалтқыштар элементтерінің құрылымдық бұзылуына әкелуі мүмкін. Сондықтан ҚТ-дың аса тогынан қорғау объектінің жылдам өшірілуін қамтамасыз етуі тиіс. Бұл кезде қорғанудың негізгі түрлері ретінде тоқтық, дифференциалдық және кейбір жағдайларда — қашықтық болып табылады. Қорғаудың нақты түрін таңдау электр-қозғалтқыштың қуатына, типіне және мақсаттына байланысты.

Әр түрлі қуаттылық пен кернеудің асинхронды (АҚ) және синхронды (СҚ) қозғалтқыштар өнеркәсіптік кәсіпорындарда, сондай-ақ электр станциялардың жеке қажеттіліктеріндегі қондырғыларында кең қолданылады. Бұл қозғалтқыштар айналу жиілігін реттеуді қажет ететін және қажет етпейтін өндірістік механизмдер үшін айнымалы ток жетектерінде пайдаланылады. СҚ-ның АҚ алдындағы басты артықшылығы желіге беретін (тым аса қозуы) немесе желіде тұтынылатын (жете қозбауы) реактивті қуатты реттеу үшін СҚ қозу тогының өзгеру мүмкіндігі болып табылады. СҚ мен АҚ қорғау сенімді, сондай-ақ мүмкіндігінше қарапайым және арзан болуы тиіс, өйткені қозғалтқыштар электрмен жабдықтау жүйесінің ең жаппай элементі болып табылады.

Өз жауапкершілігі бойынша атом және ірі жылу электр станцияларындағы өз қажеттіліктерінің электр қозғалтқыштары ерекше орын алады. Осы электр қозғалтқыштарын релелік қорғанысын жалған өшіру электр станциялардың қалыпты жұмысын бұзуы мүмкін. Электр қозғалтқыштардың сенімді жұмысын негізінен олардың номиналды қуатын, жұмыс режимі мен орындау түрін орындаудан қамтамасыз етіледі. Алайда, электр қозғалтқыштарын дұрыс таңдау және пайдалану кезінде зақымдану мен бейнормал режимдерінің ықтималдығы пайда болады.

СҚ мен АҚ әр түрлі орындау қағидатына байланысты, сондай-ақ олардың іске қосу режимдерінің ерекшеліктеріне және өздігінен іске қосылуына байланысты осы қозғалтқыштардың РҚ түрлеріндегі кейбір айырмашылықтары орын алады.

Қозғалтқыштар зақымдануының негізгі түрлері (статор байламы) болып табылады:

- бүлінген қозғалтқышта токтың едәуір артуы мен және қоректендіруші желіде кернеу төмендеуімен жүретін көпфазалы ҚТ. Желідегі кернеудің төмендегенінен электр энергияның зақымдалмаған қабылдағыштары үшін бұл ҚТ қауіпті;

- статор орамасының жеріне (корпусына) бір фазалы тұйықталу. Доға сөндіргіш орауыш (реактор) арқылы жерге тұйықталған желілердегі оқшауланған бейтарап немесе бейтарап (кернеуі 6 және 10 кВ), зақымданған қозғалтқыш пен электрмен жабдықтау жүйесі үшін бұл тұйықталулар тікелей қауіпті емес. Сондықтан ажыратуға әрекет ететін жерге тұйықталудан қорғаныс қозғалтқыштарда мына жағдайларда орнатылады:

$$P_{д.ном} \leq 2 \text{ МВт}, I_{33} \geq 10 \text{ А};$$

$$P_{д.ном} > 2 \text{ МВт}, I_{33} \geq 5 \text{ А};$$

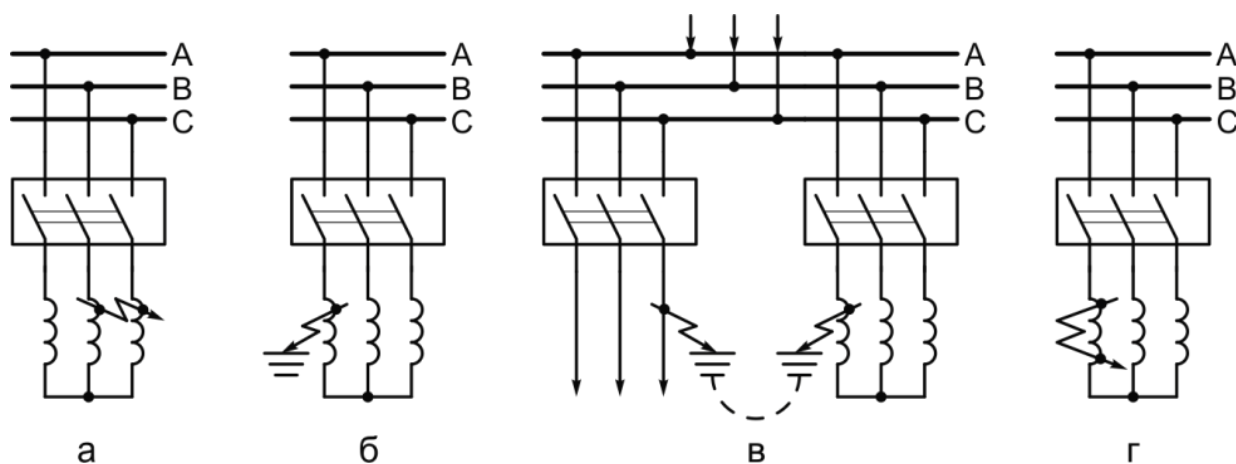
мұндағы $P_{д.ном}$ — қозғалтқыштың номиналды қуаты; I_{33} — сыйымдылық сипаты бар жерге тұйықталу тогы;

- статордың орамасындағы орамдық тұйықталу. Тұйықталған айналымдағы токтар номиналды токтан әлде қайда артық болуы мүмкінгімен көзделген олар қозғалтқыш үшін қауіпті. Бұл магнитөткізгіштер мен ораманың зақымдалмаған бөлігінің қызуына және, әдетте, оқшаулаудың бұзылуына әкеледі;

- СҚ қозу тізбектеріндегі үзілділер. Бұлар сирек болатындықтан, осы зақымдардан оларды қорғауды тек кейбір қуатты СҚ үшін жасайды;

- СҚ ротор орамасының жерге тұйықталуы. Ротор орамасының екінші нүкте тұйықталуынан қорғау жасалады. ЭҚК сәйкес СҚ үшін мұндай қорғау әрқашан міндетті емес.

Электр қозғалтқыштар зақымдануының ең жиі және қауіпті түрі үлкен токтардың өтуімен жүретін статор орамасындағы көпфазалы ҚТ (сур. 9.1, а) болып табылады. бұлар электр қозғалтқыштардың орамдары мен құрыштарының елеулі бұзылуын тудырады. Құрыштардың зақымдануы болды әсіресе қажет емес, өйткені бұл электр қозғалтқыштың толық бөлшектеумен ұзақ уақыт жөндеуін талап етеді. Көпфазалы ҚТ қоректендіруші желі кернеуінің төмендеуімен қоса жүреді, бұл токтың басқа да қабылдағыштарының жұмысына ауыр әсер етеді.



9.1 сурет. Электр қозғалтқыш статорының зақымдануы:

а — көпфазалы қысқа тұйықталу; *б* — бірфазалы жерге тұйықталу; *в* — желінің әр түрлі нүктелеріндегі екі еселі жерге тұйықталу; *г* — бір фазадағы орамдық тұйықталу

Зақымданудың басқа кең таралған түрі статор орамасының жерге бір - фазалы тұйықталуы болып табылады (сур. 9.1, *б*). Кернеуі 6 кВ желілер үшін рұқсат етілген тогы $I_{33} = 30$ А; кернеуі 10 кВ желілер үшін $I_{33} = 20$ А. Осы мәндерден асып кеткен кезде реактор арқылы қосылған жерге бейтарапты қосу ұсынылады (сыйымды токтың орнын толтыру үшін).

Оқшаулау зақымдануының барлық түрлері ішіндегі бір фазалы жерге тұйықталу 75... 85 % құрайды. Оқшауланған бейтарабы бар тұтынушылардың қуатының сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін бір фазалы жерге тұйықталу кезінде мыналарды ескеру қажет:

- жерге қатысты екі зақымдалмаған фазалардың сызықтық кернеуіне дейін көтеріледі;
- жерге тұйықталу орнында (4.6) амплитудасымен және $I_{ном}$ бар коммутациялық токтың күшеюінің пайда болуын қамтамасыз ететін ауыспалы электрлік доғасы пайда болуы мүмкін;
- жердің әр нүктесінде қос тұйықталудың көшуі орын алуы мүмкін (сур. 9.1, *в*). Ток зақымдануы бұл кезде екі фазалы ҚТ тогына жақын болады. Бұл жағдайда электр қозғалтқышты өшіру қарастырылуы тиіс, ол жерге тұйықталудан қорғауды орындайды. Егер соңғысында уақыт ұстамы болса, онда оның сызбасына 50.100 ток зақымдану кезінде іске қосылатын ток релесі және уақытты сақтамай ажыратқыш қозғалтқыш қосымша енгізеді.

Жерге тұйық қосылған бейтарабы бар 1 кВ дейінгі кернеуіндегі желілерде бір фазалы ҚТ тогы зақымданған электр қозғалтқыш үшін қауіп тудырады, сондықтан электр қозғалтқыш уақытты сақтамайтын қорғаумен ажыратылуы тиіс. Бұл функцияны көпфазалы ҚТ-дан үш фазалы қорғау орындайды.

Көбінесе кәсіпорындардан тыс алыс шығатын үлкен ұзындығындағы электр желілерімен өнеркәсіптік электр қондырғыларында электр қозғалтқыштарын 1 кВ кернеуімен қоректендіруші электр желілерінде жерге тұйықталу жағдайлары туындауы өте жиі болып тұрады. Осы жағдайларда жерге қос тұйықталу өнер кәсіптік электр қозғалтқыштар зақымдануларының негізгі түрі болады.

Зақымданудың ауыр түрі статордың бір фазалы орамасындағы орам тұйықталуы болып табылады (сур. 9.1, з), өйткені ток зақымдану жерінде көпфазалы ҚТ кезіндегі сияқты болуы мүмкін. Алайда, орамдық тұйықталудан РҚ қолданылмайды, өйткені оны орындаудың қарапайым тәсілдері жоқ, ал кейбір сүзгілік ток қорғау түрлері пайдаланылады, егер ол қарастырылған болса. Бұл зақымдану түрі, әдетте, жерге тұйықталумен жүреді немесе көпфазалы ҚТ-ға ауысады, содан кейін бір фазалы жерге тұйықталудан РҚ немесе көп фазалы ҚТ-дан РҚ жұмыс істейді.

Синхронды электр қозғалтқыштар үшін сондай-ақ қоздыру тізбегінің зақымдануы тән: бір немесе екі нүктелерінде үзілу және жерге тұйықталу. Қозу тізбегінің үзілуі электр қозғалтқыштың синхронды моменттің жоғалуына және оны бейсинхронды режимге ауысуына әкеледі.

Қоздыру тізбегінің бір нүктеде жерге тұйықталуы нүктеде өзінен өзі қауіпті емес, бірақ егер ол жойылмаған болып қалса, онда жерге тұйықталу кезінде қоздыру тізбегінің басқа нүктесінде зақымдану орыны арқылы айтарлықтай бұзылуды тудыруға қабілетті ҚТ үлкен тогы барады. Сонымен қатар, егер бір жерге тұйықтаудың бір орындары электр қозғалтқыштың қозу орамында орналасқан болса, онда қозудың магниттік өрісі симметриялы емес болуы мүмкін және электр қозғалтқыштың күшті дірілін тудыруы мүмкін.

Электр қозғалтқыштың мынадай жұмыс режимдері бейнормалды болып табылады:

- технологиялық қайта тиеу, ол автоматты түрде немесе қызмет көрсетуші қызметшілермен қозғалтқышты түсіру арқылы жойылуы мүмкін. Қорғауда уақыт ұстамдылығы және автоматты түрде түсіру, сигнал немесе қозғалтқышты ажырату әрекетімен орындалуы мүмкіндігі бар. Орамдардың қызып кетуін, оқшаулаудың қартаюын тудыратын асинхронды қозғалтқыштың ұзақ қайта тиеуі көптеген факторларға байланысты (алдын-ала жүктемесіне, қоршаған ортаның температурасына, АҚ салмағы және т. б.). Сондықтан, қорғаудың мақсаттары үшін ртиевудің /д. п рұқсат етілген уақыты оңайлатылған өрнек арқылы бағаланады

$$t_{д.п} = \frac{A}{K^2} - 1$$

мұндағы $A = 250$ үлкен салмағы мен габариттік өлшемдері бар жабық АҚ үшін,

$A = 150$ ашық АҚ үшін; κ — статор орамасының номиналды тогына қатысты токтың шамадан тыс жиілігі.

Шамадан тыс рұқсат етілмеген ұзақтығы кезінде АҚ жүктен босатылған немесе өшірулі болуы тиіс. ЭҚҚ бір фазадағы шамадан тыс артық тиеуден қорғаудың орнатылуын көздейді. Алайда пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, бұл симметриялы емес режимдері жағдайында екі немесе үш фазалы қорғауды орнату орынды;

- ҚТ кезінде қоректендіруші желілердегі кернеудің төмендеуі; бұл ретте қозғалтқыш тоқтап қалуы немесе тежелуі мүмкін (АҚ айналу моменті желі кернеуінің квадратына пропорционалды) жауапты емес қозғалтқыштар, сондай-ақ қозғалтқыштар үшін, олар технологиялық себептер бойынша өздігінен іске қосылу режимінде жұмыс істей алмайды, қорғау өшіруге әрекет етеді;

- фазаның үзілуі, бұл қозғалтқыштарды қорытпа сақтандырғыштармен қорғау кезінде жиі орын алады. Қорғау функциясын фаза үзілген кезде асқын жүктелуден қорғау орындайды. Пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, соңғысы сенімсіз жұмыс істейді. Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі қозғалтқыштар үшін токтың өсуімен негізделген барлық бейнормалды режимдеріне ең әмбебап қорғау кірістірілген температуралық қорғау болып табылады;

- желідегі кернеу төмендеген кезінде, қоздыру тогының азаюында, сондай-ақ қозғалтқыштың айналу моменті аз сәтінен қабылдайтын қозғалтқышы механизмінің қарсыласу моментінен аз жағдайында орын алатын синхронды қозғалтқыштардың асинхронды жүрісі. 1 кВ дейінгі кернеу кезіндегі СҚ үшін асинхронды жүрістен арнайы қорғау орнатылмайды, оның функцияларын статор тогы бойынша асқын жүктемеден қорғау орындайды. 1 кВ астам кернеу кезіндегі СҚ үшін асинхронды жүрістен арнайы қорғау орнатылады, бұл түсіруге, қайта синхрондауға немесе қайта автоматты түрде қосумен қозғалтқышты өшіруге әрекет етеді. Барлық жағдайларда қорғауды ҚТ болған телімдегі ажырату уақытына қарағанда үлкен уақыт ұстаумен орындайды.

СҚ қайта синхрондау мынада болып табылады. Қайта синхрондау құрылғысы қозу тогын нөлге дейін төмендетеді, ал СҚ астыңғы синхронды жылдамдығына қол жеткізгеннен кейін оның жылдамдығы қайта төмендейді.

Жауапсыз СҚ-да синхронды емес жұмыстан қорғау олардың өшірілуіне әсер етеді. Бұл кезде асинхронды режим кезінде зақымдану тогы барлық үш фазада туындайтынын ескере отырып, қорғауды бір релелік бір фазалы орындайды. Пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, шамадан тыс тиеу мен асинхронды режимнен СҚ-ты қорғауды біріктіру орынды емес, өйткені бұл жағдайларда статор тогының өзгеру сипаты әртүрлі болады.

Электр қозғалтқыш жұмысының ең қауіпті симметриялы емес режимдерінің бірі толық емес фазалық режим болып табылады. Мұндай режимнің туындау се-

бебі, желідегі фазалық сымдардың үзілуі ғана емес, сондай-ақ статор орамасының үзілуі, қорапта түйісудің бұзылуы және т. б. мүмкін. Бұл жағдайда электр қозғалтқышты іске қосу мүмкін емес, және шамадан тыс тиеуден қорғау арқылы қозғалтқыш ажыратылады. Алайда, егер толық емес фазалық режимі электр қозғалтқыштың жұмыс істеу кезінде пайда болса, онда қорғау тиімсіз болуы мүмкін, себебі қозғалтқыштың кіші тиеу кезінде статор орамасындағы токтар артық жүктелуден қорғаудың тағайындамасынан төмен болуы мүмкін.

Электр қозғалтқыштардың қалыпты жұмысының ең жиі бұзылуы қуат көзінің жоғалуы есебінен болады, бұл қандай да бір істен шығу салдарынан қоректендіруші желісінде электрмен жабдықтау көзінен электр қозғалтқышқа активті қуатты беру кезінде не толығымен тоқтатылады не шектеледі, сондықтан, бұл оның электр қозғалтқыш — келтірілетін механизмінің толыққанды ұзақ жүйесінің жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін жеткіліксіз екенін көрсетеді.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың үздіксіз жұмыс істеуі үшін үлкен маңызы бар, сондай-ақ электр станциялардың өз қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы болады. Өздігінен іске қосылуы электр қозғалтқыштарын қоректендіретін желідегі кернеудің қысқа мерзімді төмендетілген кезінде, олар өшпейді және кернеудің қалпына келтіргеннен кейін қайтадан қалыпты айналу жиілігіне жетуі болып табылады (яғни, өздері іске қосылады). Алайда, қысқа уақыттан кейін кернеуді қалпына келтіру кезіндегі кейбір жағдайларда оның электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуының құрып кетуіне жол берілмейді, мысалы, технологиялық процестің шарттары бойынша өндіріс, қызметшілер қауіпсіздігі, өздігінен іске қосылу тоқтарын шектеу. Мұндай электр қозғалтқыштарға ең төменгі кернеудегі РҚ орнатылады, олардың ажыратылуына әсер етеді.

9.2. Фазааралық ҚТ-дан электр қозғалтқыштарын қорғау.

Фазааралық ҚТ-дан электр қозғалтқыштарын қорғау негізгі РҚ болып табылады, және оныбарлық жағдайларда орнату міндетті. Электр қозғалтқыштарды фазааралық ҚТ-дан РҚ ретінде $P_{д\cdot ном} < 5\,000$ кВт кезінде уақыт ұстамаумен тоқтық қырку қолданылады. $P_{к\cdot ном} < 2\,000$ кВт кезінде ТД токтардың екі фаза айырмағына ток релес ток релесін қосумен бір релелі жасайды. Егер бұл ретте $k_u < 2,0$ болса, онда ТД екі фазалы екі реле орындайды. Соңғысы $P_{д\cdot ном} > 200$ кВт кезінде міндетті болып табылады.

Жалған қорғаудың іс-әрекеттерінің мүмкіндігін болдырмау үшін, ол максималды ток бойынша орнатылған болуы тиіс, бұл зақымданбаған электр қозғалтқыш кезіндегі қорғау арқылы өтуі керек.

Осындай ток ретінде әдетте электр қозғалтқыштың $I_{n \max}$ іске қосу тоғын қабылдайды, ол іске қосу құрылғыларында (реостат, реактор) шығарылған кезінде тұтынады:

$$I_{сз} = k_{отс} I_{пmax}$$

Электр қозғалтқышты қосу моментінде электр қозғалтқыштың іске қосу тоғымен орнатылған амплитудасы бойынша айтарлықтай асатын магниттенетін тоқтың өткінші лақтыруы орын алады. Қозғалтқышты қосу кезінде тоқтың бұл лақтыруынан қималардың жалған іс-қимылын алдын алу үшін $k_{отс}$ коэффициентінің мәні реле түріне байланысты таңдайды.

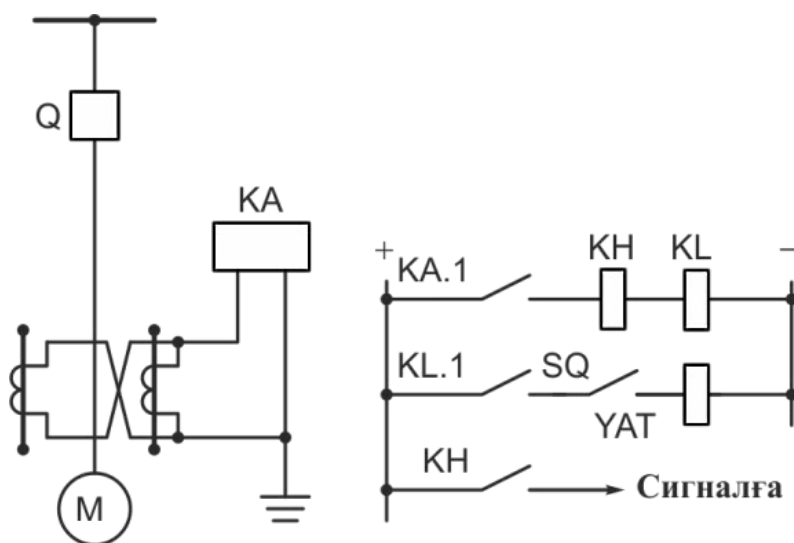
ТД сұлбасы ҚТ көп фазалықтың барлық түрлері кезінде әрекетін қамтамасыз етуі тиіс.

ТД тоқ релесінің іске қосылуын шарты бойынша таңдайды

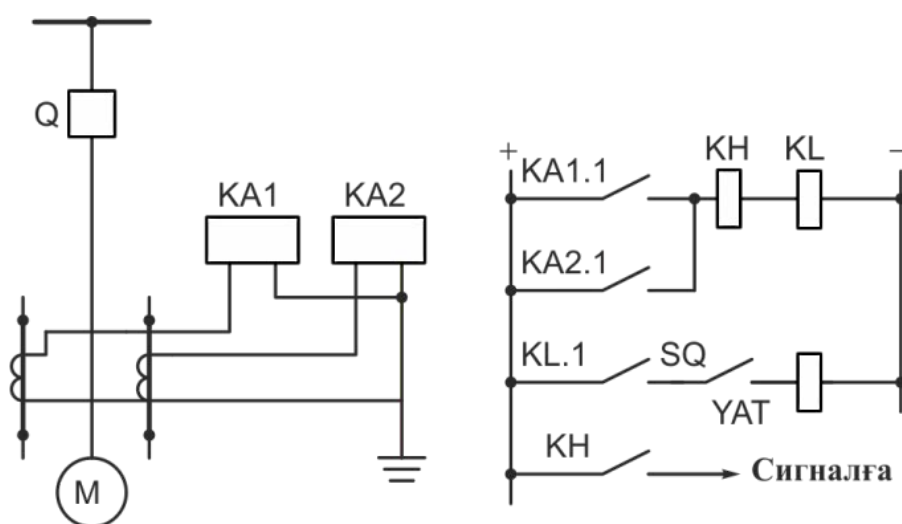
$$I_{ср} = k_{отс} k_{ох} I_{пmax} / k_{ТТ}$$

мұнда РТ-80 реле үшін (электромагнитті элемент) $k_{отс} = 1,8... 2,0$, РТ-40 реле үшін $k_{отс} = 1,4... 1,5$; $k_{сх}$ — реледегі тоқтың симметриялы үш фазалы режим кезінде ТТ екінші тоғынан қаншама рет асқанын көрсететін сұлба коэффициенті ($k_{сх} = 1$, ТТ толық немесе толық емес "жұлдызға" қосылған кезде, $k_{сх} = 43$ ТТ барлық басқа сұлбадарындағы қосылыстар кезінде); $k_{ТТ}$ — ТТ трансформация коэффициенті.

Фазааралық ҚТ-дан электр қозғалтқышты тұрақты жедел тоғында (ток қимасы) екі фазалық бір релелік қорғаудың қағидалық сұлбасы Сур. 9.2 келтірілген. Бұл ТД кемшілігі екі фазалық екі релелі қима тоғымен салыстырғанда



9.2 сурет. Фазааралық ҚТ-дан электр қозғалтқышты тұрақты жедел тоғында (ток қимасы) екі фазалық бір релелік қорғаудың қағидалық сұлбасы:
 KA ток релесі, екі фаза токтарының айырмасына қосылуы



9.3 сурет. Фазааралық ҚТ-дан электр қозғалтқышты тұрақты жедел тоғында (ток қимасы) екі фазалық бір релелік қорғаудың қағидалық сұлбасы:

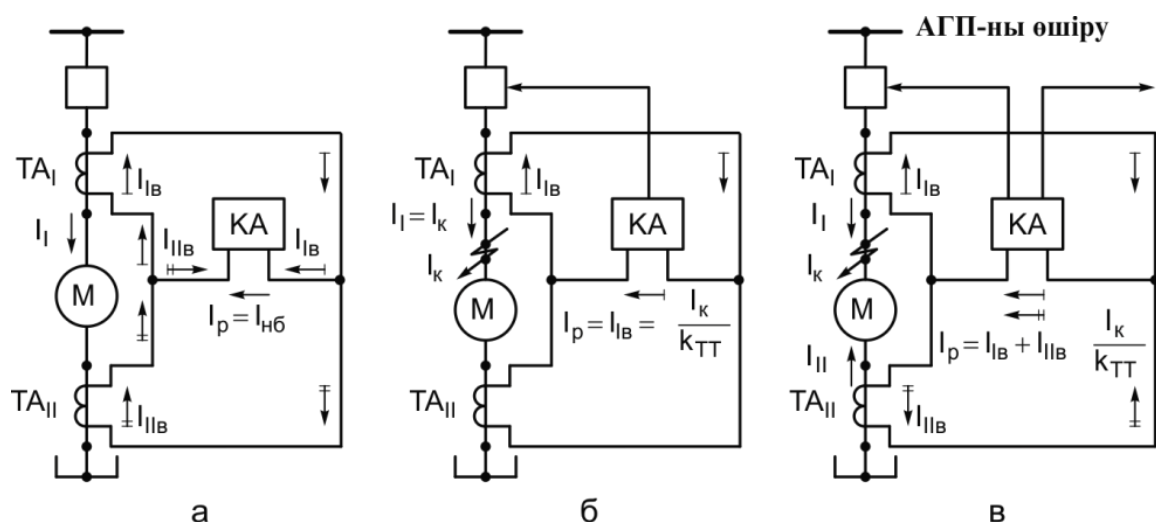
$KA1, KA2$ — фазалық токтарға қосылған ток релесі

неғұрлым төмен сезімталдығы болып табылады, оның сұлбасы 9.3. суретте ұсынылған. Бұл қималардың іске қосылу тоғының релесі бойынша сұлба 9.2 суретінде қималардың іске қосылу тоғының релесі бойынша сұлба 9.3 суретінен қарағанда 43 есе артық. Сондықтан 200 ... 5000 кВт қуаттылығындағы электр қозғалтқыштарында ТД екі релелік орындайды. 2 000 кВт дейінгі қуаттылығымен жауапсыз электр қозғалтқыштарындағы екі релелік ТД қолданады, егер бір релелік сұлбаның сезімталдық коэффициенті екі фазалық ҚТ кезінде однорелейной схемасын кезінде электр қозғалтқышты шығаруда кем дегенде екі ($k_q < 2$) көрсетіледі.

Бұл 6 және 10 кВ кернеуіндегі қозғалтқыштары жерлестірілмеген бейтарап (немесе реактор арқылы жерге тұйықталған) желісінде жұмыс істеуін ескере отырып, қорғауды екі фазалық бір релелік немесе екі фазалық екі релелік орындайды. $P_{д \cdot ном} \wedge 2\,000$ екі фазалық орындаумен қозғалтқыштар үшін жерге тұйықталудан қосымша қорғаныс болған жағдайда ғана жол беріледі, олай болмаған жағдайда қозғалтқышты қорғауды үшфазалы орындайды.

Ескеру керек, сур. 9.2, 9.3 келтірілген сызбалар бойынша орындалған, бұл қималар - "өрескел". ҚТ кезіндегі электр қозғалтқыштың статор орамалары, егер зақымдану орыны сыртқа шығарылған өткізгіштен жойылған болса, статор орамасының күйнен зақымдану орыны сыртқа шығарылған өткізгішке жақындау нәтижесінен кейін қимасы әрекет етеді.

Ірі жауапты электр қозғалтқыштарын қорғау үшін шықпасынан жойылған статор орамасының көпфазалы зақымданған кезінде әсер етер еді, сондай-ақ екіфазалы ҚТ кезінде статор орамасының ($k_q < 2$) шықпасында қима қажетті сезімталдықты бермейтін жағдайларда электр қозғалтқыштың дифференциалды қорғауын орындау қажет.



9.4. сурет. Сызбалар, қалыпты режимде электр қозғалтқыштың дифференциалды қорғаудың түсіндірме қағидасы (а) және ҚТ кезіндегі асинхронды (а) және синхронды (б) орамдарындағы электр қозғалтқыштар

Электр қозғалтқыш 5000 кВт және одан да көп қуатымен ұзына бойы сараланған қорғаныс орнатылады. Ол электр қозғалтқыштардың шығыстырында және орамасында ҚТ жоғары сезімталдығын қамтамасыз етеді, сонымен қатар, іске қосу мен өздігінен іске қосылу токтар сыртқы ҚТ кезінде ток лақтыру, онда теңдестірілген олар бойынша тоқтық қырқу орнатылады.

Фазааралық ҚТ-дан қозғалтқыштың бойлық дифференциалды қорғаудың Жұмыс істеу принципі сур 9.4. баяндалады. Электр қозғалтқыш статор орамасының екі жағынан бірдей трансформациялау коэффициенті бар бір типті ТТ орнатылады. Электр қозғалтқыштың зақымдалмаған болған кездегі қалыпты режимде TA_I және TA_{II} трансформаторлар арқылы бір және сол бастапқы ток I_1 ағады, соның арқасында реле орамасындағы I_{1B} және I_{1IB} екіншілік токтар өзара тең және бағыты бойынша қарама қарсы (сур. 9.4, а). Іс жүзінде екінші ток екі ТТ жалғастырушы сымдар бойынша айналады, ал реледе

$$I_p = I_{1B} - I_{1IB} = I_{нб}$$

ТТ келісілген қателіктермен тармақталады. Бұзылмаған электр қозғалтқыш кезінде қорғау жұмыс істемейді, өйткені

$$I_{нб} < I_{ср}$$

Асинхронды электр қозғалтқыштың немесе қозбаған синхронды қозғалтқыштың статор орамасындағы ҚТ кезінде (мысалы, іске қосу режимінде) бастапқы ток TA_{II} арқылы өтпейді (сур. 9.4, б), оның екінші тоғы нөлге тең, демек, реле арқылы толық екінші ҚТ ток өтеді, оның әсерінен реле іске қосылады:

$$I_p = I_{1B} = \frac{I_k}{k_{TT}} > I_{cp}$$

онда I_k — ҚТ-дың толық бастапқы тогы.

ҚТ кезінде қозған синхронды электр қозғалтқыштың статор орамасындағы дифференциалды қорғанысы асинхронды қозғалтқышқа қарағанда, әлдеқайда сенімді қолданылады, өйткені зақымдалу орыны электр қозғалтқыштың ЭҚК шақырылған I_n тоғымен қосымша сіңдірілді (сур. 9.4, в). Алайда қорғаудың сезімталдығын бағалау үшін қозбаған электр қозғалтқыш керек, себебі зақымдану іске қосқан кезде туындауы мүмкін, бұл кезде қозу тоғы әлі берілмейді.

Тіпті ажыратқыш өшірілгеннен кейін қозған синхронды қозғалтқыштың зақымданған кезінде зақымдану орыны ҚТ I_c құрамдас ток арқылы өтеді, өзі-ндік ЭҚК-і шақырылатын, ол электр қозғалтқыш қозғалыстан шығуда инерция бойынша өте ұзақ айналу аркасында қолдау алуы мүмкін, сондай-ақ сол ҚТ кезінде қозудың жеделдету құрылғысы жұмыс істейді. Сондықтан автомат сөндіру өрісі (АСӨ) бар синхронды электр қозғалтқыштары үшін қорғау ажыратқышты өшіргенде ғана емес, сондай ақ электр қозғалтқыштарының магнит өрісін сөндіру және толық бүлінген жерде тоқты толық түсіру үшін АСӨ өшіргенде әрекет етуі тиіс.

Бойлық дифференциалды РҚ, әдетте, екі фазалы РНН-565 релемен жүзеге асырылады.

РҚ іске қосу тогы электр қозғалтқыштарды іске қосу кезінде I_{y6} теңгерімсіздік тогы бойынша орнатылған болуы тиіс, оны $I_{c.3} = 2/I_{д.ном}$ тең деп қабылдау ұсынылады.

ҚТ екі фазалық кезінде электр қозғалтқыштарының шығуында РҚ сезімталдық коэффициенті ($k_c > 2$) екіден кем болмауы тиіс ($k_c > 2$). РНН-565 релесімен үлкен токтары бойынша орнатылған РҚ жағдайларында қажетті сезімталдығын қамтамасыз етпейді, ДЗТ-11 типті дифференциалдық реле тежеумен пайдаланылады.

10 000 кВт және одан да көп қуатымен ерекше қымбат және жауапты электр қозғалтқыштары үшін дифференциалды бойлық РҚ $I_{c.3} = 0,5/I_{д.ном}$ іске қосылу тоғы қабылдануы мүмкін. Алайда, бұл орынды болған жағдайда ғана, егер ҚТ токтар шағын және сезімталдық коэффициенті мардымсыз болғанда.

Екі фазалық орындалуындағы релелік қорғаныс қосарланған жерге тұйықталуға жауап бермейді, егер ТТ болмаған электр қозғалтқыш орамасының В фазасында тұйықталудың бірі туындаған болса. Сондықтан екі жақты жерге тұйықталудан тоқ релесімен орындалатын арнайы РҚ қосымша орнатылады, ол нөлдік реттілік тоғының трансформаторына қосылған.

9.3. Электр қозғалтқыштарын шамадан тыс тиеуден қорғау

Шамадан тыс тиеудің себептері әдетте, бір фазаның үзілуі, іске қосу немесе өздігінен іске қосылудың ұзаққа созылуы, қабылдайтын механизмнің технологиялық қайта тиеуі, қозғалтқыштың немесе қабылдайтын механизмнің механикалық зақымдануы болып табылады. Қозғалтқыштар үшін тұрақты жүктеме ғана қауіпті. Асқын тоқтар (номиналдыдан асатын тоқтар) іске қосу немесе өздігінен іске қосылу кезінде туындайтын (жүктемеде электрқозғалтқыштың жүктеме кезінде іске қосу) әдетте, қалыпты айналу жиілігіне жеткен кезде қысқа мерзімді және өздігінен жойылады.

Мұндай қайта тиеу, фазаның үзілуі сияқты орын алатын, мысалы, қозғалтқышты сақтандырғыштармен кезінде қорғау кезінде, электр қозғалтқыштың параметрлеріне байланысты номиналды жүктеме кезінде электр статор тоғының $(1,6...2,5)I_{д. ном}$ дейін артуымен жүруі мүмкін. Бұл қайта тиеу тұрақты сипатта болады. Тұрақты сипаты электр қозғалтқыштың немесе қабылдайтын механизмнің механикалық зақымдануымен негізделген асқын тоқтар да бар. Асқын тоқтар температураның жоғарылауын тудырады, ең алдымен, орамдардың, бұл олардың оқшаулауының тозуын жылдамдатады және осылайша, электрқозғалтқыштың қызмет ету мерзімін азайтады.

Электр қозғалтқыштарын шамадан тыс артық тиеуден қорғаудың қолдану шарттары:

- технологиялық ауыртпалықтарға бейімделмеген (мысалы, айналыстың, қоректік сорғылардың және т. б. электр қозғалтқыштарындағы) және ауыр іске қосу немесе өздігінен іске қосылуда ауыр жағдайлары болмайтын тетіктердің электр қозғалтқыштарында, шамадан тыс тиеуден РҚ орнатылмайды;

- технологиялық ауыртпалықтарға бейімделген электр қозғалтқыштарында (мысалы, диірмендердің, уатқыштардың, багер сорғылардың және т. б. электр қозғалтқыштарындағы), сондай-ақ өздігінен іске қосылуын қамтамасыз етілмейтін электр қозғалтқыштарында, шамадан тыс тиеуден РҚ орнатылуы тиіс;

- асқын жүктемеден қорғау ажырату әрекетімен орындалады, егер электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы қамтамасыз етілмесе немесе электр қозғалтқышты тоқтатпай, тетіктің технологиялық қайта тиеу алынып тасталуы мүмкін болмағанда;

- электр қозғалтқышты асқын жүктемеден қорғау тетігін немесе сигналын түсіру әрекетімен орындалады, егер электр қозғалтқышты тоқтатпай, тетіктің технологиялық қайта тиеуі қызметшілермен автоматты түрде немесе қолмен алынып тасталуы мүмкін және электр қозғалтқыштар қызметшілер бақылауында болады;

• тетіктердің жұмыс істеу кезінде жойылатын сияқты қайта тиеу болуы мүмкін және тетіктерін тоқтатпай қайта тиеуді жою мүмкін емес тетіктердің электр қозғалтқыштарында, мұнда электр қозғалтқышты ажыратуға арналған аз уақыт ұстанымымен асқын токтардан РҚ әрекетін қарастырған жөн.

Жеке қажеттіліктеріндегі электр станцияларының жауапты электр қозғалтқыштары жедел қызметшілердің тұрақты бақылауында болған жағдайларында олардың шамадан тыс тиеуден РҚ дабылға әсер етуімен орындауға болады.

Технологиялық қайта тиеуге ұшыраған электр қозғалтқыштарын қорғауға мынадай талаптар қойылады:

- аса жүктелуден электр қозғалтқыштарын қорғау;
- жүктеме мен қоршаған ортаның температурасының басталар алдын ескере отырып, электр қозғалтқыштың шамадан тыс тиеу сипаттамасын неғұрлым толық пайдалану

Бұл талаптарын реленің қыздыру элементі кедергісінде бөлінген Q жылу санына әсер етуші жылу реле қамтамасыз ете алады. Жылулық реленің негізі биметалл тілімше болып табылады, ол қыздырғанда майысады, реленің тиісті түйісуіне тұйықталады, бұл реле қозғалтқыштың желіден ажыратылуына әкеледі. Жылу реле конструкциясы бойынша қарапайым, бірақ мынадай елеулі кемшіліктері болады:

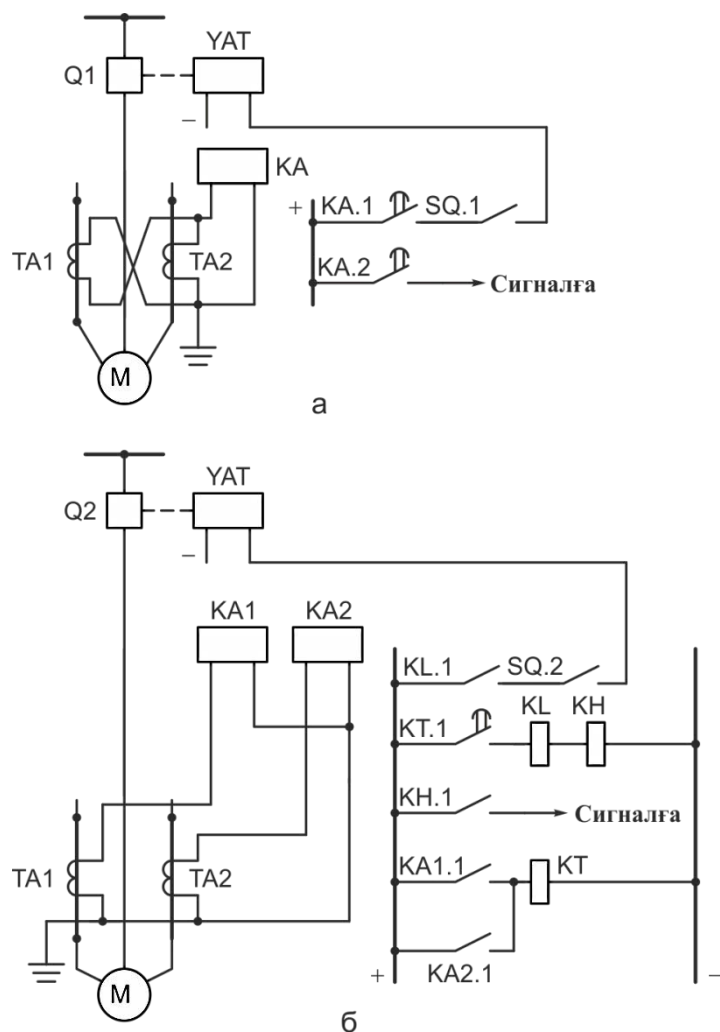
- қызмет көрсету мен баптаудың күрделілігі;
- бір және сол типті реленің жекелеген даналарындағы айырмашылық сипаттамалары;
- электр қозғалтқыштардың жылу сипаттамаларына жиі сәйкес келмеуі;
- қоршаған ортаның температурасына тәуелділігі;
- ҚТ кезінде реле электр қозғалтқышты өшірмес бұрын реле қыздырғышы жанып кетуі мүмкін. Сондықтан, жылу релесі арқылы қорғау ҚТ-дан тез әрекет ететін қорғау бар болғанда орнатылады, мысалы балқығыш сақтандырғыштарда;
- жаман келісу қозғалтқыштардың жылулық жүктелу қабілетімен нашар қиысуы;
- пайдалану процесінде іске қосылу параметрлерінің жеткіліксіз тұрақтылығы.

Баяндалғанның негізінде жылу релесін жауапты емес қозғалтқыштарда қолданған жөн деген қорытынды жасауға болады.

Токтық реледе орындалған шамадан тыс тиеуден электр қозғалтқыштарын қорғау неғұрлым сенімді болып саналады (сур. 9.5)

Қозғалтқыштарды шамадан тыс тиеуден қорғау үшін максималды токтық қорғанысы көзделеді, ол бір немесе екі фазалы, бірақ, әдетте, бір релелі болуы

мүмкін. Шамадан тыс тиеуден қорғауды технологиялық ауыртпалықтарға ұшыраған қозғалтқыштарда өшіру әрекетімен, сондай-ақ өздігінен іске қосылуы қамтамасыз етілмейтін қозғалтқыштарда орнатылады. Асқын жүктемеден қорғау уақыт ұстаумен ең жоғары ток релесімен жүзеге асырылады.



9.5 сурет. Қозғалтқышты ток реле көмегімен қорғаудың қағидалық сұлбасы:

а — фазааралық ҚТ және шамадан тыс тиеумен аралас (РТ-84 релесі); *б* — шамадан тыс тиеу (РТ-40 релесі)

Релені неғұрлым орынды қолдану, олардың токтан уақыт ұстау тәуелділігі электр қозғалтқыштың жылу сипаттамасына жақындайды (әр түрлі қайта тиеу кезінде қызып ұстау уақыты бойынша рұқсат етілген).

Жылу реле мен индукциялық жүйелерде ең қолайлы сипаттамалары бар. Сондай-ақ, уақыт кідіріссіз ток релесі және жеке уақыт релесі көмегімен орындалған қорғаныстың тәуелсіз сипаттамасымен қолдану мүмкін. Тәуелсіз сипаттамасымен қорғау неғұрлым қарапайым және сенімді, бірақ электр қозғалтқыштың қайта тиеу қабілетін мүлдем жеткіліксіз пайдаланады және оның жүктелу қабілетін пайдалану қажеттігі болмаған жағдайларда ғана қолданылады.

Асқын жүктемеден қорғаудың ең таралғаны РТ-80 индукциялық реле арқылы максималды уақыт ұстанымымен тәуелсіз бөлігінің сипаттамалары шамамен 16 с болғанда.

Шамадан тыс тиеу симметриялы режим болып табылады, сондықтан одан қорғау үшін кез келген үш фазада бір тоқ релесін орнату жеткілікті. Екі релемен де сұлбалар қолданылады.

Индукциялық типті РТ-80 реле бір реле базасында көп фазалық ҚТ шамадан тыс тиеу мен бөлінуінен қорғанысын орындауға мүмкіндік береді. Шамадан тыс жүктемеден қорғау ажыратуға әсер ететін жағдайларда РТ-82 типті реле орнатылады, онда уақыт ұстаумен индукциялық элементі шамадан тыс жүктемеден қорғау үшін, ал жылдам элементі — қималарды орындау үшін теңшеледі.

Қабылдайтын механизмнің дабыл немесе түсірілуге шамадан тыс тиеуден қорғаудан әсер етуі қажет болғанда РТ-84 реле қолданады, реленің индукциялық элементінде жеке түйісуі бар. Осы түйісулердің тұйықталуынан кейін реле қайтарудың жоғары коэффициентіне ие болады. РТ-80 типті реленің электромагнитті элементімен басқарылатын түйісу, оларда қайтарудың төмен коэффициенті бар және өшіру әрекеті үшін ғана жарамды.

Шамадан тыс жүктелуден және РТ-84 релемен ҚТ-дан аралас қорғау сұлбасы сур. 9.5, *а. берілген*. Бұл реледе қималар мен индукциялық элементінің түйісулері бар.

Максималды тоқтық РҚ тәуелсіз уақыт ұстанымен бір релелі орындауында (екінің орнына бір реле РТ-40 9.5, *б*-суретте көрсетілген) жылу және атом электр станцияларында өз қажеттіліктеріндегі барлық асинхронды электр қозғалтқыштарында қолданылады, ал өнеркәсіптік кәсіпорындарда — барлық синхронды (асинхронды режимнен МТҚ РҚ-мен қиыстырылған) және асинхронды электр қозғалтқыштар жетекті механизмдер үшін, сондай-ақ 12... 15 с іске қосу уақытымен жауапты емес асинхронды электр қозғалтқыштар үшін болып табылады.

Электр қозғалтқыштың номиналды тоғының шамадан тыс тиеуден МТҚ орнатылады:

$$I_{сэ} = k_{отс} I_{дном} / k_B;$$

$$I_{ср} = \frac{k_{отс} k_{сх} I_{дном}}{k_B k_{ТТ}},$$

мұндағы дабыл қолданысындағы РҚ үшін $k_{отс} = 1,1... 1,2$, ажырату қолданысындағы РҚ үшін $k_{отс} = 1,5... 1,75$, қолданыста ажыратуды; k_e — реленің қайтару коэффициенті; $k_{сх}$ — екі фаза токтарының айырмаға релені қосқан кезінде 1,73 тең сұлба коэффициенті.

Қорғаудың әрекет уақыты шамадан тыс жүктелуден 20 с тең деп қабылдайды, бұл қозғалтқыштардың іске қосу мен өздігінен іске қосылу уақыты бойынша орнатуға мүмкіндік береді. Өздігінен іске қосылу, әдетте, қозғалтқыштардың қысқыштарындағы кернеуінің төмендетілуінен болады, сондықтан олар үшін іске қосумен салыстырғанда қыздыру тұрғысынан аса ауыр режим болып табылады.

Қуат беру уақытының үзілісі көп болғанда қозғалтқыштар соншалықты тежеледі, іске қосылуы қиындатылады АҚ қорғаудан АҚ қорғаудың шамадан тыс тиеуден айырмашылығы дабыл ($I_{с.з} = 1,25I_{ном}$) немесе сигнал (артық сезімтал жиынтығы) және ажырату (кем сезімтал жиынтығы) әрекетімен орындалады. Соңғы жағдай үшін $I_{сз} = (1,50.1,75)I_{ном}$.

Бұрын айтылғандай, электромеханикалық реледен электр қозғалтқыштардың жылу сипаттамаларына көбірек индукциялық реленің сипаттамалары сәйкес келеді. РТ-80 типті реленің пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, АҚ шамадан тыс тиеуден сенімді қорғау үшін РТ-82 реле болып табылады. Алайда, РТ-80 типті реленің жұмыс істеу сипаттамалары электр-қозғалтқыштардың жылу үлгілеріне жиі сәйкес келмейді.

Электр қозғалтқыштардың іске қосылу сипаттамаларының жылу сипаттамаларына "қиыстырудың" неғұрлым кең мүмкіндіктерінде микропроцессорлық релелік қорғау болады, олар қазіргі уақытта Ресейдің өнеркәсіп кәсіпорындарындағы энергожүйелерінде қолданыла басталды.

9.4. Электр қозғалтқыштарын кернеудің төмендеуінен қорғау

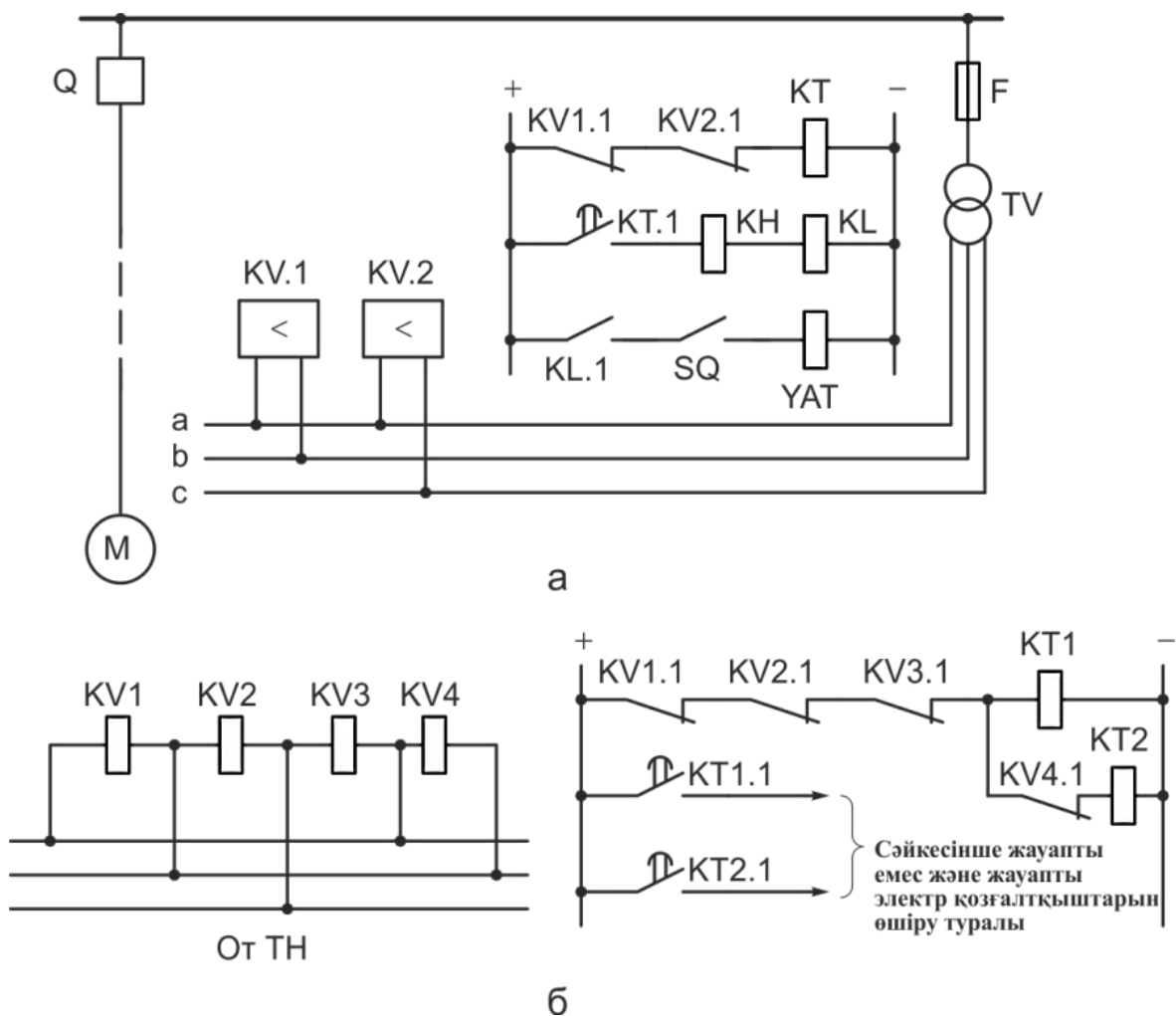
Бұл қорғау, негізінен, электр қозғалтқыштардың өздерін тікелей қорғау үшін емес, ал апаттан кейінгі жағдайларда электр қондырғыларының қалыпты жұмыс режимін қалпына келтірудің жеңілдету үшін, сондай-ақ қызмет көрсетуші қызметшілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін және дайындалмаған іске қосу құрылғыларымен өздігінен қосылуын болдырмау үшін орнатылады.

Жоғарыдағы 9.1 бөлімшесінде айтылғандай қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы кернеуді қалпына келтіру кезінде оның қысқа уақыттан кейін оның құрып кету жағдайларында (өндіріс технологиялары жағдайлары, қызмет көрсетуші қызметшілердің қауіпсіздігі, өздігінен іске қосылу тоқтарын шектеу бойынша), мұндай қозғалтқыштарға олардың ажырату қолданыстағы қорғауға ең аз кернеу орнатылады.

Ең аз кернеуді қорғауды өндірістік процеске іс жүзінде әсер етпейтін аз жауапты қозғалтқыштарды ажырату үшін пайдаланады, олар жауапты қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын сенімді қамтамасыз ету үшін. Жекелеген жағдайларда ұзақ уақыт кернеу болмаған кезде қорғау ең төменгі кернеуді және жауапты қозғалтқыштарды ажыратады.

Сур. 9.6, а электр қозғалтқыш екі релелі ең төменгі кернеу төмендеуінен қорғаудың қағидалық сұлбасы ұсынылған.

Пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, қорғауды қоректендіруші тізбектегі кернеу сенімсіз болып табылады. Оларда қорғау сақтандырғыштар мен автоматтардың жалған әрекетін, үзілуін, ол электр қозғалтқыштардың қажетсіз өшірілуін туғызуы мүмкін. Жалған қорғаныс әрекетінің зақымдануы салдарынан, қайталама тізбек кернеу алынып тасталған болып қорғау сұлбасы орындалуы тиіс.



9.6 сурет. Электр қозғалтқышты екі (а) және төрт (б) релесімен кернеу төмендеуінен қорғаудың қағидалық сұлбасы:

KV1... KV4 — ең төменгі кернеу релесі; TV — кернеудің өлшеу трансформаторы

Өйткені барлық электр қозғалтқыштардың бір секциялы шиналардың тарату құрылғыларынан қоректенетін шығарылымдарында кернеу бірдей, олар үшін кем және одан да көп жауапты электр қозғалтқыштардың ажыратуына екі түрлі уақыт ұстанымымен жұмыс істейтін ең аз кернеудегі бір ортақ қорғау орындаған жөн. Кернеу тізбегінің үзілу кезінде жалған қозғалтқыштардың ажыратылуына жол бермейтін ең сенімді кернеудің әр түрлі трансформаторларына қосылған екі жиынымен кернеу релесімен сұлба болып табылады. Бұл сұлбаны жауапты қондырғыларда қолданады.

Ең төменгі кернеуді қорғаудың іске қосу кернеуі қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын қамтамасыз етіндей болып таңдалады, бұл ретте қорғаудың іске қосу кернеулігін $0,7U_{ном}$ тең деп қабылдайды. Ең төменгі кернеуді қорғаудың уақыт ұстамын жауапты қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын жеңілдету мақсатында 0,5 с тең, ал өндіріс технологияларының жағдайлары мен қауіпсіздік техникасы бойынша қозғалтқыштарды сөндіруге арналған, бұны қозғалтқыштарды өшіру кернеудің ұзақ төмендету немесе оның жоғалуы кезінде болуы үшін ұстамдылықты салыстырмалы үлкен (6... 10 с) белгілейді. Кернеулік қорғау соңғы жағдайда $0,5U_{ном}$ тең деп қабылдайды.

Егер бір мезгілде жауапты электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын жүзеге асырылуы мүмкін болмаса, олардың бір бөлігін жауапсызбен бірге ажыратуда ЭҚҚ қолдануға ұсынады, содан кейін ажыратылмайтын жауапты электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы аяқталғаннан кейін оларды автоматты түрде қайта іске қосу.

Жауапты көп жылдамдықты электрқозғалтқыштардың кернеуін ең төменгі қорғау, олардың өздігінен іске қосылуын жеңілдету үшін, осы электр қозғалтқыштарын төмен айналу жиілігіне ауыстырып-қосылуын жүргізілуі тиіс.

Қондырғыларда тұрақты оперативті токпен ең аз кернеу РҚ өз қажеттіліктеріндегі құрама шиналарының әрбір секциясы үшін сур. 9.6, б. келтірілген сұлба бойынша орындалады. Жауапты емес электр қозғалтқыштарды ажырату қолданыстағы уақыт релесі *KT* Iораманың тізбегіне үш ең төменгі *KV1...KV3 реле кернеуінің дәйекті түйісуі* енгізілген. Осындай реле түйісулерін қосу арқасында ТК сақтандырғыштың тізбегіндегі кез-келген сақтандырғыштардың күйген кезінде РҚ жалған іске қосылуы алдын алынады. Кернеу *KV1...KV3 релесінің іске қосылуы* шамамен $0,7U_{ном}$ тең деп қабылдайды, уақыт ұстамын жауапты емес — 0,5 ... 1,5 с, жауапты электр қозғалтқыштарын ажыратуға — 10 ... 15 с.

Пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, бірқатар жағдайларда электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы шиналардағы $(0,6 ... 0,7) U_{ном}$ өз мұқтажы дейінгі кернеу төмендеуімен 20 ... 25 с жалғасады. Бұл ретте, егер

қосымша шараларды қолданбағанда, ең төменгі кернеуді қорғау ($KV1 \dots KV3$ релесі), оларда іске қосу ($0,6 \dots 0,7$) мен $U_{ном}$ тағайындамасы бар, ол жауапты электр қозғалтқыштарын іске қосады және өшіреді. Бұны болдырмау үшін осы ораманың тізбегіне жауапты электр қозғалтқыштардың ажырату қолданыстағы $KT2$ уақыт релесіне $KV4.1$ түйісуіне *$KV4$ кернеу релесі қосылады*. Бұл ең төменгі кернеу релесінде іске қосу ($0,4 \dots 0,5$) мен $U_{ном}$ тағайындамасы бар және өздігінен іске қосылу кезінде сенімді бастапқы жағдайына қайтарылады. Өз қажеттіліктері шиналарынан кернеуді толық алып тастаған кезде ғана $KV4$ реле өздерінің $KV4.1$ байланысын ұзақ уақыт бойы жабық ұстайтын болады.

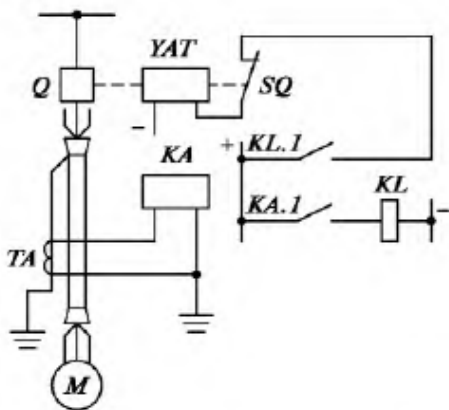
Әдетте, ҚТ кезінде немесе қызмет көрсетуші қызметкерлердің қате іс-әрекеттері кезінде кернеудің төмендеуі орын алады.

9.5. Статор орамынан бір фазалық жерге тұйықталудан электр қозғалтқышын қорғау

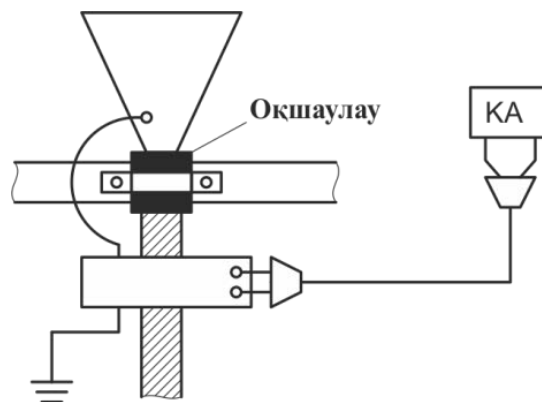
1 кВ жоғары кернеулі қозғалтқыштарға ең көп таралған зақым - статор орамасының бір фазалық корпусқа (жер) тұйықталуы. Бір фазалық жерге тұйықталудың ұзақ уақыт ағымына жол берілмейді, себебі ол әдетте тұйықталу орнында доғаны жағумен бірге жүреді және статор болатының еруіне әкелуі мүмкін.

ЭҚЕ-ге сәйкес, статор орамасындағы жерге тұйықталу кезіндегі жерге тұйықталудан қорғаныс электр қозғалтқыштарына 5000 кВт-тан астам қуаты бар жер тұйықталумен және 10 А-дан асатын жерге тұйықталу токтарымен кішігірім электр қозғалтқыштарында орнатылуы тиіс. Дегенмен, жерге тұйықталу токтарымен 5 А-дан асатын жерде жерге тұйықталудан зақымдалуын болдырмау үшін кез-келген күштің қозғалтқыштарына жиі орнатылады.

Статор орамасының бір фазалы қысқа тұйықталудан 1 кВ-тан жоғары қозғалтқыштарды қорғау үшін, жерге максималды нөлдік тізбек қорғанысы қолданылады. Электр қозғалтқыштарының жерге тұйықталудан қорғанышы желінің сыйымдылықтарына жауап береді және оқшауланған бейтараптағы желілерде жалғыз ток релесі арқылы жүзеге асырылады. Реле ТТ кабелінің қайталама орамасына қосылады, болат магниттік өткізгіш электр қозғалтқышын қуаттандыратын үшфазалы кабельді жабады (9.7-сурет). Бұл ТТ магниттік тізбегіндегі магниттік ағын барлық фазалардың токтарымен жүргізіледі. Қалыпты жағдайда және жерге тұйықталуға қатысты емес ақаулықтар болған жағдайда кабель арқылы өтетін барлық үш фазаның токтарының қосындысы нөлге тең. Магниттік схеманың магнит ағыны да нөлге тең, ал қорғау релесіне ток келмейді ағымы.



9.7. сурет. Нөлдік тізбекті ток сүзгісін қолданып, бір фазалық жерге тұйықталудан электрқозғалтқышты қорғаудың қағидалы схемасы



9.8. сурет. Бір фазалық жерге тұйықталуға қарсы электрқозғалтқышты қорғауға арналған ТТ кабелін орнату

Қорғалған аймақтағы жерге тұйықталу кезіндегі жағдайда фазалардың біріне айналған сақиналық магниттік цикл ТТ арқылы өтетін жерге тұйықталу токі кабель арқылы емес, сондықтан басқа фазалардың токтарымен теңестірілмейді. Ток трансформаторының қайталама орамасында ЭЖК пайда болады, бұл реледегі ток ағымын қорғауға әкеледі. Жерге тұйықталу тогының шамасы желінің сыйымдылығымен, яғни қосылған кабельдердің саны мен ұзындығымен анықталады.

Сыртқы бір фазалық жерге тұйықталған жағдайда, шағын теңістірілмеген ток I_C (электр қозғалтқышының меншікті сыйымдылық тогы және қозғалтқышты қорғаныс аймағына кіргізетін болса, кабельді қосатын) ТТ кабелі арқылы өтеді. Ішкі жерге тұйықталу тогы сыртқы жерге тұйықталумен қозғалтқышты жалған қорғауға әкелуі мүмкін, ол схеманы және қорғау параметрлерін таңдау кезінде ескерілуі керек.

Электр қозғалтқышын дайындаушы зауытпен көрсетілген немесе тәжірибелік өтіл жолымен анықталған ток I_C мәні номиналды кернеуде тұрақты күйдегі жерге тұйықтау режимі үшін беріледі.

Үзіліссіз жерге тұйықталу бұзылмаған фазаларда елеулі асқын кернеу мен жоғары гармоника кернеуінің және токтарының пайда болуымен бірге жүреді. Бұзылмаған электр қозғалтқышы жететін $(3 \dots 4) / C$ мәндеріне ие меншікті сыйымдылықты ток шығарады, ол тиісті тастау k_6 коэффициентімен есептеледі. Уақытша кідіріссіз қорғаныс үшін бұл коэффициент $3 \dots 4$ тең болады.

Негізгі іске қосу тогын қорғанысын таңдау келесі шартқа негізделеді

$$I_{cl} \geq k_{отс} k_6 I_C \quad (9.1)$$

ондағы $k_{отс}$ - $1,2 \dots 1,3$ тең қабылданатын коэффициент.

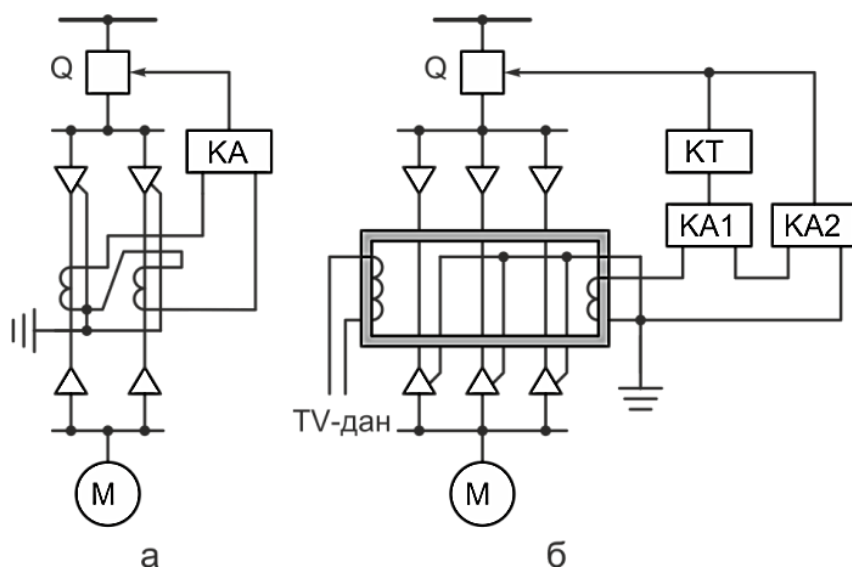
Жоғарыда айтылғандай, электр қуаты 2000 кВт-қа дейінгі электр қозғалтқыштар үшін, ток ағыны 10 А-дан аспауы тиіс, ал 2000 кВт-тан жоғары қуаты бар электр қозғалтқыштар үшін 5 А-дан аспауы керек. Алайда, егер ток $I_{с.з}$, жоғарыда келтірілген мәндерден артық болса, есептеу үшін коэффициенттің ($k_b = 1.5 \dots 2.0$) кішірек мәнін алу қажет және қорғау тиісінше 2 немесе 1 секундқа созылуы керек.

Сыртқы жерге тұйықталуда 10 000 кВт дейінгі қуаты бар электр қозғалтқыштарда орнатылған 1С қуаты 1 А аспайды. Демек, егер мұндай қорғаныс аймағында ұзақ уақыт бойы ұзын кабельдер болмаса, жерге тұйықталудан қорғауға 4,5 А іске қосу тогын (немесе 8.10 А қуаты 2 000 кВт-қа дейін), I_c таппай, теңдікті (9.1) формуласы бойынша есептемей және уақытша кідіріс енгізібей, егер ол баланс емес тогына қажет болмаса, сыртқы көпфазалық ҚТ да байланысты ағымдағы ток күшінен туындаса орнатуға болады.

9.8- суретте. ТТ кабелінің қуат кабелінің шұңқырымен қалай орнату керектігі көрсетілген.

ТЗЛ және ТЗЛМ түрлерінің ток трансформаторлары эпоксидті шайырлы оқшаулаумен қапталған қайталама орамасы бар және айналмалы кесу орындалмай тұрып, кабельде киілетін болуы керек. ТЗРЛ трансформаторының түрлендіргіші магниттік схемаға ие және толтырылған шұңқырлы кабельге орнатылуы мүмкін. Бұл трансформатордың өзегіндегі қосқыштың болуы оның ядросының магниттік қарсылығын күрт арттырады, магниттік ағынды әлсіретеді және қорғаныс сезімталдығын төмендетеді.

Барлық осы түрлердегі ток трансформаторлары өте төмен қуатты, өйткені бастапқы орамдау ретінде тек бір кабельдің өзегі (бір бұрылыс) ғана пайдаланылады, ал жерге тұйықталудың бастапқы тогы аз. Сондықтан қайталама ток шамасы қосалқы жүктің кедергісіне (реле және жалғастырғыш сымдар) қатты тәуелді болады. Осыны ескере отырып, ең жоғары сезімталдыққа қол жеткізу үшін ТТ түрін пайдаланған кезде, орамға қарсыласуға тура келетін (реле РТЗ-51, РТЗ-50, РТ-40 / 0.2). белгілі бір номиналды ток үшін, ток релесін таңдау керек.



9.9. Сурет. Бір фазалық жерге тұйықталудан электр қозғалтқышты қорғаудың схемасы;
a - ТЗЛ түріндегі екі трансформатор тогымен және кабельдермен қуаттанатын;
б – ТНП типті трансформаторлық токпен бірге

Егер бір күшті электр қозғалтқышы екі параллельді кабельмен қуаттанатын болса, онда әрбір кабельде ТТ кабельдері орналастырылады (9.9, сурет а). Олардың қайталама орамдары, бір-бірімен байланыстырылған, бір реле бойынша әрекет етеді. Осылайша қорғау сезімталдығы біршамаға азаяды.

Егер электр қозғалтқыш күші айтарлықтай үлкен болса, оны қуаттандыру екі параллельді кабелден көп қуатпен жүзеге асырылады, содан кейін ортақ нөлдік тізбектік ТТ ТНТ-түрін қамтиды (. 9.9, сурет б) кернеу трансформатор тізбектерінің магниттік жылжуы, жоғары сезімталдықты қамтамасыз етеді. Осындай электр қозғалтқыштарға тән сыйымдылық тогы әдетте үлкен болады, сондықтан сыртқы үзіліссіз фазалы жерге тұйықталуына байланысты қорғаныстың үзілуіне жол бермеу үшін уақыт кідірісін енгізу керек. Қосарланған жерге тұйықталу жағдайында мұндай қорғаныс әрекеті уақытша кешіктірілген, екінші тізбектегі ток тізбегі 150-200А бастапқы токпен екінші ток релесін қамтиды.

9.1 кестеде қосу сымдарының кедергісі 1 Ом-нан аспаған кезде әр түрлі типтегі релелермен әртүрлі ТТ үшін алынуы мүмкін минималды бастапқы іріктеу токтары көрсетілген.

9.1 кестеден көріп отырғанымыздай., онда көрсетілген релелердің кез-келгені 2 000 кВт дейінгі электр қозғалтқыштар үшін қолданылуы мүмкін, бірақ ең қарапайым және сенімді РТ-40 / 0,2 релесіне артықшылықтар беру керек.

Реленің минималды тогының іске қосылу

ТТ нөлдік тізбегінің түрі	Релелік қорғау түрі	Релелік іске қосудың тоқты параметрі, мА	Негізгі жұмыс тогының минималды мәні, егер бар болса, А					
			ТТНТ біреуі	екі ТНТ, қосылған		үш ТНТ, қосылған		төрт ТНТ, қосылған
				тізбекті	қатарлас	тізбекті	қатарлас	
ТЭМ	РТ-40/0,2	100	8,60	11,60	12,50	13,00	–	–
	РТ3-50	30	8,60	3,90	5,20	4,20	–	–
	РТ3-51	20	0,69	1,25	0,97	1,95	1,19	1,43
ТЗРЛ	РТ-40/0,2	100	20,00	25,00	34,00	–	–	–
	РТ3-50	30	–	–	–	–	–	–
	РТ3-51	20	0,81	1,34	1,00	1,95	1,20	1,52
ТЭЛ	РТ-40/0,2	100	7,00	9,00	11,00	–	–	–
	РТ3-50	30	3,50	4,00	6,00	–	–	–
	РТ3-51	20	0,68	1,25	0,97	1,76	1,19	1,43
ТЗДМ-1	РТ3-51	20	0,60	1,08	0,69	1,60	0,80	0,96

Ескертулер. 1. Іске қосылу токтары / = 50 Гц жиілігінде көрсетіледі.

2. РТ-40 / 0,2 реле 100 мА-қа тең ораманың параллель қосылыстарымен жабдықталған.

3. Кестедегі сызықтар деректердің жоқтығын көрсетеді.

2 000 кВт-тан астам күші бар электр қозғалтқыштар үшін, РТЗ-51 және РТЗ-50 релелерінің көмегімен 5 А-дан аспайтын қорғаныстың іске қосылу тогы қамтамасыз етілуі мүмкін.

Қауіпсіздік талаптары жерге тұйықталу орыны болған жерді дереу ажыратуды қажет ететін жағдайларда да, (0.2 ... 0.5 А) ақаулардың орналасқан жерінде өте аз ток мәндері үшін РҚ-ға бағытталған ЗЗП-1 түрі қолданылады.

9.6. Синхронды (үндескен) электр қозғалтқыштарын қорғау ерекшеліктері

Синхронды электр қозғалтқыштары, сондай-ақ асинхронды қозғалтқыштар сияқты кеңінен қолданысқа ие болды. Жарық диодты ЖД шамдар, тұрақты жылдамдықты қажет ететін жағдайларда немесе жылдамдығы төмен қуатты айнымалы ток электрқозғалтқышы қажет болған жағдайларда өте қажет болып табылады.

Асинхронды қозғалтқыштар үшін қолданылатын қорғаныстардан басқа синхронды электр қозғалтқыштар асинхронды режимдерден қорғалуы керек, бұл синхронизм кернеудің төмендеуі, қозғау тоқының шамадан тыс жүктелуі және азаюы салдарынан бұзылған жағдайда орын алады. Асинхронды режимде ЖД (жарық диодты) үздіксіз жұмыс істеу статор орамасының шамадан тыс жүктелуіне әкеледі. Мұндай режим қозғалыстағы қозғалтқыш үшін айтарлықтай қауіпті болып табылады, себебі бұл жағдайда пайда болған токтар мен сәттер іске қосу кезінде токтар мен сәттерден асып кетуі мүмкін. Сондықтан жарық диодты синхронды режимнен қорғау қарастырылады, ол ЖД-ты қайта синхрондау немесе өшіруге әрекет етеді.

Асинхронды режимде болған кезде статор тоқының пульсациясы, ротордың орамасындағы ауыспалы ток және қозғалтқыштың дірілі болады. Сондықтан, жарық диодты асинхронды режимінен қорғау статордағы немесе редукциядағы ротордың тоғытылуын (тербеліс) орындайды.

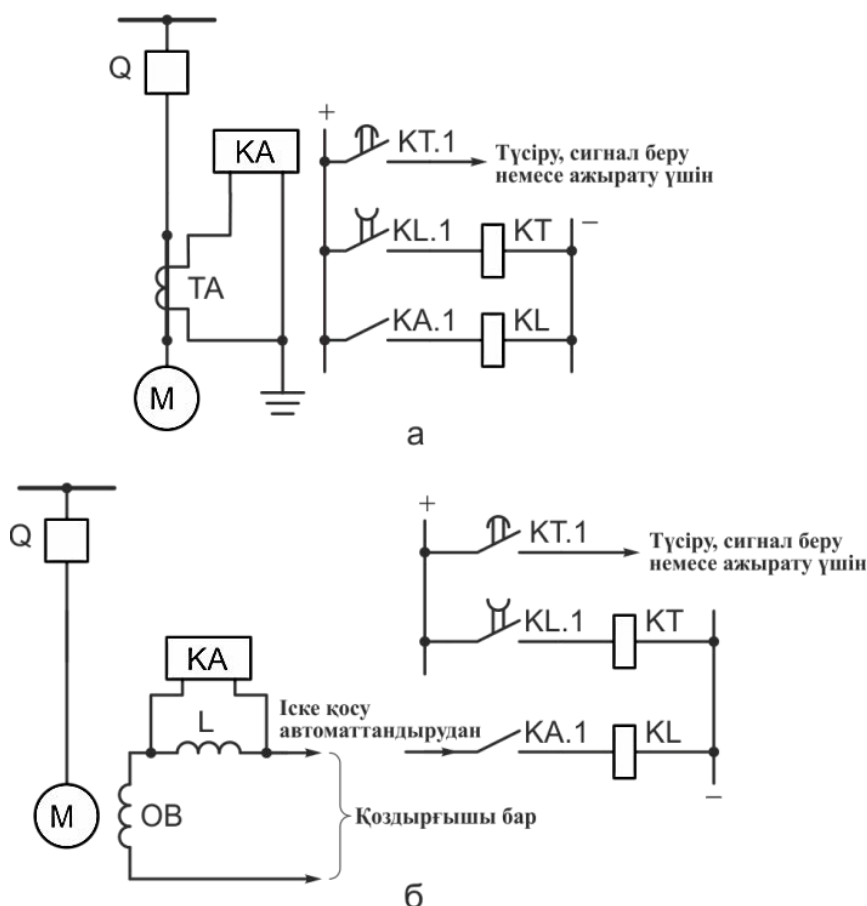
Ең қарапайым болып - РТ-80 реле базасындағы тоқтық қорғаныс саналады, ол статорлық токқа қосылған және жүктемелерден қорғау үшін қажетті орнатулары бар.

Тәуелсіз сипаттамалары бар тоқтық қорғау асинхронды режимге аса сезімтал (9.10, а сурет). Бұл біріктірілген, яғни жүктеу кезінде де, синхрондаудан шыққанда да әрекет етеді. КА релесінің және ҚТ уақыт релесінің параметрлері артық жүктеуден қорғау талаптары бойынша анықталады, сондықтан $I_{с.з} = (1,3 \dots 1,4)I_{ном.}$, және сенімді қосу үшін уақытты 10 ... 16 кешіктіру. Асинхронды режимде РТ-40 түрінің ток релесі асинхронды

режимнің тербелу жиілігімен іске қосылады, бірақ уақыт релесінің жұмысы үзіліс болған кезде баяулауы бар аралық KL релесінің арқасында үздіксіз (қалпына келтірусіз) жұмыс жасайды.

Қорғанысты іске қосу үшін максималды айнымалы ток $I_{\text{кач}} = I_{\text{сз}} = (1,3... 1,5)I_{\text{ном}}$ номиналды болғандықтан, кез-келген электр қозғалтқышы үшін қорғанысты пайдалануға рұқсат етіледі.

9.10, б Суретте. - ЖД схема асинхронды режимнен қорғау, ол қозғалтқыштың қозғалуында айнымалы токтың пайда болуына әсер етеді. Айнымалы ток релесі индуктивтіліктің L-ге параллель қосылған, тізбектің тізбегіне қосылады. ЖД синхрондаудан шыққанда, қозғау орамында пайда болатын айнымалы ток КА релесінің катушкаларына өтіп, оны іске қосады. Айнымалы ток (импульстік) ток дросселинен өтпейді, өйткені дросселдің ауыспалы токқа кедергісі үлкен және тұрақты ток үшін ол кішкентай. Қорғанысқа арналған операциялық ток іске қосу автоматикасының қосалқы контактісі арқылы беріледі.



9.10 - Сурет. Жарықдиодты шамадан тыс жүктеуден және асинхронды режимінен қорғаудың қағидалысызбасы:

а - тәуелсіз сипаттағы қорғау; *б* - қорғау, қозғалтқыштың өріс орамасындағы ауыспалы ток

ҚТ релесінің уақыт кешігуі қозғауды қосу және сыртқы қысқа тұйықталу жағдайында ток шегінен қорғауды болдырмауы тиіс. KL релесі 9.10, а суреттегі тізбектегідей функцияға ие.

Жарықдиодты кез келген қорғаныс желісінен ажыратқаннан кейін, өрісті жеткілікті жылдам және тиімді сөндіруді қамтамасыз ету қажет. Кішігірім жарықдиодты шамдар (500 кВт-қа дейін) пайдаланылғанда, жеке электр қозғалтқыштары пайдаланылады, сонымен қатар негізгі қуат көзінің ажыратылған кезде электр қуатын өшіріп, өріс сөндіріледі. 5000 кВт-тан жоғары және одан жоғары қуаты бар қозғалтқыштар үшін, сондай-ақ, өрісті сөндіруге арналған арнайы құрылғылар (мысалы, жарықдиодты қоздырудың орамасының тізбегіне резистордың кірістіру) үшін 2000-нан 5000 кВ-ға дейінгі қозғалтқыштар қарастырылады. Өрісті сөндіру тек ҚТ кезінде зақымдану көлемін азайтуды ғана емес, өзін-өзі қосу және қайта синхронды орындау үшін де қажет болуы мүмкін.

Статор орамасындағы токқа әрекет ететін асинхронды режимнен қарастырылған қорғаныстың негізгі кемшіліктері болып табылады: жылдамдықтың жеткіліксіздігі, бұл қажетсіз жағдайларда ағымдағы токпен жүктеу мүмкіндігі; жеткіліксіз (кейбір жағдайларда) сезімталдық.

Электр қондырғыларын орнату ережелері қозғау схемаларында зақымдануды қамтамасыз етпейді. Алайда үлкен синхронды қозғалтқыштар үшін қоздыру схемасының сынуынан қорғау қажет, өйткені қозғалтқыш осындай үзілістен туындаған синхронизмді тастағанда, кез келген схемамен орындалатын асинхронды режимнен қорғау әдетте сәтсіздікке ұшырайды.

Синхронды қозғалтқыштардың қоздыру схемаларында жерге тұйықталудың пайда болуын қоздыру сұлбаларының оқшауланған күйін мерзімді тексеру арқылы алдын алу керек.

Жерге тұйықталу болған жағдайда, электр қозғалтқышты жөндеуге жіберу керек. Әдетте қозғалтқыш басқаратын тізбектің бір немесе екі нүктесінде жерге тұйықталған жерлерден арнайы қорғаныс орнатылмайды.

Үлкен жауапты электр қозғалтқышының қозғаушы тізбегіндегі бір нүктеде тұрақты жерге тұйықталу болғанда және оны жөнге келтіру мүмкін болмаса, қоздыру (қозғалу) схемасында екінші жерге тұйықталудың пайда болуына қарсы уақытша қорғаныс орнату ұсынылады. Екінші жерге тұйықталу қоздыру орамасының бір бөлігін (орамалық тұйықталу) әкеледі және ЖД үшін қауіп төндіреді.

Қозғалыс схемасының екі нүктесінде жерге тұйықталудан қорғаныс, жауапты механизмдердің ЖД-ы үшін қажет. Бірінші тұйықталу пайда болғаннан кейін ЖД жауапкершілігі аз механизмдер өшірілуі тиіс.

Қозғалыс схемасын жерге тұйықталудан екі нүктеден қорғау үшін, ЧАЭЗ өндіретін КЗР-2 ротордың қорғаныс жинағы қолданылады. Қорғау қозғалтқыш тізбегіндегі жерге тұйықталудың бір нүктесінде орын алғаннан кейін іске қосылады.

Ротордың қорғанышы ротордың оқшаулауының нашарлауына, яғни ротордың жер бетіне белсенді қарсылықтың азаюына жауап беруі керек. Жерге қатысты ротордың қалыпты режимінде сыйымдылықтың қалыпты режимінде болуына байланысты жерге тұйықталу тоқының бақылауы қажетті сезімталдылықты қамтамасыз етпейді. Ең жиі қолданылатын шешім - бұл тізбектің ротордың тізбегіне ағымдағы кернеуді тізбектің (активті кедергі) белсенді компоненті бар жерге ауыспалы кернеу беру.

Электр қозалтқыш қорғауының істен шығуы, әдетте, өте ауыр зардаптарға әкеледі, ең алдымен қозғалтқыш үшін. Желінің іргелес бөлігін - қозғалтқышқа қосылған желі шиналарын әдетте қозғалтқыштағы қысқа тұйықталуға сезімтал немесе уақыт кідірісі секундны 1 секунд болатын шиналардан шығу шығынын қорғауға арналған. Қысқа тұйықталу орын алған жерді өшірудегі кешігу апаттың пайда болуына әкеліп соқтырады, жойылу мөлшерінің едәуір ұлғаюы, өрттің және механизмнің бұзылуы және басқа электр қабылдағыштарындағы кернеудің төмендеуі технологиялық қондырғылар мен желілердің жұмысын толығымен бұзуы мүмкін. Электр қозғалтқыштарын қорғау қарапайым және қолайлы болуы керек, ал олардың ұзақ уақытқа төзімділігі қозғалтқыштың қызмет ету мерзімінен кем болмауы керек.

9.7. Кернеуі 1кВ- ға дейін электр қозғалтқыштрды қорғау

Асинхронды төмен кернеулі электр қозғалтқыштары көпфазалық ҚТ-дан қорғайды, ал жерге тұйықталған бейтарапты - және бір фазалық ҚТ, жұмыс жағдайында мүмкін болса немесе басқарылатын механизмнің сипаттамаларына байланысты болса, кернеудің төмендеуі, артық жүктемелер болған жағдайда қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуына жол берілмесе немесе қалауы болмаса.

1 кВ дейінгі кернеуге ие асинхронды қозғалтқыштар магниттік іске қосқыш сақтандырғыштарымен, ажыратқыштарымен немесе жылу релестерімен қорғалған.

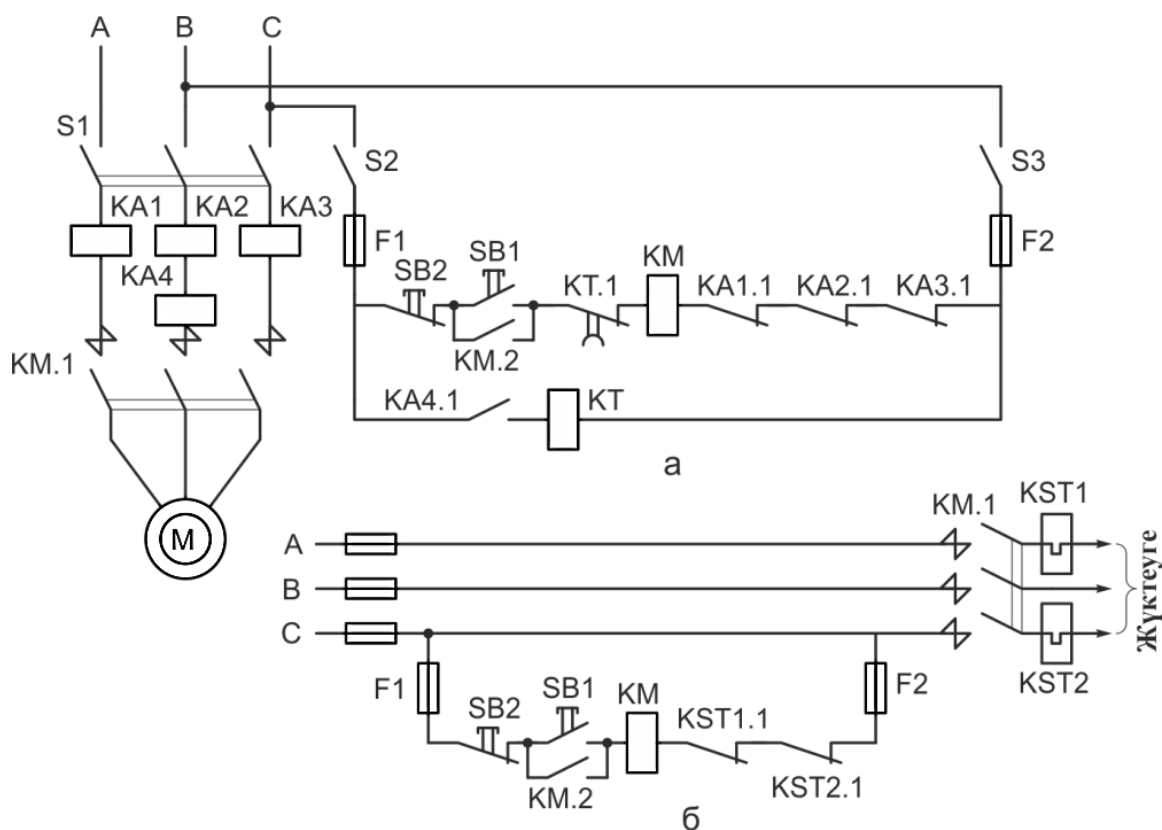
Қозғалтқышты жерлендірілген бейтараптағы желілердегі қысқа тұйықталудан қорғау үш фазалы түрде (фазалық-қысқа тұйықталудан және бірфазалы қысқа тұйықталудан бастап жерге дейін) жүзеге асырылады. Қозғалтқышты қысқа тұйықталудан қорғайтын сақтандырғыштар, әдетте, әрбір

қозғалтқыш үшін бөлек орындалады. Сақтандырғыштарды және олардың сақтандырғыштарын таңдау жоғары кернеулі электр қозғалтқыштарына ұқсас.

Автоматты сөндіргіштер қорғаудың барлық түрлерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді:

- қысқа тұйықталудан - электромагниттік немесе жартылай өткізгіш шығарылымдар арқылы;
- шамадан тыс жүктеуден – электро жылулы шығарылымдар арқылы;
- кернеу төмендеуінен - төменгі кернеу шығарылымдары.

Қозғалтқыштарды қысқа тұйықталудан қорғау РЭВ түріндегі (РЭВ-200, РЭВ-750 және т.б.) максималды ток релелерінің көмегімен ТК түрінде орындалуы мүмкін. 9.11 Суретте, а да ТК -де үш фазалық орындау кезінде уақытша кідіріссіз берілудің схемасы көрсетілген. КА1 ... КА3 ток релесі статордың әрбір фазасына тікелей қосылады. Егер осы релелердің кем дегенде біреуі іске қосылса, КМ контакторының катушкалар тізбегінде КА1.1 ... КА3.1 сәйкес контактілері ашылып, электр қозғалтқыш желіден ажыратылады.



9.11. сурет. Кернеуі 1кВ- ға дейін электр қозғалтқыштарды қорғаудың қағидалы сызбасы:
 а – фаза аралық қТ-дан (КА1, КА2, КА3 максималды ток релесі) және шамадан тыс жүктемеден (КА4 максималдыток релесі); б - артық жүктеуден электр жылытулар көмегімен KST1 және KST2 реле

Қорғау үшін ТТ-лары арқылы қосылатын релдерді де пайдалануға болады. Іске қосу тогы таңдалғанда, $k_{отс} = 1,2 \dots 1,5$, ал $k_q > 2,0$ электр қозғалтқыштарында қысқа тұйықталу бар.

Қозғалтқыштардың шамадан тыс жүктелуінен тоқты қорғаныс, сондай-ақ температураны қорғауға әрекет ететін ток қорғанысы қарастырылған. Қорғаныс электромеханикалық, жартылай өткізгіш немесе электротермиялық релелермен жүргізіледі. Қозғалтқыштардың шамадан тыс жүктелуден қорғауы қысқа мерзімді жүктемелер кезінде іске қосылмауы керек, сондықтан ол уақытты кідіртіп, қозғалтқышты басқаратын механизмді сигнал беру немесе түсіруге әрекет етуі мүмкін.

Шамадан тыс жүктеуден қорғау, технологиялық жүктеме болған жағдайларда немесе кернеуіндегі қозғалтқыштардың іске қосу немесе өзін-өзі іске қосу ұзақтығын шектеу қажет болғанда белгіленеді.

Электрмагниттік релелермен орындалатын шамадан тыс қорғаныста тоқты реле және уақыт релесі (9.11, сурет аКА4 және КТ) құрайды. Егер қорғаныс қозғалтқышты өшіріп тастаса және фазаны кесіп тастаса, онда ол екі фазада орындалады. Қозғалтқышты қысқа тұйықталудан қорғау үшін пайдаланылатын сақтандырғыштардың қатысуымен екі фазалық қорғаныс қамтамасыз етілуі тиіс. Сондай-ақ, үш фазалық қорғаныс қолданылады.

Электрмагнитті ток релелерінің жұмыс істеу тогын таңдау шарттары:

$$I_{c.p} \geq k_{отс} k_{cx} I_{д.ном} / (k_B k_{ТТ});$$

$$I_{c.p} \leq 0,75 k_{cx} I_{п} / k_{ТТ}.$$

мұндағы $k_{отс} = 1,1 \dots 1,2$; $k_B = 0,8$; $I_{п}$ — қосу тогы.

Бірінші шарт бойынша реле қозғалтқыштардың қалыпты жұмыс режимінде жұмыс істемеуі керек. Екінші шартқа сәйкес, реле қозғалтқышты ұзақ уақыт бойы іске қосу арқылы іске қосылуы тиіс ($t_{с.з} = 3$ с).

Қозғалтқыштың ұзақ уақытқа созылған жүктемесі немесе ұзақ іске қосылған кезде, ҚТ уақыт релесі жұмыс істей алады және КМ байланысын ашады 1 ҚТ контакторының катушкалар тізбегіндегі қозғалтқышты өшіреді.

Қозғалтқыштарды жүктеуден қорғау кезінде автоматты ажыратқыштардың жартылай өткізгіш шығарылымдарының тоқтауы жоғарыда аталған екі шартқа сәйкес таңдалады. Қорғау тиімді болып саналады, егер $I_{с.з} < (1,2 \dots 1,4) I_{д.ном}$. Соңғы шарты төмен қайтару коэффициентіне ($k_B = 0,75$) және елеулі нашарлау коэффициентіне ($k_{отс} = 1,3 \dots 1,5$) байланысты «Электрон» автоматты сөндіргіштердің шығарылымдары арқылы орындалмайды.

«Электрон», АЗ700 және ВА типтеріндегі автоматты сөндіргіштердің жартылай өткізгішті шығарылымдары $6I_{расц.ном}$ тең ток реттелетін уақыт кешігуіне (4 ... 16 с) ие. Бұл қалыпты іске қосу режимінде қорғаудың әрекетсіздігін қамтамасыз етеді.

Артық жүктеуден қорғау, жылу шығарымдары және автоматты сөндіру электр жылу релелерінің көмегімен орындалады, егер $I_{расц.ном} = I_{д.ном}$ болса, анағұрлым тиімдірек болады..

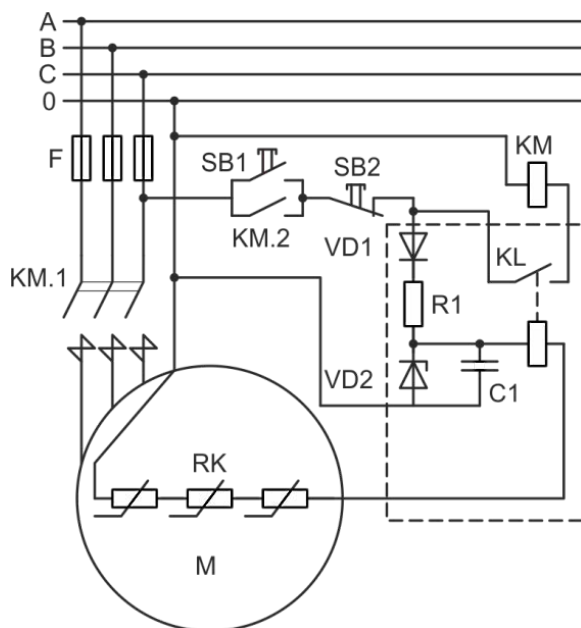
9.11-Суретте., в электр қозғалтқышты электро жылулық релелерді қолдану арқылы жүктеуден қорғаудың схемасын көрсетілген. Бұл схема қозғалтқышты екі фазада жұмыс істеп тұрған кезде қорғау үшін пайдаланылғандықтан, магниттік стартер екі электро жылулық реледен тұрады: KST1 және KST2. Электро жылулық реленің номиналды ток жағдайы келесі шартпен анықталады

$$I_{р.ном} \geq I_{нг.ном} = I_{д.ном} / k_{ТТ}$$

мұндағы $I_{нг.ном}$ - электр-жылулық релелік ауыстырғыштың номиналды ток.

9.12 суретте. - позисторды пайдаланатын электр қозғалтқышының температураны қорғаудың (мысалы, УВТЗ-2) қағидалық сызбасы көрсетілген.

Қозғалтқыш орамдарының рұқсат етілген температурасы болған жағдайда, позистордың резисторы 150 ... 450 Ом құрайды және KL релесі сөндіру күйінде, яғни контактілері КМ контакторларының катушкалар тізбегін жабады.



9.12 сурет. Температуралы қорғаудың қағидалық схемасы (УВТЗ-2 түрі)
Термисторды (позисторды) пайдалану арқылы кернеуі 1 кВ дейінгі электр қозғалтқышы:
KL – тұрақты токтың орташа аралық релесі; VD1, R1, VD2, C1 -
тұрақтандырылған түзеткіш; RK – позистор

Төтенше режимде, қозғалтқыш орамдарының температурасы күрт көтерілсе, посисторлардың қарсылығы да күрт артады. Сонымен қатар, KL релесінің орамасындағы ток азайып, КМ пленкалы тізбегін бұзып, бастапқы күйіне оралады. Электр қозғалтқыш өшіріледі.

UBT3-2 құрылғысы 0,4 кВ желілерде нөлдік сым үзілісінен қорғау болып табылады. Бейтарап сымдағы үзіліс қауіпсіздік шаралары бойынша рұқсат етілмейді, себебі қозғалтқыш корпусымен жерге тұйықталған бейтарап арасындағы байланыс бұзылып, адамдарға электр тогының соғуы мүмкін.

Бейтарап нөлдік сым үзілгенде, KL релелік орамасындағы кернеу жоғалады және қозғалтқыш өшеді.

Ең төменгі кернеуді қорғауға арналған құрылғы магниттік стартер (немесе контактор) болып табылады, ол кернеуден (0,6 ... 0,7) төменірек автоматты түрде ажыратылады. Ол кернеуді қалпына келтіру кезінде басқару сұлбалары арқылы қосылуы мүмкін.

1 кВ-ға дейінгі кернеумен ЖД жарық диодты жарықтандырғышты қорғау сияқты қағидаларға негізделген, бірақ осы қозғалтқыштардың сипаттамаларын ескере отырып:

- Қысқа тұйықталу қорғанысынан қорғаныс белсендірілгенде, жарықдиодты өшіру арқылы бір уақытта қоздыруды өшіру керек;
- жарық диодты асинхронды режимнен қорғау қажет, ол шамадан тыс жүктеме қорғанысымен біріктірілуі мүмкін.

Орамалардың температурасын көтерумен қатар жүретін ықтимал қауіпті қозғалтқыш жағдайларын жабу үшін терморезистивті резисторлар (термисторлар және посисторлар), термо булар, биметалдық контактілер түрінде орамалардың, ойықтардың немесе магниттік схеманың алдыңғы бөліктеріне салынған термиялық қорғаныс пайдаланылады.

Температураны қорғау кернеуі 1 кВ дейінгі электр қозғалтқыштары үшін кең қолданды. 1 кВ-тан жоғары кернеулі қозғалтқыштар үшін орамалардың оқшаулау қабатының жеткілікті үлкен қалыңдығына байланысты жылытылатын бөлшектердің жылу сезімтал элементтеріне әсері күрт төмендейді, бұл термиялық қорғаныстың инерциясын арттырады.

Электр қозғалтқыштарды қорғаудың көп функционалдығы, қорғаныс құрылғыларын біріктіру қажеттілігі, сондай-ақ қорғаныш сипаттамаларының икемділігі талаптарын туындататын реттеудің үлкен ауқымы микропроцессорлық қорғау жүйелерінің көмегімен жақсы жүзеге асырылады. Сонымен қатар, мұндай жүйелер электр қозғалтқыштарының жұмыс істейтін, іске қосылатын және шұғыл режимдерінде ақпаратты көп жақты өңдеуге мүмкіндік береді, тек қозғалтқышты өшіру үшін ғана емес, сонымен бірге оны басқарылатын механизмдерге және технологиялық

қондырғыларға әсер ету арқылы түсіруге арналған шығу арналарымен қамтамасыз етілуі мүмкін. Микропроцессорлық қорғаныс қысқа уақытта іске қослумен сипатталады, бұл апаттық режимдердің салдарын айтарлықтай азайтады. Электр қозғалтқыштың жай-күйіне арналған қорғаныс және бақылау жүйесінің әртүрлі қосымша түрлері (мысалы, оқшаулау күйін бақылау) оңай іске асырылады.

9.8. Жиналмалы шиналарды қорғау

Электрмен қамсыздандыру жүйелеріндегі шиналарда қысқа тұйықталулар шиналық оқшаулағыштардың, ажыратқыштардың төлкелерінің және өлшейтін ТТ-ның ластануынан немесе бұзылуынан, сондай-ақ қызмет көрсетуші персоналдың шиналық айырғыштармен қате әрекеттерінен орын алуы мүмкін. Шиналардың бұзылу ықтималдығы аз. Алайда, бұл бұзылулар әкеліп соқтыруы мүмкін салдарларын ескерсе, шиналардың бұзылуы кезінде әрекет ететін қорғаныс та қажет болады.

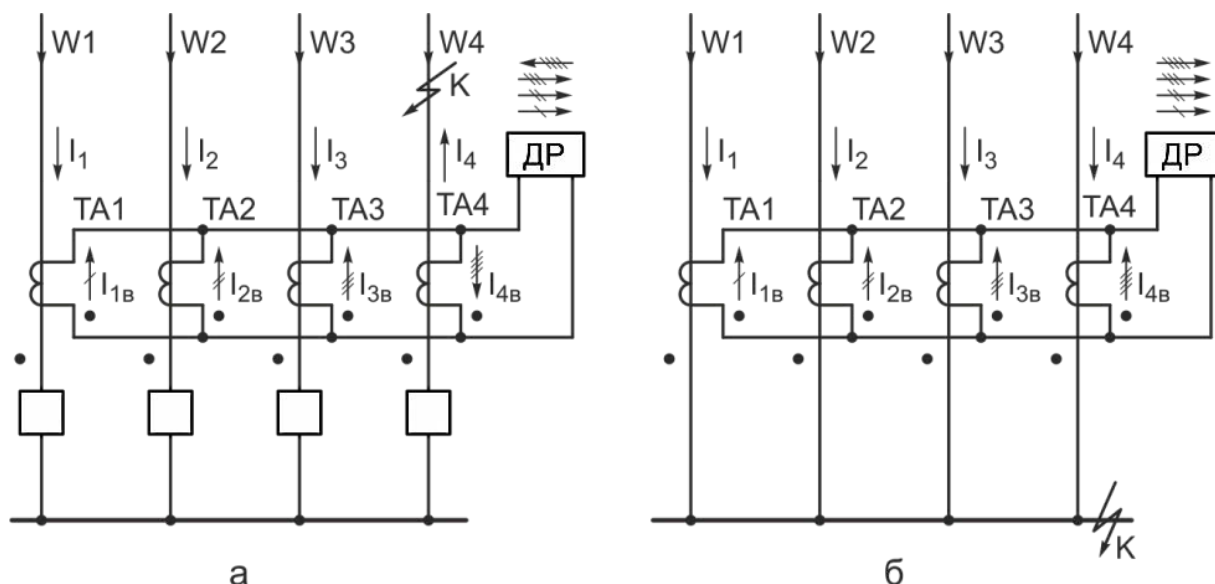
Шиналардағы қысқа тұйықталулар энергия жүйесінің тұрақтылығы мен тұтынушылардың жұмыс істеуінің шарттары бойынша тез сөндіруді талап етеді. Шиналардағы КЗ-ны тоқтату үшін олардың РЗ мәні шиналарды қорекүтендіретін барлық қосылуларды да сөндіруді талап етуі тиіс. Шиналар қорғанысының дұрыс емес әрекет етуі бүкіл электр станциясының не аралық станцияның сөндірілуіне әкелу мүмкін, сондықтан шиналардың РЗ әрекет етуі мен олардың орындалуы аса жоғары сенімділікпен ерекшеленуі тиіс.

Шиналардың тез әрекет ететін және селективті болатын РЗ ретінде дифференциалды РЗ кеңінен тараған. Дифференциалды қорғаныс аралық станцияларды қорғалатын шиналарына келетін және одан шығатын тоқ мәндері мен фазаларын салыстыру қағидатына негізделеді. Шиналардың дифференциалды қорғанысын қоректендіру үшін шиналарды қоректендіретін барлық қосылуларда трансформация коэффициенттері бірдей ТТ орнатылады (қосылу қуатына қарамастан).

9.13-суретте сыртқы КЗ және шиналардағы КЗ кезіндегі шиналардың дифференциалды қорғанысының екінші тізбектеріндегі тоқ бөлінісі көрсетілген. Дифференциалды реле ДР шиналарға бағытталатын алғашқы тоқтарда барлық қосылулардың тоқтарының сомасына тең тоқ, яғни $I_p = \sum I_{np}$ тоқ өтетіндей ТТ-ға қосады. Сонда сыртқы КЗ кезінде $\sum I_{np} = 0$ және де реле әрекет етпейді, ал аймақтағы (шиналардағы) КЗ кезінде $\sum I_{np}$ бұзылу орнына келіп жететін КЗ тоқтарының сомасына тең болады, шиналардың дифференциалды қорғанысы іске қосылады.

Сыртқы КЗ кезінде (9.13а-суреттегі К нүктесі) шиналардан бұзылған жолақ W4 бойынша келетін КЗ тоғы I_4 шиналарға қорек көздерінен келетін (W1, W2, W3 жолақтары бойынша келетін) тоқтардың сомасына тең болады:

$$I_4 = I_1 + I_2 + I_3 \quad (9.2)$$



9.13 сурет. Сыртқы КЗ (а) және шиналардағы КЗ (б) кезіндегі шиналардың дифференциалды қорғанысының екінші тізбектерінені тоқ бөлінісі

Екінші тоқтар $I_{1в}$, $I_{2в}$, $I_{3в}$ екінші тоққа $I_{4в}$ қарама-қарсы бағытталған (бірінші тоғы шиналардан кететін). Реледегі тоқ:

$$I_p = (I_{1в} + I_{2в} + I_{3в}) - I_{4в}.$$

Екінші тоқтарды бірінші тоқтар арқылы өрнектесе, (9.2) ескере отырып, алатынымыз:

$$I_p = I_1/k_{ТТ} + I_2/k_{ТТ} + I_3/k_{ТТ} + I_4/k_{ТТ} = 0.$$

Демек, егер ТТ қателіктерін ескермесе, онда сыртқы Кз кезінде реледе тоқ болмайды.

Магниттеу тоқтарын ескере отырып, реледегі тоқ теңгерімсіздік тоғына тең болады, яғни $I_p = I_{нб}$. Егер $I_{с.р} > I_{нб \max}$ болса, қорғаныс әрекет етпейді.

Шиналардағы КЗ кезінде (9.13б-сурет) қорек көзі бар барлық қосылулар бойынша, КЗ тоғы аралық станцияның шиналарына бағытталған. Екінші тоқтар

реле орамында бірдей бағытталғандықтан, реледегі тоқ олардың сомасына тең болады:

$$I_p = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)/k_{\text{ТТ}};$$

$$I_k = I_1 + I_2 + I_3 + I_4;$$

$$I_p = I_k/k_{\text{ТТ}}. \quad (9.3)$$

(9.3) өрнегі шиналардағы КЗ кезінде РЗ КЗ орнындағы толық тоққа I_k (КЗ тоғы) жауап қайтаратындығын көрсетеді. Егер $I_k > I_{c.3}$ болса, қорғаныс әрекет етеді. Қалыпты режимде РЗ әрекет етпейді, өйткені $I_p = 0$.

Шиналардың дифференциалды қорғанысының сезімталдығын жоғарылату үшін, яғни теңгерімсіздік тоғын азайту үшін, сыртқы КЗ кезінде барлық ТТ магниттеу сипаттамасының қанықпаған бөлігінде жұмыс істейтіндей жағдай жасау қажет. Ол үшін:

- қанығуы мүмкін боларлық үлкен КЗ (I_k) тоғы кезінде орын алатын, біртүпте ТТ қолдану қажет; сондай ТТ-ға арнайы дифференциалды РЗ үшін ұсынылатын Р(Д) санатты ТТ жатады;

- ТТ номиналды тоғына I_k тоғының еселігін азайту және олардың трансформация коэффициентін арттыру қажет;

- кедергіні Z_n және бірінші тоқты I_b төмендете отырып, ТТ-ға келетін жүктемені азайту қажет; біріншісіне қосылу сымдарының өимасын ұлғайтып, ұзындығын қысқарту арқылы, ал екіншісіне – қосылу сымдарындағы тоқты азайтатын қосалқы ТТ-ны қолдану арқылы қол жеткізіледі.

Қорғаныс РНТ-565 немесе РНТ-567 релесі арқылы орындалады.

Қосылыстардың біреуінен ТТ екінші тізбегінің фазасы үзілуі не ұштастыру жағдайында сол фазаның тоғы дифференциалды релеге келмейтін болады, соның нәтижесінде РЗ жалған іске қосылып, бүкіл аралық станцияны сөндіруі мүмкін. бұл жағдай орын алмауы үшін, релені ең көп жүктелетін қосылыстың жүктеме тоғы бойынша құрастырады. Сонымен қатар, дифференциалды тізбектің кері сымына сезімтал тоқ релесі қосады, ол кез келген ТТ-ның екінші тізбектерінің үзілуі не ұштастырылуы кезінде уақыт өте іске қосылып, шиналардың дифференциалды қорғанысын сигнал беріп шығарады.

Шиналардың дифференциалды қорғанысының көптеген түрлері бар, олардың өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері болады, бірақ барлық РЗ-ның қағидаты бірдей.

Шиналардың дифференциалды қорғанысының іске қосылу тоғы РНТ типтес реледен мынадай шарттардың негізінде таңдалады:

- қорғаныс қалыпты режимде екінші тоқ тізбегі үзілген кезде әрекет етпеуі тиіс, яғни

$$I_{с.з} = k_{отс} I_{н\ max}, \quad (9.4)$$

мұнда $k_{отс}$ – құрып аяқтау коэффициенті, 1,20...1,25-ке тең деп қабылданады;
 $I_{н\ max}$ – жүктемесі көбірек қосылыстың максималды жүктеме тоғы;

- қорғаныс сыртқы КЗ кезінде теңгерімсіздік тоқтарынан әрекет етпеуі тиіс, яғни

$$I_{с.з} = k_{отс} I_{нб\ max}, \quad (9.5)$$

Шамамен:

$$I_{нб\ max} = 0,1 I_{к\ max}.$$

Іске қосылу тоғын таңдау кезінде (9.4) және (9.5) формулары бойынша алынған мәндердің үлкенін қабылдайды. Дифференциалды қорғаныстың сезімталдығы, егер шиналардағы КЗ кезінде $k_{ч} \geq 2$ болса, жеткілікті болып саналады.

Дифференциалды қорғаныс кернеуі 110 кВ және одан жоғары шиналар үшін міндетті болып табылады, бірақ олар жауапты төмендету аралық станцияларының кернеуі 35 кВ шиналары үшін де қолданыла береді. Кернеуі 6 не 10 кВ шиналар үшін қорғаныс жеңілдетілген сұлбалар бойынша орындалады. Әдетте, кернеуі 6 не 10 кВ шиналардың қорғанысы қарастырылмайды. Бұл ретте шиналардағы КЗ сыртқы КЗ-дан қорғайтын трансформаторлармен және секциялық немесе шина қосу ажыратқышында орнатылған қорғаныстармен уақыт өте жойылады. Бұл қорғаныстардың әрекеттерін шиналардың қорғалатын секциясындағы басқа қосылыстарының РЗ әрекетімен келістіру жағдайында шиналардағы КЗ уақыт өткізбей жоюға болады.

Қоректендіруші қосылулардың қорғаныстары шиналардағы бұзылулар кезінде де, сыртқы КЗ кезінде де іске қосылады, ал тарамдалатын жолақтардың қорғанысы – тек қорғалатын жолақтағы бұзылу кезінде ғана қосылады. Егер тарамдалатын жолақтардың қорғанысы әрекет келтірілсе, ал қоректендіруші қосылулардың қорғаныстары іске қосылса, онда КЗ орны шиналарда болғаны. Бұл жағдайда қоректендіруші қосылулардың қорғаныстары уақыт өткізбей тиісті ажыратқыштарды сөндіруі тиіс. Жолақтардың бірі бұзылған жағдайда оның қорғанысы іске қосылып, қоректендіруші қосылулардың қорғаныстарына уақыт өткізбей әрекет етуіне жол бермейді. Осындай келісілген әрекет етуге қол жеткізу үшін олардың жедел тізбектерін біріктіру қажет. Электр қозғалтқыштардың толықтыру тоқтарынан тарамдалатын жолақтардың қорғаныстарына құрып аяқтау үшін қуаттылықты бағыттау релесін енгізеді.

Өлшеулі қорғаныс органы ретінде қанығатын ТТ-сы бар, құрылымы қарапайым әрі өтпелі КЗ режимдеріндегі теңгерімсіздік тоғы бойынша сенімділігі жоғары, РНТ-560 сериясының тоқ релесі пайдаланылатын шиналардың дифференциалды қорғаныстарынан басқа, өлшеу органы ретінде тежеуі бар тоқ релесі пайдаланылатын шиналардың дифференциалды қорғаныстары қолданылады, бұлар ТТ қателігі $\varepsilon_i > 10\%$ кезінде теңгерімсіздік тоғы бойынша қорғауды құрып бітіріп, қорғаныстың талап етілетін сезімталдығын ($k_\tau \geq 2$) қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

ПДЭ-2006 типтес тежеуі бар шиналардың дифференциалды қорғаныстарын интегралды микросхемаларда ЧЭАЗ зауыты шығарады. Ол жалғыз жиналмалы шиналарды қорғау және кернеуі 500...750 кВ аралық станцияларды шиналау үшін қолданылады.

Бақылау сұрақтары

1. Статордың орамындағы айналым тұйықталулары неліктен қозғалтқыштар үшін қауіпті?
2. Неліктен асинхронды қозғалтқыштың ұзақ уақыт асыра жүктелуіне жол берілмейді?
3. Синхронды қозғалтқыштарды ресинхронизациялаудың мәні неде?
4. Қуатты қозғалтқыштарда фаза аралық КЗ-дан қандай қорғау қолданылады?
5. Минималды кернеу қорғанысы қандай функцияларды атқарады?
6. Синхронды қозғалтқыштардың қорғанысы асинхронды қозғалтқыштардың қорғанысынан немен өзгешеленеді?
7. Қозғалтқыштардың температуралық қорғанысы қалай жасалған?
8. Шиналарды қорғау ерекшеліктері неде?

10 тарау

АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ ҚАЙТА ҚОСУ ЖӘНЕ РЕЗЕРВТІ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ ҚОСУ

10.1. АҚҚ құрылғыларының тағайындалуы және оларға қойылатын негізгі талаптар

Автоматты түрде қайта қосылудың (АҚҚ) мәні – РҚ әсерінен сөнген электрмен жабдықтау жүйесінің элементі кернеуде қайта қосылатындығында (егер оның қайта қосылуына тыйым салынбаған болса) және егер элементтің сөнуін тудырған себеп жоғалса, жұмыс істеу қалпында қалатындығында, осының нәтижесінде тұтынушылар қуаттану көзін үздіксіз алады. Осылайша, АҚҚ құрылғыларында тұтынушылардың немесе олардың электрмен қуаттану схемаларының жұмысын қалпына келтіру үшін сөнген энергия жүйесінің жұмысын автоматты түрде қосу тағайындалады.

Пайдалану тәжірибесі электрмен жабдықтау жүйесіндегі көптеген зақымданулар *тұрақсыз* болып табылатындығын және өздігінен жойылатындығын көрсетеді. Электрмен жабдықтау жүйесі элементтерінің тұрақсыз зақымдануын тудыратын жиі себептерге атмосфералық тоқ күшеюі барысында желілердің оқшаулау жабындары, қатты жел кезінде сымдардың шатасуы, желінің әртүрлі заттармен тұйықталуы, қысқа уақытты тоқ күшеюі немесе РҚ-дың тандаусыз жұмыс істеуі салдарынан желінің немесе трансформаторлардың сөнуі жатады.

Егер ҚТ өздігінен жойылса, онда тұрақсыз зақымдану болған желі қайта қосылған кезде жұмысын жалғастырады. Сондықтан тұрақсыз зақымданулар барысында қайта қосылуларды *сәтті* деп атау қабылданған.

Әуе желілерінде (ӘЖ) қайта қосылу сәттілігі желінің атаулы кернеуіне байланысты болады. Кернеуі 110 кВ және одан жоғары желілерде қайта қосылу сәттілігі кернеуі 6...35 кВ ӘЖ-не қарағанда анағұрлым жоғары. Жоғары және өте жоғары кернеудегі желілерде сәтті қайта қосылудың жоғары пайызы РҚ-дың тез әрекет етуімен, сымдарының көп қиылысуымен және олардың арасындағы үлкен қашықтықпен, бағандарының жоғары механикалық беріктігімен түсіндіріледі (әдетт 0,10...0,15 с-тан аспайды).

ӘЖ-де сымдардың, тростардың немесе гирляндтардың үзілуі, бағандардың құлауы немесе сынуы және т.с.с. жағдайлар сирек болады. Мұндай зақымданулар өздігінен жойыла алмайды, сондықтан олар *тұрақты* деп аталады. Кабель желілерінде тұрақты зақымдануларға жер және құрылыс жұмыстары барысындағы механикалық бұзылулар жатады.

Тұрақты зақымдану барысында қайта қосылған желі қайтадан қорғау арқылы сөнеді. Сондықтан тұрақты зақымданулар барысында желілердің қайта қосылулары *сәтсіз* деп аталады.

Желілердің қайта қосылуын жеделдету және тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың үзіліс уақытын азайту үшін, АҚҚ құрылғылары кеңінен қолданылады. АҚҚ әрекет ету уақыты әдетте бірнеше секундтан аспайды, сондықтан АҚҚ құрылғылары сәтті қосылу барысында тұтынушыларға кернеу беруді жылдам қамтамасыз етеді. АҚҚ енгізудің экономикалық мәні өте маңызды, өйткені АҚҚ құрылғыларының құны олар беретін экономикалық әсерден өлшемсіз аз. АҚҚ әрекет ету әсері сәтті қайта қосылулар санымен ғана емес, сондай-ақ қалыпты жұмысы бұзылмайтын тұтынушылар санымен де белгіленеді.

АҚҚ бір жақты қуаттандыру желілерінде қолданылады, өйткені бұл жағдайларда АҚҚ-дың әрбір сәтті әрекеті тұтынушылардың қуаттануын қалпына келтіреді және аварияның алдын алады.

АҚҚ трансформаторларды қолданған жағдайда трансформатордың ішкі зақымдануы барысында, яғни, трансформаторлар газдық немесе дифференциалды қорғау әсерінен сөнген кезде, АҚҚ-на тыйым салу көзделеді. Жоғары кернеудегі ӘЖ үшін АҚҚ пайдалану ең тиімді болып табылады, өйткені оларда тұрақсыз зақымданулардың болу ықтималдығы басқа элементтерге қарағанда жоғары.

АҚҚ әрекетінің еселігі ұлғаюмен оның тиімділігі азаяды. Мәселен, Ресейдің энергия жүйелеріндегі әуе желілеріне арналған бір еселі АҚҚ-ды қолдану тиімділігі 60.75 %, екі еселі — 30.35 %, үш еселі — бар болғаны 1.5 %-ды құрайды.

ЭОҚ сәйкес, желілер, шиналар, жауапты қозғалтқыштар мен трансформаторлар үшін АҚҚ құрылғыларын орнату міндетті болып табылады.

Қазіргі уақытта тұрақты және айнымалы тоқта жұмыс істейтін жетектермен жұмыс істейтін ажыратқыштер үшін АҚҚ үлгілік құрылғыларының көптеген схемалары мен конструкциялары әзірленген және енгізілген.

ЭОҚ сәйкес, АҚҚ құрылғыларына қатысты келесі негізгі талаптар сақталуы тиіс:

- Ажыратқышты персонал қашықтықтан немесе телебасқару арқылы сөндірген кезде АҚҚ құрылғылары ажыратқышты персонал қосқаннан кейін

бірден оның қорғаумен автоматты түрде сөнуі барысында, трансформаторлардың және апатқа қарсы автоматика құрылғыларының айналмалы машиналарының ішкі зақымдануынан қорғаумен ажыратқыштың сөнуі барысында, сонымен қатар АҚҚ әрекетіне жол берілмейтін ажыратқыштың басқа жағдайларында әрекет етпеуі тиіс;

- АҚҚ құрылғылары жабдықтың құрылғы схемасының кез келген ақаулығында жойылмаған ҚТ бар учаскеге көп еселі қосуды болдырмайтындай етіп, орындалуы тиіс;

- АҚҚ құрылғылары автоматты қайтумен орындалуы тиіс;

- АҚҚ қолдану барысында сәтсіз АҚҚ жағдайында қорғау әрекетін жеделдетуді көздеу қажет. АҚҚ құрылғыларымен ажыратқыш қосылғаннан кейін, қорғау әрекеттерін жеделдету жеделдету құрылғысының көмегімен орындалады, ол ажыратқышты басқа тәсілдермен (басқару кілтімен, телебасқару немесе АВР құрылғыларымен) ажыратқышты қосқан жағдайда да пайдаланылады. Желі өзінің басқа ажыратқышымен кернеуде қосылған кезде ажыратқышты қосудан кейін, қорғау әрекетін жеделдетуге болмайды;

- үш фазалы АҚҚ (ҰАҚҚ) құрылғыларын бұрын берілген оперативті команда мен ажыратқыштың сөнулі күйі (сонымен қатар, АҚҚ құрылғысын қорғаудан қосуға да рұқсат етіледі) арасында сәйкессіздік болу нәтижесінде туындайтын іске қосумен орындалуы тиіс.

АҚҚ-ға дейін қорғауды жеделдету ҚТ тоғының өту уақытын барынша қысқартады, осының нәтижесінде одан туындайтын бұзылулар азаяды және сәтті АҚҚ ықтималдығы ұлғаяды. АҚҚ-ға дейін қорғауды жеделдету МТҚ уақыт ұстамын әрекеттен шығарылатындығын және ажыратқышты бірінші сөндіру лезде жүзеге асыралатындығын білдіреді. Сәтсіз АҚҚ кейін ажыратқыштың екінші рет сөнуі уақыт ұстамымен таңдаулы орындалады, ол осы сәтте автоматты түрде әрекетке енгізіледі.

АҚҚ кейін қорғауды жеделдету желінің таңдаулы қорғаудың бірнеше сатылары бар учаскелерінде қолданылады, өйткені уақыт ұстамы әрекетінен тұжырым қорғаудың жалған жұмыс істеуіне алып келеді. Сәтсіз АҚҚ дейін ажыратқышты сөндіру лезде болады, бұл үшін осы сәтке МТҚ уақыт ұстамы автоматты түрде әрекеттен шығарылады.

Электрмен жабдықтау жүйелерінде бір еселі немесе екі еселі әрекеттегі (егер бұған ажыратқыш жұмысының шарттары бойынша рұқсат етілсе) ҰАҚҚ құрылғылары қолданылады. Екі еселі әрекеттегі ҰАҚҚ құрылғылары әуе желілері, әсіресе біржақты қуаттануы бар жалқы желілер үшін пайдаланылады. Кернеуі 35 кВ және одан төмен, екі еселі әрекеттегі ҰАҚҚ құрылғылары желі бойынша резервтеуі жоқ желілер пайдаланылады.

Оқшауланған немесе өтелген бейтарап желілерде бірінші цикл АҚҚ-дан

кейін жерге тұйықталған жағдайда АҚҚ екінші циклының құрсаулауын пайдаланады. ҰАҚҚ уақыт ұстамы екінші циклда 15 с-тан кем болмауы тиіс.

Желінің қалыпты жұмыс режимін қалпына келтіруді жеделдету үшін ҰАҚҚ құрылғысының уақыт ұстамын (бір жақты қуаттануы бар желілерде екі еселі әрекеттегі АҚҚ бірінші циклы үшін) доғаның сөну уақытын және зақымдану орнындағы ионсыздандыру ортасын, сонымен қатар ажыратқыштың және оның жетегінің қайта қосылуға дайындық уақытын ескере отырып, минималды түрде ықтимал етіп таңдайды.

Екі жақты қуаттануы бар желіде ҰАҚҚ құрылғысының уақыт ұстамы зақымдалған учаскені желінің екі жағынан ықтимал бір уақытта сөнбеуі ескеріліп, таңдалады. Бір еселі әрекеттегі ҰАҚҚ тиімділігін арттыру мақсатында, егер оған тұтынушының жұмысымен жол берілетін болса, оның уақыт ұстамын ұлғайтады.

Екі жақты қуаттануы бар жалқы желілерде (тұйықтау болмаған жағдайда) үш фазалы АҚҚ келесі түрлері (немесе олардың үйлестігі) көзделеді:

- тез әрекет ететін ҰАҚҚ (ТҰАҚҚ);
- синхронсыз ҰААҚ (САҚҚ);
- синхронды ұстайтын ҰАҚҚ (СҰ ҰАҚҚ).

Тез әрекет ететін ҰАҚҚ немесе БАҚҚ (екі шетінен минималды уақыт ұстамымен бір уақытта сөну) автоматты түрде қайта қосылуға арналған екі жақты қуаттануы бар жалқы желілерде, әдетте қосылатын жүйелердің ЭҚК векторларының арасындағы болмашы айырмашылықпен қолданылады. ТАҚҚ іске қосу тез әрекет ететін қорғау жұмыс істегенде жүргізіледі, оның әрекет ету аймағы барлық желіні қамтиды. ТАҚҚ резервтік қорғаулар жұмыс істеген кезде және бірқатар басқа жағдайларда құрсауланады.

АҚҚ құрылғылары барлық ауа және кабельді-ауа электр берілісі желілерінің ажыратқыштарында қосалқы станциялардың құрама шиналары көзделеді, егер осы шиналар бір трансформаторлы басты төмендету қосалқы станцияларының (БТҚС) трансформаторларын төмедететін жинақты немесе жабық тарату құрылғысының (ЖиТҚ немесе ЖаТҚ) элементі болып табылмаса. Электр берілісінің АҚҚ желілерінің селективті емес тез әрекет ететін желі қорғауларымен және автоматты жиілікті түсіру (АЖТ) құрылғыларымен тиімді үйлестігі.

Ажыратқыштың автоматты түрде қайта сөнуі, АҚҚ құрылғысы орнатылған РҚ қосылуы трансформаторлардың немесе аварияға қарсы жүйелік автоматика құрылғыларының ішкі зақымданудан қорғау әрекетінен кейін, оперативті персонал немесе телебасқару құралдарымен ажыратқышты қосқан соң, бірден жұмыс істегеннен кейін сөну жағдайын қоспағанда, ажыратқыш тез сөнбегеннен кейін жүзеге асырылуы тиіс.

АҚҚ құрылғысының әрекет ету уақыты $1_{АҚҚ}$ КЗ орнындағы ортаны толық ионсыздандыру және ажыратқыш жетегін қайта қосуға дайындау үшін қажетті уақыттан аз болмауы тиіс. $1_{АҚҚ}$ уақыты автоматиканың және қорғаудың басқа құрылғыларының жұмыс уақытымен сәйкес болуы тиіс (мысалы, РАҚ), АҚҚ құрылғыларынан бір уақытта сөндірілген ажыратқыштердің электр магниттерін қуаттандыруға арналған оперативті тоқ көздерінің мүмкіндіктерін ескеруі тиіс. АҚҚ құрылғысының шығыс импульсының сипаттамалары ажыратқыштың бір немесе екі еселі (талаптарға байланысты) қосылуын сенімді қамтамасыз етуі тиіс. АҚҚ құрылғылары барлық қажетті жағдайларда олардың әрекеттерін құрсаулауға мүмкіндік беруі тиіс.

10.2. АҚҚ құрылғыларының жіктелімі және сипаттамасы

АҚҚ құрылғылары келесі белгілер бойынша жіктеледі.

1. Циклдар саны (қосу әрекеттерінің еселігі). Пайдалануда бір еселі және екі еселі әрекетегі АҚҚ қолданысқа ие болды. Соңғылары әдетте тұйық желілерде пайдаланылады және екінші қайта қосуда сәттілікті шамамен 10... 15%-ға қамтамасыз етеді. Үш еселі АҚҚ Ресей энергия жүйелерінде қолданысқа енген жоқ, өйткені үшінші қайта қосылу сәттілігі 1,5.3,0%-ды құрайды. Алайда, бірқатар жағдайларда оперативті кезекші персоналға АҚҚ екінші циклының сәтсіз әрекетінен кейін жалқы тұйық желілерді үшінші қайта қосуға жол беріледі (ҚТ туындағаннан кейін 1.2 минут өткеннен соң).

2. Ажыратқыш жетегіне әсер ету тәсілі. АҚҚ механикалық құрылғылары ажыратқыштың серіппелі немесе жүк жетегіне орнатылған және уақыт ұстамы бар ажыратқышты қосатын электр магнитіне әсер ететін болып бөлінеді. Қазіргі уақытта шығарылатын ажыратқыштердің серіппелі жетектерінде АҚҚ механикалық құрылғылары көзделмейді, бұл конструкцияны жеңілдетеді және жетектер әрекетінің сенімділігін арттырады. Осылайша, кез келген жетек типтері бар сөндірушілердің барлық типтерінде тек АҚҚ электр құрылғылары орнатылады.

3. АҚҚ орнатылатын жабдықтың түрі. Түрлері бойынша жабдықтар желілердің АҚҚ, шиналардың АҚҚ, трансформаторлардың АҚҚ, электр қозғалтқыштарының АҚҚ (оның ішінде, бір уақытта бірнеше қозғалтқыштардың — топтық АҚҚ тобы) болып бөлінеді.

4. Қорғау және АҚҚ әрекет ететін ажыратқыштердің фазалар саны. Фазалардың саны бойынша АҚҚ құрылғылары олар релелік қорғаумен сөнгеннен кейін үш фазаны қосатын үш фазалы, бір фазалы ҚТ барысында релелік қорғаумен сөндірілген ажыратқыштың бір фазасын қосатын бір фазалы

және фаза аралық зақымдануларда бір фазалы ҚТ барысында үш фазаны қосуды немесе бір фазаны қосуды жүзеге асыратын болып бөлінеді.

5. АҚҚ іске қосу тізбектерін бақылау тәсілдері. Энергия жүйлерінің параллель жұмысының тұрақтылық шарттарымен, сонымен қатар жабдықтың синхронсыз қосылатын тоқтардың рұқсат етілген еселік шарттарымен белгіленетін бақылау тәсілдері бойынша, үш фазалы АҚҚ құрылғылары келесі типтерге бөлінеді:

- Синхрондаудың бұзылуы болмайтын кезде, синхрондауды және кернеу бақылауын (тоқты) тексерусіз, — қарапайым ҰАҚҚ;
- Есеппен синхронсыз қосылулардың болуы расталған кезде, синхрондалуды тексерусіз, — синхронсыз ҰАҚҚ (САҚҚ);
- энергия жүйесінің бөлінген бөліктері синхронды жұмысқа көшуге үлгіре алмайтын кезде, тез әрекет ететін ажыратқыштер және тез әрекет ететін РҚ болған кезде синхрондауды тексерусіз, — тез әрекет ететін ҰАҚҚ (ТАҚҚ);
- күш артқанда қосылатын жабдықта, мысалы желіде кернеудің болуын тексерумен (КБАҚҚ);
- желіде кернеудің болмауын (КБТАҚҚ) тексерумен — атап айтқанда, бөлінген жүктемесі бар желілерде тарату желілерінде қолданылады;
- синхрондауды күтумен (СКАҚҚ);
- синхронды ұстаумен (СҰАҚҚ);
- генераторлардың өздігінен синхрондалуы мен синхроды компенсаторлардың үйлестігімен (ҰАҚҚ).

6. АҚҚ релелік қорғау құрылғыларымен және әртүрлі автоматика түрлерімен үйлестіру тәсілдері. АҚҚ РҚ құрылғыларымен үйлестіру тәсілдері ретінде келесі түсіндіріледі:

- АҚҚ кезінде РҚ әрекетін жеделдету;
- Әртүрлі желілерде орнатылған (әдетте ретті қосылған) АҚҚ құрылғыларының әрекетін жеделдету;
- АТЖ кейінгі АҚҚ;
- ҚТ тоқтарын төмендету үшін АҚҚ-мен үйлестікте селективті емес айыруды пайдалану;
- АҚҚ-дың АРҚ-мен үйлестігі;
- АҚҚ автоматты секциялаушы бөлгіштермен және энергия жүйелерінің жұмыс сенімділігін арттыратын АҚҚ РҚ-мен және басқа автоматты құрылғылармен өзара әрекеттесуінің бірқатар басқа тәсілдерімен үйлесуі.

7. Оперативті тоқ түрі. Тұрақты оперативті тоғы бар қосалқы станцияларда АҚҚ схемасына кіретін реле жұмысына қажетті энергия аккумулятор батареясынан түседі. Айнымалы оперативті тоқ барысында энергия көзі ретінде өз қажеттіліктерінің трансформаторлары, ТТ және КТ пайдаланылады. Бұл

АҚҚ схемаларының, реленің конструктивті деректерінің ерекшеліктерін шарттайды (атап айтқанда, орауыш), арнайы қуаттандыру блоктарын пайдалану және т.б.

Ресейдің энергия жүйелерінде АҚҚ құрылғыларының пайдаланылуына ұзақ жүргізілген тәжірибе бастапқы кезеңдерде пайдаланылатын, үлгілік жобалауды енгізуді және орнатуға, баптауға және пайдалануға енгізуге дайын АҚҚ бірегейлендірілген панельдерін өнеркәсіптік шығаруды қамтамасыз ететін көптеген әртүрлі схемалар мен конструкциялар жасауға мүмкіндік берді.

АҚҚ құрылғысының ең маңызды сипаттамаларының бірі оның $\Gamma_{\text{АПВ}}$ әрекет ету уақыты болып табылады, бұл АҚҚ құрылғысын іске қосқан сәттен бастап қосуға импульс беру сәтіне дейінгі уақытты білдіреді. Бұл уақыт ажыратқыш ҚТ учаскесінен ажыратылғаннан кейін қайта қосылуға дайын болуы үшін жеткілікті болуы тиіс.

АҚҚ құрылғыларының әрекет ету уақытын АҚҚ құрылғысының әрекет ету уақытынан және қосуға команда алынған сәттен бастап тоқ жүргізуші байланыстардың жанасу сәтіне дейінгі ажыратқыштың әрекет ету уақытынан қалыптасатын АҚҚ уақытымен араластырудың қажеті жоқ. Автоматты қайта қосу уақыты тез әрекет ететін ажыратқыштерді пайдалану барысында азаяды.

Мысалдар ретінде ары қарай АҚҚ кейбір түрлері қаралған.

Синхронсыз АҚҚ (САҚҚ) кернеулерінің түрлілігінен тыс энергия жүйесінің бөлінген бөліктерін қосуға жол беретін ең қарапайым құрылғы болып табылады. Бұл ретте АҚҚ схемасы қандай да бір қосымша құрсаулаусыз орындалады. Желінің екі жағынан тұрақты ҚТ-ға қосылудың алдын алу үшін, сонымен қатар САҚҚ барысында АҚҚ релелік қорғалуының дұрыс жұмысын желінің бір жағынан қамтамасыз ету үшін кейде желідегі кернеудің болуын бақылаумен орындалады. Сәтті САҚҚ барысында желінің қосылуы тоқтың салыстырмалы түрде үлкен итерістерімен және белсенді қуаттылықпен, сонымен қатар азды-көпті ұзақ тербелістермен ілеседі.

Синхронды ұстау АҚҚ (СҰ АҚҚ) жалқы транзиттік желілерде, сонымен қатар, егер САҚҚ немесе ТАҚҚ қолдану мүмкін болмаса, жеткіліксіз өткізу қабілеті бар транзиттік желілерде қолданылады. СҰАҚҚ құрылғысы жиіліктердің түрлілігі рұқсат етілген мәннен аспауы үшін, синхронсыз жұмыс істейтін жиіліктердің шектесуін ұстайды немесе бекітеді. Жиіліктердің белгілі бір айырмашылығына қол жеткізілген кезде, құрылғы ажыратқыштың қайта қосылуына командалық импульс жібереді, бұл ретте қосылу кернеулер векторларының ($50... 70^\circ$) арасындағы аз бұрыштар барысында болатындай орындалады. СҰАҚҚ құрылғысы 3.4%-ға (1,5... 2,0 Гц) дейінгі жиіліктердің әртүрлілігі барысында қайта қосуды жүзеге асыру мүмкіндігіне жол береді. Осы құрылғыға қойылатын нақты талаптар энергия жүйелерінің жұмыс

шарттарына байланысты болады. Қосылу кернеулердің векторлары арасындағы шағын бұрыштарда туындайтындықтан, СҰАҚҚ тоқтың қандай да бір маңызды нүктелерімен және асинхронды режиммен ілеспейді.

АҚҚ құрылғыларын іске қосу былай жүзеге асырылады:

- тез сөнбейтін ажыратқыштардың күйі мен оның бұрын қосылған күйінің сәйкессіздігі нәтижесінде. Бекітуші құрылғы ретінде тиісті түрде таңдалған қосалқы байланыстары бар басқару кілті немесе екі позициялы реле пайдаланыла алады;

- релелік қорғаудан. Бұл тәсіл кеңінен қолданылмайды, өте күрделі және сирек қолданылады, мысалы 6... 35 кВ кернеудегі шиналардың АҚҚ схемаларында.

Электрмен жабдықтау жүйелерінде кең таралған бір еселі ААҚ орындау үшін қайта қосудың жинақтық релесін пайдаланады. АҚҚ құрылғысының минималды уақыты әдетте 0,5...0,7 с-ты құрайды. Пайдалану тәжірибесіне байланысты дайындық уақыты кемінде 20... 25 с-ты құрауы тиіс.

Нақты жағдайларда АҚҚ әртүрлі құрылғылары қолданыла алады, ең ұтымды нұсқаны таңдау инженерлік жобалау міндеті болып табылады. Артықшылық әрекеттің ең үлкен сенімділігін, орындау және пайдаланудың қарапайымдылығын қамтамасыз ететін құрылғыларға берілуі тиіс. АҚҚ құрылғыларының жұмысын объектілерге орнатылатын РҚ құрылғыларының жұмысымен байланыстыру қажет. Атап айтқанда, әртараптандырылған қорғау қосалқы станциясында АҚҚ шиналары болған жағдайда, АҚҚ шиналарын олардың қандай да бір электр берілісі желісінен кернеуін алдын ала сынаумен және шиналар жарамды күйде болғанда желі конфигурациясын кейін автоматты түрде қалпына келтірумен орындау туралы мәселені қарау қажет.

10.3. АҚҚ барысында релелік қорғау әрекеттерін жеделдету

Тез әрекет ететін қорғауы жоқ желідегі тұрақты ҚТ болу шартымен қайта қосу энергия жүйесінің авариядан кейінгі режимін қиындатады, жабдықтың зақымдану өлшемдерін және тез әрекет ететін қорғаулармен жасақталған желілердегі АҚҚ жағдайлармен салыстырғанда тұтынушыға зиянды ұлғайтады. Сондықтан, АҚҚ барысында әрекетті жеделдету кең қолданысқа ие болды. Бұл ретте сенімділігін арттыру шарттары бойынша уақыт ұстамы бар қорғауды жеделдету негізгілер ретінде тез әрекет ететін қорғау пайдаланылатын желілерде де жүзеге асырылады.

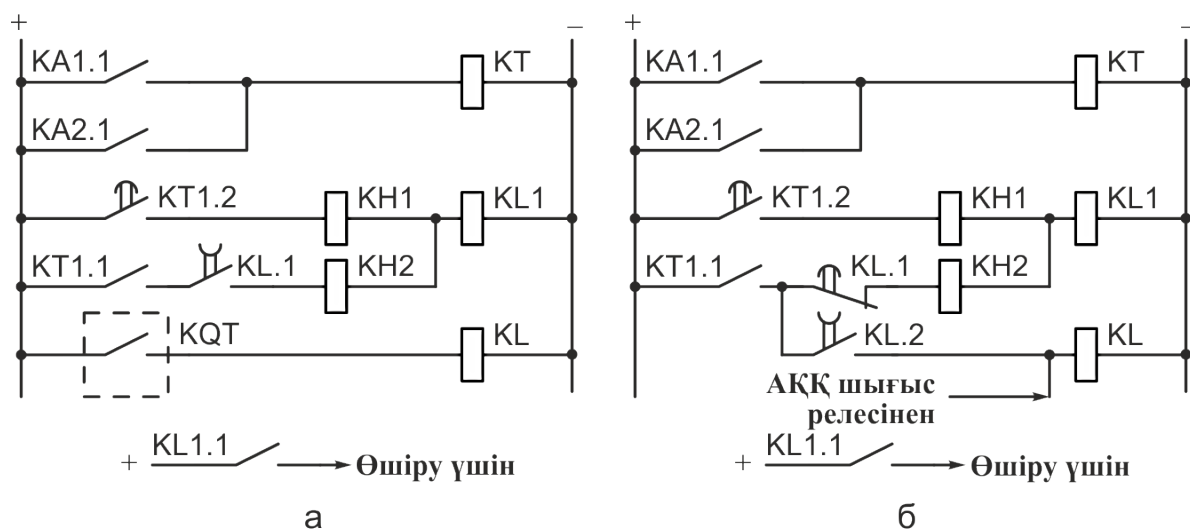
Қазіргі уақытта релелік қорғау құрылғыларының әрекеттерін жеделдетудің екі негізгі түрі қолданылады: АҚҚ дейін және АҚҚ-ға дейін.

Барлық типтердегі АҚҚ үшін міндетті шарт АҚҚ кейін релелік қорғау әрекеттерін жеделдету болып табылады. Қорғау әрекеттерін жеделдету екі негізгі тәсілмен орындала алады. Тәуелсіз сипаттамалары бар қорғауларда уақыттың екі ұстамы көзделеді: біреуі барлық режимдерде жұмыс істейді және шектес қорғаулардың (селективті) уақыт ұстамдарымен келісілген, ал екіншісі шағыны біріншісіне қарағанда АҚҚ жұмыс істеп тұрған кезде аздаған уақытта іске қосылады. Мәселен, қашықтықтан және тоқтық қорғаулардың екінші дәрежесі жеделдетіледі. Қорғау әрекетін жеделдетуге қойылатын негізгі талап оның қажетті сезімталдықтағының барлық желіні қамтуы болып табылады. Осы қорғаулардың уақыт ұстамы шектес лездік қорғаулары бар селективтілікті қамтамасыз ету үшін, әдетте 0,3... 0,5 с шамасында қабылданады.

10.1, *а-суретте* КТ уақыт релесінің КТ1.1 лездік байланыстарын пайдалану есебінен АҚҚ кейін жеделдетілетін максималды ток қорғауының схемасы көрсетілген.

Жеделдету тізбегі ажыратқыш қайта қосылғанда жұмыс істейтін КЛ аралық жеделдету релесінің байланыстарымен қалыпты ажыратылған және қайтуға бәсеңдігі бола отырып, 0,7.1,0 с ішінде өз байланыстарын тұйықталған күйде ұстап тұрады. Сондықтан, егер қайта қосылу тұрақты КЗ болғанда туындайтын болса, онда қорғау екінші рет жеделдету тізбегі бойынша уақыт ұстамсыз, байланысы ретінде РП-252 релесі пайдаланылатын КЛ релесі арқылы әсер етеді.

КЛ жеделдету релесін іске қосу үшін ажыратқыштың «Сөндірілді» күйінің КQT релесінің түйісулері пайдаланылады. КЛ релесі, ажыратқышты селективті қорғаумен сөндіргеннен кейін жұмыс істеп, өз түйісулерімен КЛ.1 жеделдету тізбегін тұйықтайды. Қосуға команда берілген кезде КQT релесі бастапқы күйіне бірден қайтпайды, 0,7.1,0 с-қа кідіріп қайтады, сондықтан КЛ жеделдету релесінің орамынан кернеудің «плюсі» сәтсіз АҚҚ циклындағы жеделдету тізбегі бойынша қорғаудың жұмыс істеуіне арналған жеткілікті уақыттан кейін түседі.



10.1 сурет. АҚҚ циклында қорғауды жеделдету схемалары:
а – АҚҚ-дан кейін *б* – АҚҚ-ға дейін

Қаралған жағдайда қорғауды жеделдету үшін КQT орналасуының реле байланыстары тікелей пайдаланылатын болады. бұл ретте КL арнайы релесі орнатылмайды, ал релесі КQT ретінде қайту бәсеңдігіне ие РП-252 релесі қолданылады.

АҚҚ-ға дейінгі қорғауды жеделдету зақымдану өлшемдерін азайтады, сәтті АҚҚ барысында ҚТ-дың қалған тұтынушыларға әсері зақымдануларды селективті жоюды қамтамасыз етеді.

АҚҚ-ға дейінгі қорғауды жеделдету тізбектері АҚҚ-дан кейінгі тізбектерге ұқсас орындалады. АҚҚ-ға дейінгі қорғауды жеделдеткенше КL релесін іске қосу АҚҚ шығыс релесі жұмыс істеген кезде жүзеге асырылады (10.1, б-сурет). Бұл ретте КL релесінде ажыратушы байланыстар пайдаланылады. 10.1. б-суретте көрсетілген схемада, жеделдету тізбегі АҚҚ-ға дейін тұйықталатын болады және АҚҚ ажыратқышты қосу әрекеттері барысында ажыратылады. КL елесі бұл ретте ҚТ болған участок сөндірілмейінше және байланыстық қорғау релесі ажыратылмайынша жұмыс істеген күйді ұстап тұрады.

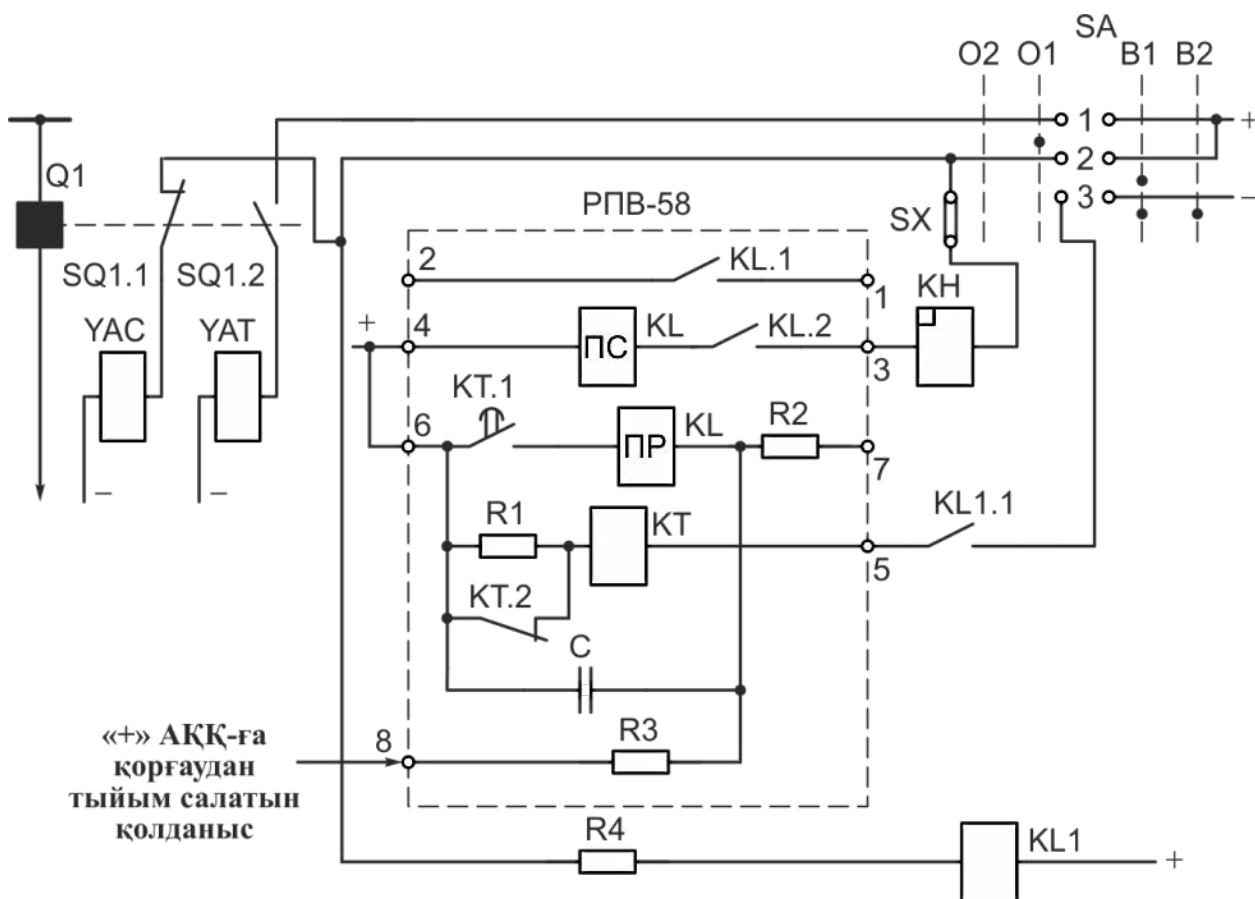
10.4 Сызықтардағы АҚҚ әрекетінің принципі және сызбасы

Сызықтардың электрлік дара, автоматты кері қайтарумен АҚҚ құрылғысының принциптік сызбасы 10.2.-суретте келтірілген. Өндірістік кәсіпорындарда АҚҚ құрылғысында ҚҚР түріндегі жиынтықты реле пайдаланады. Сипатталып отырған сызбада аталған реле құрамына келесілер кіреді: *R1* қосымша резистрі бар *KT* уақыт релесі, ол *KT* релесінің жылу тұрақтылығын қамтамасыз етеді; бірізді *ПС* және параллель *ПР* орамасы бар

аралық реле KL ; АҚҚ құрылғысының бір қайтара әрекетін қамтамасыз ететін C конденсатор; $R2$ қуаттау және $R3$ разрядтық резисторлар. Сондай-ақ, АҚҚ жиынтығына $R4$ бірізді қосылған резистрі бар $KL1$ жіберілетін аралық реле, $КН$ сілтеуіш реле, АҚҚ қосатын және сөндіретін SX қаптама.

$Q1$ ажыратқышын басқару SA кілтімен жүргізіледі, онда соңғы операцияның жағдайын белгілеу қарастырылған. Сондықтан, қосу операциясының кейін SA кілті «Қосулы» күйінде болады $B2$, ал сөндіру операциясынан кейін «Сөндірулі» күйінде $O2$ тұрады.

$Q1$ ажыратқышы қосылған кезде SA кілті $B2$ күйінде болады және C конденсаторына $R2$ резистрі арқылы 4 түйіспеден жедел кернеудің «плюсы» және SA 3 байланыстан «минус» жанасады. C конденсаторы қуатталған және АҚҚ барлық сызбасы әрекет етуге дайын күйде тұрады. $Q1$ өзгеріске түспеген ажыратқыш пен сөндіріліп тұрған SA кілтінің сәйкес келмегенінің нәтижесінде АҚҚ құрылғысының жіберілуі $Q1$ ажыратқышын сөндіру арқылы жүргізіледі.



10.2 сурет. Автоматты кері қайтарлуымен электрлік бірізді АҚҚ сызықтары қондырғысының принциптік сызбасы

Сәйкес келмеушілік SA басқару кілтінің 3 түйіспе арқылы АҚҚ қондырғысының сызбасына әлі де «минус» берілетінімен сипатталады, ал Q1 ажыратқышының SQ1.1 көмекші байланыстары ол сөніп тұрған кезде YAC қосылыс түйістіргішінің орамы арқылы KL1 реле орамының шынжырына тұйықталады. R4 резисторының көмегімен YAC түйістіргіш іске қосылмай, KT релесіне «минус» беретін KL1 релесі қосылып, АҚҚ қондырғысы жіберіледі. KT релесі іске қосылған кезде KT.2 ажыратылатын байланыстары ажыратылып, KT орамының шынжырына R1 резисторы енгізіледі. KT.1 тұйықталатын байланыстар KL релесінің ПР параллель орамасын C конденсаторға қоса отырып, уақытты ұстаумен тұйықталады. KL релесі C конденсаторының разрядтау тоғынан іске қосылып KL.2 байланыстары арқылы өзін-өзі ұстай отырып (YAC орамасынан «минус»), Q1 ажыратқышының қосылуына импульс береді. Q1 ажыратқышы қосылады, SQ1.1 өзінің көмекші байланыстарын тұйықтайды., нәтижесінде KL.1, KL, KT релелері бастапқы қалпына келеді.

Егер сызықтағы зақымдалу төзімсіз болса, ол жұмыс барысында қалады. C конденсаторының қуаттау уақыты 20...25с. құрайды, яғни осы уақыт өткеннен соң АҚҚ сызбасы жаңа әрекетке автоматты түрде дайын болады. Төзімді зақымдану болған жағдайда, Q1 ажыратқышы қорғаныспен сөндіріледі, KL1 және KT релелері іске қосылады, ал KL релесі іске қосылмайды, өйткені C конденсатор қуатталып үлгермейді. Осылайша, сызба сызықтағы төзімді ҚТ (қысқаша тұйықталу) болған кезде бірізді әрекетті қамтамасыз етеді. АҚҚ қондырғысының әрекеті қажет етілмеген жағдайда, R3 резисторы арқылы сызықты қорғаныспен сөндіру кезінде C конденсаторы қуатталады.

10.5. Шиналардың АҚҚ әрекеттерінің және сызбасының принциптері

Құрама шиналарда төзімсіз зақымданулар (мысалы, өткінші ҚТ, ол бірінші шиналардан кернеуді алып тастап, кейін оларға қайта берілгенде өзін өзі жояды) орын алады. АҚҚ шиналары АҚҚ сызықтарынан айырмашылығы жоқ, алайда кейбір ерекшеліктері бар. Аудандарда орналасқан шағын станциялар үшін АҚҚ шиналарының тиімділігі аса жоғары, өйткені онда ауа химиялық және металлургиялық өндірістік кәсіпорындардың өндірістік тастандыларымен қатты ластанғанының нәтижесінде оқшаулауды бөгеудің салдарынан зақымдану жиі болып тұрады.

Дегенмен шиналардағы ҚТ ауа сызықтарындағы ҚТ-мен салыстырғанда өте сирек, солардың салдарынан тұтынушылардың көптеген бөлігі жоғалады, сондықтан АҚҚ шиналарын барлық жағдайда міндетті түрде қажет деп санауға болады. АҚҚ шиналардың екі түрі болады: арнайы қорғанысы (ереже бойынша,

АҚҚ шиналарының принциптік сызбасы 10.3.-суретте келтірілген. Қондырғы барлық біріктірулер (мысалы, қуаттау сызықтары біріктіретін болып табылады) үшін ортақ *KT* уақыт релесі және *KL* екіорамды аралық реледен тұрады. Одан басқа, АҚҚ шиналарында қосылатын әрбір біріктіру үшін *KL1*, *KL2* жеке екіорамды аралық релелер және т.б. қарастырылған. Аталған релелерде орамның бірізді ПС және параллель ПР бар және олар егер тек бір орама ғана кернеумен тұрса іске қосылады.

191

аралары көмекші түйіспелермен ажыратылса (10.3-суретте көрсетілген), Q1 ажыратқышы қосылғаннан кейін іске қосылады. Одан кейін *KL.2* параллель орамаларының шынжырлары , Q2 ажыратқышының қосу шынжыры және т.б. тұйықталады. Барлық біріктірулер қосылғаннан кейін АҚҚ шиналары қондырғысы *KT* релесінің орамасын *KT.1* табанды тұйықталатын түйіспелерге ұштастырудың көмегімен алғашқы қалпына келеді.

Қондырғының қарастырылған әрекеті бірінші біріктіру ажыратқышының сәтті АҚҚ кезінде, яғни шиналардағы бекем емес зақымдану кезінде. Бірінші біріктіруді қосқаннан кейін шиналарда бекем зақымданданған кезде соңғының қорғанысы әрекет етеді, нәтижесінде *KT* релесінің орамасы *KL* релесінің орамасы мен оның *KL.1* тұйықталатын түйіспелері кіретін шынжырмен ұштасады. Осыған байланысты *KT.3* тез тұйықталатын түйіспелерінің салдарынан қондырғының әрекеті шұғыл тоқтатылады. *KT* релесінің орамасын *KL* релесінің бірізді орамасына ұштастыру шиналардың қорғанысын қайтару сәтін дейін жалғасады.

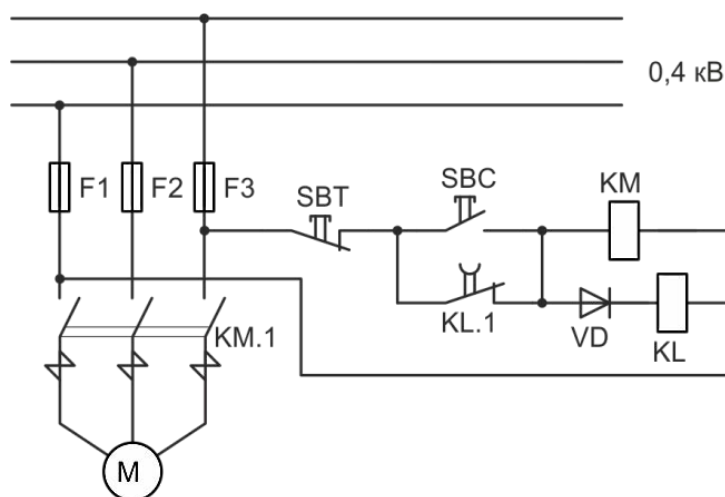
10.6. АҚҚ қозғалтқыштарының әрекеті мен сызбасының принципі

Жауаптырақ электр қозғалтқыштарының өзін-өзі жіберуін қамтамасыз ету үшін жауапсыздан басқа жауапты электр қозғалтқыштарының да бір бөлігін сөндіру керек болса, АҚҚ электр қозғалтқыштары кернеуі 1 кВа-ға дейін және одан жоғары қондырғыларда пайдаланылады.

Кернеуі 6 немесе 10 кВа АҚҚ электр қозғалтқыштарының принциптік сызбасы 10.4.-суретте көрсетілген. АҚҚ қондырғысының іске қосылуы (пуск) ең аз кернеу қорғанысымен жүзеге асырылады, ал оны электр қозғалтқыштарының бір бөлігі сөндіреді. Сол кезде *KL1* релесі іске қосылады және өзін-өзі ұстайды. Кернеу қайта қалпына келтірілгеннен кейін *KV* кернеуінің аралық релесі іске қосылады, оның орнатылуы $U = (0,8...0,9) U$. *KV* релесінің *KV1* түйіспелері *KT* релесінің орама шынжырымен ұштасады. *KT.2* сырғанақтайтын түйіспелердің тұйықталуынан кейін *KL.2* аралық релесі ең аз кернеу қорғанысының ықпалынан сөніп қалған электр қозғалтқыштарының қосылуына импульс бере отырып, іске қосылады. *KL.2* релесі қозғалтқыштардың ажыратқыштарын сенімді қосуды қамтамасыз ету үшін кері қайтуға (0,1...0,2с) кішкене бәсеңдік алады. Сызбаның бастапқы қалпына келуі *KT.1* табанды тұйықталатын түйіспелердің тұйықталуынан кейін жүзеге асырылады.



10.4. сурет. 6 немесе 10 кВа кернеуі бар АҚҚ электр қозғалтқыштары қондырғысының қағидалық сызбасы



10.5 сурет. 0,4 кВ кернеуі бар АҚҚ электр қозғалқыштары қондырғысының қағидалық сызбасы

Қосалқы станция шинларына ілеспелі емес электр қозғалтқыштарымен қатар ілеспелі электр қозғалтқыштары қосылған кезде, АҚҚ қондырғысының іске қосуы кернеу релесінен емес, ал жиілік релесінен жүзеге асады. Кейбір жағдайларда АҚҚ қозғалтқыштары қондырғысының іске қосылуы қозғалтқыш сөндірілгеннен кейін белгілі уақыт өтуі бойынша қосалқы станциялардағы шиналардың кернеуін тексермей жүзеге асырылады. Уақыттың ұсталуы сөндірілмеген қозғалтқыштардың өзін-өзі іске қосу уақытына байланысты болады. АҚҚ қондырғысы мұндай жағдайда тек басқару кілті мен электр қозғалтқышы ажыратқышының орналасуында сәйкес келмеушілік болған кезде ғана іске қосылады.

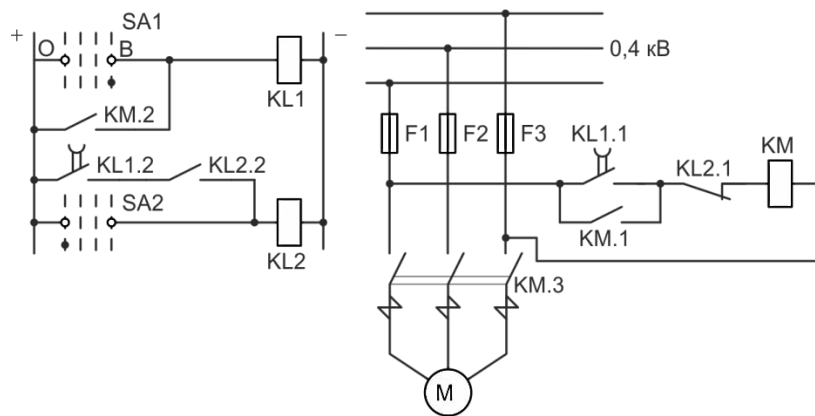
1 кВа кернеуімен АҚҚ электр қозғалтқышы қондырғысының принциптік сызбасы 10.5.-суретте келтірілген. Ол қуаттау бұзылғаннан кейін 1..5 с аралығында кернеуді қалпына келтіру кезінде АҚҚ-ның мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Сызба орамаға параллель түйістіргішті немесе *KL* аралық релесінің орамасының кері қайтарылуыға ұсталымымен магнитті іске қосқышын қосуды, *SBC* «Іске қосу» батырмасын ұштастыратын түйіспелерді қарастырады.

Желіде кернеу жоғалған кезде *KL* релесінің түйіспелері белгіленген уақытта тұйық күйде қалып отырады, бұл егер жіберуге берілген *KL* уақытының кешіккен сәтінде болса, кернеуді қалпына келтіру кезінде *KM* магнитті іске қосқышы немесе АҚҚ түйістіргішін қамтамасыз етеді. Электр қозғалтқыштарын *SBT* «Тоқтау» батырмасымен сөндіруге жедел пәрмен берілген кезде батырманы қосылған күйінде ұстау уақыты *KL* релесінің кері қайту уақытын ұстаудан аспауы тиіс.

АҚҚ қамтамасыз ететін кВ кернеуімен электр қозғалтқышының магнитті іске қосқышы немесе түйістіргішін басқарудың принциптік сызбасы 10.6-суретте ұсынылған. *SA1* кілтімен электр қозғалтқышын қосуға пәрмен берілген кезде іске қосуға ұсталымы бар *KL1* релесі іске қосылады. Оның *KL1.1* түйіспелері *KM* түйістіргішінің орамасын қуаттауды қамтамасыз етеді. Соңғы, іске қосыла отырып, *KM.3* түйіспесімен электр қозғалтқышын қосады, *KM.1* түйіспесінің тұйықталуының көмегімен өзін өзі ұстайды және *KM.2* түйіспесінің тұйықталуы нәтижесінде *KL1* релесінің орамасы тоғының астында орналасуды қамтамасыз етеді.

Электр қозғалтқышының күш шынжырында кернеу жоғалған кезде *KM* түйістіргіші сөніп қалады, *KL1* релесіне ток бармайды (*KM.2* түйіспесі ажыратылады), бірақ оның *KL1.1* және *KL1.2* түйіспелері белгілі уақытта тұйық күйде қалып, егер осы уақыт аралығында кернеу қайта қалпына келсе, АҚҚ электр қозғалтқыштарының мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Электр қозғалқышы жұмысындағы жедел ток шынжырында кернеу жоғалғаны байқалмайды, өйткені түйістіргіш өзін өзі ұстауды жалғастырады (*KM.1*түйіспесі тұйық). *SA2* кілтімен электр қозғалтқышы жедел сөндірілген кезде *KL2* релесі іске қосылып, *KM* түйістіргіш орамдарының шынжырын ажыратады және шынжырда *KL1* релесінің кері қайтарылуы сәтіне дейін (*KL1.2* түйіспелердің ажырауы) өзін өзі ұстайды. Осыған орай электр қозғалтқышын тоқтатуға пәрмен берудің белгілі ұзақтығы қажет етілмейді.



10.6 сурет. АҚҚ қамтамасыз ететін 0,4 кВ кернеуімен электр қозғалтқышының магнитті іске қосқышы немесе түйістіргішті басқарудың принциптік сызбасы:

KL1, KL2 – қозғалтқыштық тиісті қосылу және сөндірулінің аралық релесі; *SA1, SA2* – басқару кілттері

10.7. Біржақты қуаттауы бар сызықтарға арналған бір рет АҚҚ тағайындамаларын іріктеу

АҚҚ дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін ажыратқышты қайта қосуға уақытты ұстау және АҚҚ сызбасының бастапқы қалпына кері қайтарылу уақыты белгілі шарттармен іріктеледі.

Ажыратқышты қайта қосуға АҚҚ уақытын ұстау екі шартпен анықталады:.

1. Сөндірілген ажыратқышты қайта қосу тартпа қосылуға дайын күйде болған кезде мүмкін болады. Ол үшін әртүрлі ажыратқыштарға арналған белгілі уақыт қажет. Осыған сәйкес, қайта қосуға АҚҚ уақытын ұстау тартпаның дайындалу уақытынан көп болуы тиіс, яғни

$$t_{\text{АПВЗ}} \geq t_{\text{ТП}} + t_{\text{зап}} \quad (10.1)$$

мұнда *t*- тартпаның дайындалу уақыты, ол 0,2....1,0с. аралығында әртүрлі тартпалар үшін өзгеруі мүмкін; *t*-артық уақыт, *t* уақытының тұрақсыздығын және АҚҚ қондырғысы уақытының релесінің қателігін (0,3...0,5с-қа тең қабылданады) есептейді.

2. Қайта қосу сәтті болуы үшін сызықтың сөндірілген уақытынан қайта қосу уақытына және кернеу беру уақытына дейін КЗ орнында электр доғасының сөнгені емес, ауаның оқшаулау қасиетінің қалпына келуі де қажет. Осыған сәйкес, қайта қосуға АҚҚ уақытын ұстау ионсыздандыру уақытынан көп болуы тиіс, яғни

$$t_{АПВ1} \geq t_{д} + t_{зап} \quad (10.2)$$

мұнда $t_{r,n}$ -ионсыздандыру уақыты, 0,1...0,3с құрайды.

Екінші шарт, ереже бойынша, ажыратқышты қосу уақыты ионсыздандыруға қажетті уақыттан көп болғанымен қаматамсыз етіледі.

АҚҚ тағайын шамасын іріктеу кезінде (10.1) және (10.2) формулалары бойынша алынған $t_{r,n}$ мәндерінен көбі қабылданады.

Кейбір жағдайларда уақытты ұстау (10.1) және (10.2) формулалары бойынша анықталғаннан да көп – 2...3с жуық қабылданады. Бұл сызықтардағы АҚҚ әрекеттерінің сәттілігін көтеру үшін мақсатқа қойылған, себебі онда сымдарға лақтырулар, ағаштардың құлауы және жылжымалы механизммен сымдардың жанасуы көп орын алады.

АҚҚ бастапқы қалпына автоматты түрде кері қайтарылу уақыты әрекеттердің бір реттілігін қамтамасыз ету шарттарынан іріктеледі. Ол үшін қайт қосу кезінде егер төзімді КЗ болса, АҚҚ бастапқы қалпына келуі тек АҚҚ-дан қайта қосылған ажыратқыш ең көп уақыт ұсталымы бар релелік қорғаныспен қайта сөндірілгеннен кейін жүргізіледі.

Алдында қарастырылған РПВ-58 түріндегі жиынтық қондырғыны пайдаланумен АҚҚ сызбаларында сызбаның бастапқы қалыпқа кері қайтарылу уақыты келесі теңсіздікті қанағаттандыруы тиіс:

$$t_{АПВ2} \geq t_{защ} + t_{отк} + t_{зап} \quad (10.3)$$

мұнда $t_{қор}$ -қорғаныстың ең көп уақыт ұсталымы: t -ажыратқышты сөндіру уақыты.

РПВ-58 қондырғысы конденсаторының қуаттау уақыты әдетте 20...25с құрайды, ереже бойынша, теңсіздік (10.3) сақталады.

Бастапқы қалыпқа кері қайтарылуын ажыратқышты сөндіру сәтінде іске қосылатын реле уақыты жүргізетін АҚҚ сызбаларында автоматты кері қайтарылуыдың ұсталым уақыты келесі өрнекпен анықталады

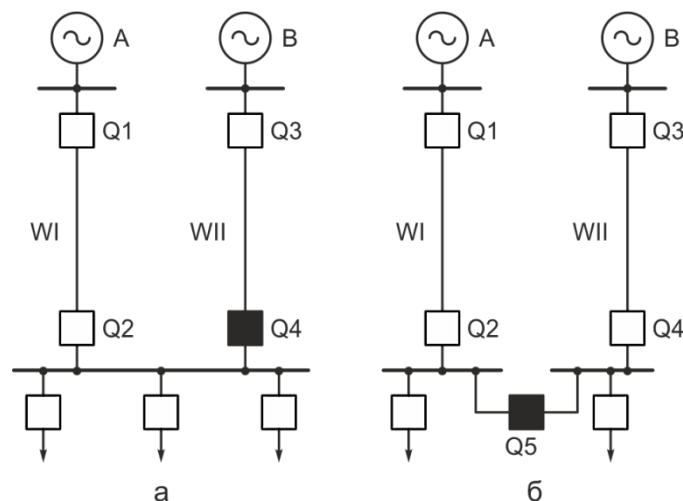
$$t_{АПВ2} \geq t_{АПВ1} + t_{пхл} + t_{защ} + t_{отк} + t_{зап}$$

мұнда $t_{қос}$ (10.1), (10.2) формулаларының негізінде анықталады; t -ажыратқышты қосудың ең көп уақыты.

10.8. РАҚ қондырғыларының негізгі міндеттері және оларға қойылатын талаптар

Электр қуатын тұтынушылармен қойылатын негізгі талаптардың бірі электр қуатымен сенімді жабдықтау болап табылады. Тұтынушыларды дара желі арқылы қуаттау көзіне қосу мұндай сенімділікті қамтамасыз етпейді. Генератордың немесе электр қуатымен жабдықтау желісі істен шыққан кезде тұтынушылардың қалыпты жұмыс тәртібі бұзылады және үлкен материалдық шығын орын алады.

Қуаттау сенімділігі қуаттау көзі сияқты желіні де резервтеу есебінен көтерілуі мүмкін. Резервтеу сызбалары 10.7-суретте көрсетілген. 10.7-суреттегі сызбада а тұтынушыларды қалыпты тәртіпте қуаттау А генераторынан жұмыс істейтін *WI* сызығы арқылы жүзеге асады. *WII* сызығы резервтік болып саналады: ол кернеумен тұрады (*Q3* ажыратқышы қосылған), бірақ оның бойымен тоқ өтпейді (*Q4* ажыратқышы сөндірілген). Жұмыс желісі істен шыққан кезде тұтынушыларды қуаттау резервтік қуаттауға ауыстырылады. Ол үшін зақымдалған жұмыс желісі сөндіріліп, резервтік желідегі *Q4* ажыратқышы сөндіріледі. Қуаттаудағы ұзылыс маңызды емес, көптеген тұтынушылар үшін қол жетімді.



10.7. сурет. Сызықтарды резервтеу (а,б) сызбалары

Қарастырылған сызбада жұмыс желісі резервінің сызбасы анық түрде ұсынылған: қалыпты тәртіпте резервтік желі жұмыс істемейді. 10.7- суреттегі сызбада резервтеу анық емес түрде орындалған. Мұнда екі сызық та жұмыс істейтін болып табылады. Қалыпты тәртіпте *Q5* ажыратқышы сөндірулі, себебі әрбір желі тиісті секцияға қосылған тұтынушыларды қуаттауды қамтамасыз етеді.

Бір сызықта, мысалы бірінші, қысқаша тұйықталу кезінде ол сөніп қалады. Одан кейін секциялар арасындағы бөгетте орналасқан *Q5* ажыратқышы қосылады. Мұндай ауыстырулардан кейін сол жақ секцияның тұтынушылары екінші желі бойынша қуат алады. Жұмыс істеп қалған желі сол жақ секция

тұтынушыларын қосымша қуаттай алуы үшін ол екі секцияның да тұтынушыларының үлес жүктемесіне есептелген болуы тиіс. Мұндай жағдайда, ол Q5 ажыратқышы сөндірілген кезде толық жүктелмеген, яғни өзінде жасырылған (анық емес) резерв бар, ол апаттық жағдайларда пайдаланылады

Екі сызбада да А қуаттау көзінен қалыпты тәртіпте қуатталатын тұтынушылар апаттық жағдайларда В көзіне қосылады. Ол үшін В көзі қосымша жүктеуге есептелуі тиіс. В көзінің қалыпты тәртіпте белгілі жүктемесі болады, соған байланысты оның қосымша жүктемені жабуға арналған резерві жасырылған күйде болады.

Келтірілген сызбалардан сенімділіктің көтерілуі анық немесе анық емес резервтің есебінен қамтамасыз етілетіні көрінеді.

Резервті неғұрлым жоғары енгізу тиімді болса, соғұрлым жұмыс элементінің сөндірілу сәтінен резервтік элементтің қосылу сәтіне дейін қуаттауда үзіліс аз болады. Резервтік элементті тез қосу тек автоматты құралдардың көмегімен мүмкін болады. Мұндай қосылыстарды жүзеге асыратын қондырғылар резервті автоматты қосу қондырғылары (РАҚ) деп аталады. Заманауи энергия жүйелерінде РАҚ қондырғылары кең тараған. Көптеген жағдайда олар тұтынушыларды электр қуатымен үздіксіз жабдықтауды қамтамасыз ете отырып, сәтті әрекет етеді.

Электр желілерінің көпшілігі үшін желілердің және трансформаторлардың жекелеген жұмыстары тән. Осы жағдайда шағын станциялар шиналары екі секцияға бөлінген, олардың әрқайсысы өз бетінше желі бойынша қуатталады. РАҚ қондырғысы секция ажыратқышында орындалады. Желілер немесе трансформаторлар істен шыққан жағдайда, РАҚ қондырғысы технологиялық құрылғылардың тұрып қалу уақытын қысқарта отырып, қуаттауын қалпына келтіреді. РАҚ қондырғылары кәсіпорын нысандарын электр қуатымен жабдықтау сызбасын оңтайландыруға және арзандатуға мүмкіндік береді.

РАҚ қондырғысы іске қосу мүшесінен және автоматты қосылу түйінінен тұрады.

Егер электр қуатымен жабдықтаудағы үзіліс РАҚ қондырғысын орнату құнынан айтарлықтай асып кететін шығынға ұшыратса, резервтік қуаттауды немес құрылғыны автоматты қосу барлық жағдайларда қарастырылған. РА қондырғысы қалыпты тәртіпте жұмыс істейтін, алайда толық қолданылмайтын құрылғылар үшін пайдаланылады. Мысалы, трансформаторда ПЭК (пайдалы әрекет коэффициенті) ең көп мәні 60...80% номиналды құрайтын жүктеме кезінде болады. Жүктеменің мұндай мәні болған кезде бір жұмыс көзі сөндірілсе, екіншісі РАҚ қондырғысының ықпалымен өзін барлық жүктеуді алады және ауыстырылып жүктелгеннен кейін (рұқсат етілген шамада) қондырғыны үздіксіз электр қуатымен жабдықтауды қамтамасыз етеді.

Резервтік қуаттауды және желі құрылғыларын, күш трансформаторларын, генераторларды, электр қозғалтқыштарын, электрлік жарықтандыруды автоматты қосу, ереже бойынша, оларды кез келген қорғаныс түрімен сөндіргеннен кейін, сонымен қатар қызмет көрсететін қызметкерлердің қате әрекеттері немесе ажыратақыштарды өз бетінше сөндіру кезінде жүргізіледі.

РАҚ қондырғысы төмендегі негізгі талаптарды қанағаттандыруы тиіс:

- РАҚ қондырғысының әрекет ету мүмкіндігі әртүрлі себеппен, оның ішінде шиналардағы ҚТ қуаттанатын элемент шиналарында кернеуді жоғалуы кезінде қамтамасыз етілуі тиіс (соңғы – АҚҚ шиналары жоқ болған кезде);

- Қуаттау жұмыс көзінің ажыратқышы сөндірілген кезіде РАҚ қондырғысы резервтік қуаттау көзінің ажыратқышын қосымша уақыт ұсталымысыз қосуы керек. Сонымен қоса, қондырғының бір реттілік әрекеті қамтамасыз етілуі тиіс.

- жұмыс көзінен қуаттау тарапынан кернеудің жоғалуына байланысты және қабылдау тарапынан ажыратқыш сөнген кезде (мысалы, жұмыс элементі тек қуаттау тарапынан ажыратқышты сөндіруге ғана әрекет ететін жағдайлар үшін) РАҚ сызбасында кернеудің іске қосу мүшесі (КІҚМ) көзделуі тиіс. Қуатталып жатырған элементте кернеу жоғалған кезде және резервтік көзінен қуаттау тарапынан кернеу болған кезде КІҚМ қабылдау тарапынан қуаттау жұмыс көзінің ажыратқышын сөндіруге уақыт ұсталымымен әрекет етуі қажет; егер жұмыс және резервтік элементтер бір қуат көзінен қуатталса, РАҚ КІҚМ қарастырмайды;

- жұмыс көзінен кернеудің жоғалуын елейтін РАҚ КІҚМ минималды кернеу элементі электр қозғалтқыштары өз бетінше іске қосылған және ҚТ жойылған кезде кернеу азаюы бойынша жөнделуі қажет. РАҚ КІҚМ резервтік көздердің шитналарында кернеуді бақылау элементінің іске қосу кернеуі мүмкіндігінше электр қозғалтқыштарының өз бетінше іске қосылуы шарттарынан қорытынды шығарыла отырып, іріктелуі тиіс. РАҚ КІҚМ әрекет ету уақыты сыртқы КЗ бар бөліктерді сөндіру уақытынан көп болуы тиіс, өйткені сөндіру уақытында кернеуді азайту КІҚМ минималды кернеу элементінің іске қосылуының салдарынан орын алады, ереже бойынша қуаттау тарапынан АҚҚ әрекет ету уақыты көп.

РАҚ КІҚМ минималды кернеу элементі жоғары немес төменгі кернеу орамасының тарапынан кернеу трансформаторының сақтандырғыштарының бірі жанып кетсе, оның жалған жұмысы алынып тасталатындай орандалуы тиіс. ТК орамасын автоматты ажыратқышпен қорғау жағдайында соңғы әрекет сөндіру кезде КІҚМ оқшаулануы қажет;

- АҚҚ қондырғысын орындау кезінде қуаттаудың резервтік көзінің жүктеуінің қалыптан асқанын, өз бетінше қосылуды ескеру қажет және егер шамадан тыс жүктеу орын алса немесе өз бетінше іске қосу қамтамасыз

етлмесе, АҚҚ әрекет еткен кезде жүктен босату (мысалы, жауапсыз, кейбір жағдайларда жауапты электр қозғалтқыштарының бір бөлігі сөндіріледі; соңғылар үшін АҚҚ пайдалану ұсынылады) орындалады;

- АҚҚ қондырғылары АЖЖБ (автоматты жиіліктік жүктен босату) қондырғыларымен сөндірілген тұтынушыларды қосуға әрекет етпеуі тиіс. Ол үшін арнайы шаралар қолданылуы тиіс (жиілік бойынша оқшаулау).

АҚҚ қондырғысы шағын станцияларды (ШС) және орналастыру бекеттерінде (ОБ) орнатылады, олар үшін екі қуаттау көзі қарастырылған, олар жеке қалыпты тәртіпте жұмыс істейді. Аппаратураны үнемдеу тұрғысынан ШС және ОБ-да АҚҚ олардың шиналарынан электр қуатымен жабдықтау сенімділігі бойынша тек II және III санаттағы электр қабылдағыштары қуат алатын жағдайларда ғана орындалуы міндетті. АҚҚ қондырғысының міндеті электр қуатымен жабдықтаудың жұмыс көзінің өз бетінше сөнуі немесе зақымдануы нәтижесінде тоқсыздандырылған тұтынушылардың резервтік қуаттауға автоматты ауысуы технологиялық процестерінде жоғалтушылықтар мен кішкене бұзушылықтарды қамтамасыз ету, тез жүезеге асыру. Резервтік қуаттауды ЖОҚ (жиынтықты орналастыру қондырғысы) жиынтықты шиналарының зақымданған секциясына қосу, ереже бойынша, КЗ және резервтік көзбен электр арқылы байланысқан тұтынушылар кернеуін апаттық азайту салдарынан болған бұзушылықтар көлемін ұлғайтудың алдын алу мақсатында жүргізілмейді. АҚҚ қондырғысының әрекеті кезекті орнатылған тәртіпте сияқты тұтынушының электр қозғалтқышының қуатын жоғалтқан өз бетінше іске қосу барысында шамадан тыс жүктеуге алып келмеуі қажет.

АҚҚ қондырғысының сызбалары:

- қуаттау жұмыс көзінің бұрынырақ анықталған бас тартуын мүмкіндігінше қамтамасыз ету;

- технологиялық процесте ең аз бұзушылық болған кезде басқа да автомат қондырғылармен (АҚҚ, АЖЖБ) келісе отырып, әрекет ету;

- КЗ болған кезде, ереже бойынша, резервтік көзді қосудың алдын алу;

- ілеспелі электр қозғалтқыштарының резервтік көзден қуаттауды жоғалтқан рұқсат етілмеген ілеспелі емес қосылыстарды болдырмау;

- кернеуі төмен резервтік көзге тұтынушыларды қосуды болдырмау;

АҚҚ қондырғысымен қосылатын, 1 кВа-дан жоғары кернеу ібар ажыратқыштар үшін қосылу шынжырының жөнделуін бақылау мүмкіндігі болуы керек.

АҚҚ қондырғысын орындау үшін әртүрлі іскек қосу мүшелері іріктеледі: минималды кернеу релесі, жиілік релесі, құрастырылған реле және т.б.

10.9. Бөлімдік ажыратқыш АВР сұлбалары және жұмыс істеу қағидалары

АВР құрылғылары тұрақты немесе жедел ауыспалы тоқта орындалады. Жұмыс істейтін немесе қосымша кірістерде немесе АВР құрылғы сұлбаларына байланысты бекеттердің шиналарында орналасқан ТН жедел ауыспалы тоқтың қайнаркөзі болып табылады. Электр энергиясымен қамту жүйелерінде АВР-нің жұмыс істеу тиімділігі 90 ... 95 %-ды құрайды. Ары қарай АВР құрылғысының қарапайым сұлбалары қарастырылған.

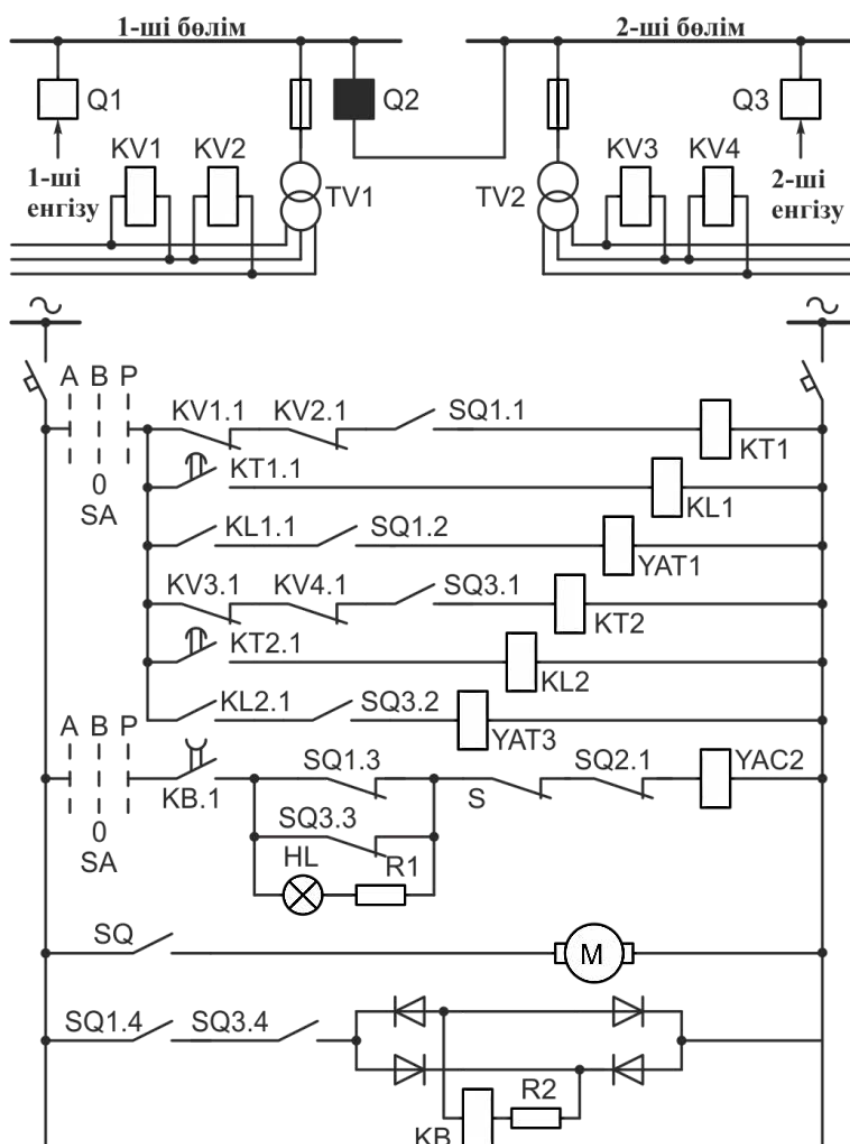
Серіппелік желілермен жабдықталған секциялық ажыратқыштардағы АВР құрылғысының қағидалық сұлбасы 10.8-ші суретте бейнеленген. Бұл сұлбалар өндірісті мекелерде қолданлатын электр энергиясымен қамту жүйелерінде қолданыс тапқан.

Бастапқы күйде Q1 және Q3 ажыратқыштар қосылып, Q2 өшіріліп тұрады, SA басқару кілттер АВР қалыпында, минималды кернеу релесі KV 1.1 ... KV4 болады және KB блоктаушы реле қосулы тұрады.

KV 1, KV 2 реле шиналарының бірінші бөлігінде кернеу жоқ болған жағдайда қоректі жоғалтады, олардың KV1, KV2.1 ажыратылатын түйіспелері тұйықталады және жұмыс істей отырып, KL1 аралық релесінің қуат беру тізбегін жасайтын KT1 уақыт релесінің катушкаларын электр қуатымен қамтамасыз етеді. KL1 релесі іске қосылады және Q1 ажыратқыш желілерінің YAT1 өшіру катушкасына әрекет ете отырып, Q1 өшіреді. SQ1.3 тұйықталатын қосалқы контактілер Q2 ажыратқыш желілерінің YAC2 белсендіру катушкаларына қуат беруілуі қамтамасыз етеді. Пружина босатылады және Q2 секциялық ажыратқышына қосылады. Шиналардың бірінші бөліміне қосылған электр энергиясын тұтынушылардың қуатын қалпына келтірілді.

Q2 ажыратқышын жаңа әрекетке дайындалу үшін оны қосқаннан кейін М қозғалтқышы арқылы серіппені тартып қою қажет. Өзінің жүрісінен кейін босатылған серіппелердің SQ контактілері тұйықталады, М қозғалтқышы қуат алады, серіппені тартады және SQ контактілері ашық болады.

АВТ құрылғысының бір реттік жұмысы KB релесі арқылы қамтамасыз етіледі. Q1 немесе Q3 қосқыштары ажыратылған кезде KB релесі қуатын, қысқа тұйықталу контакттарын жоғарылайды, YAC2 катушкалар тізбегіндегі уақыт кешігуі бар KB.1 тұйықталатын контактілері ашылады және YAC2 қуатын жоғалтады. Тек бір Q2 ажыратқышының қосылуын қамтамасыз етілетіндей уақытша кідірісті таңдалады.



10.8 сурет. Серіппелік желілермен жабдықталған секциялық ажыратқыштардағы АВР құрылғысының қағидалық сұлбасы:

HL — АВР құрылғысының дайындық лампалары; *TV1*, *TV2* — кернеу трансформаторлары; *S* — серіппе іске қосылған кездегі тұйықталған контактілер

2-ші шина секциясында кернеу жоғалғаннан кейін бұл схема ұқсас түрде жұмыс істейді.

Егер бірінші шинаның қимасында тұрақты КЗ кезінде АВР құрылғысы жұмыс сәтсіз болса, Q2 ажыратқышы өзінің қорғанысының әсерінен өшеді және шинаның бұл секциясы жөндеуге жіберіледі.

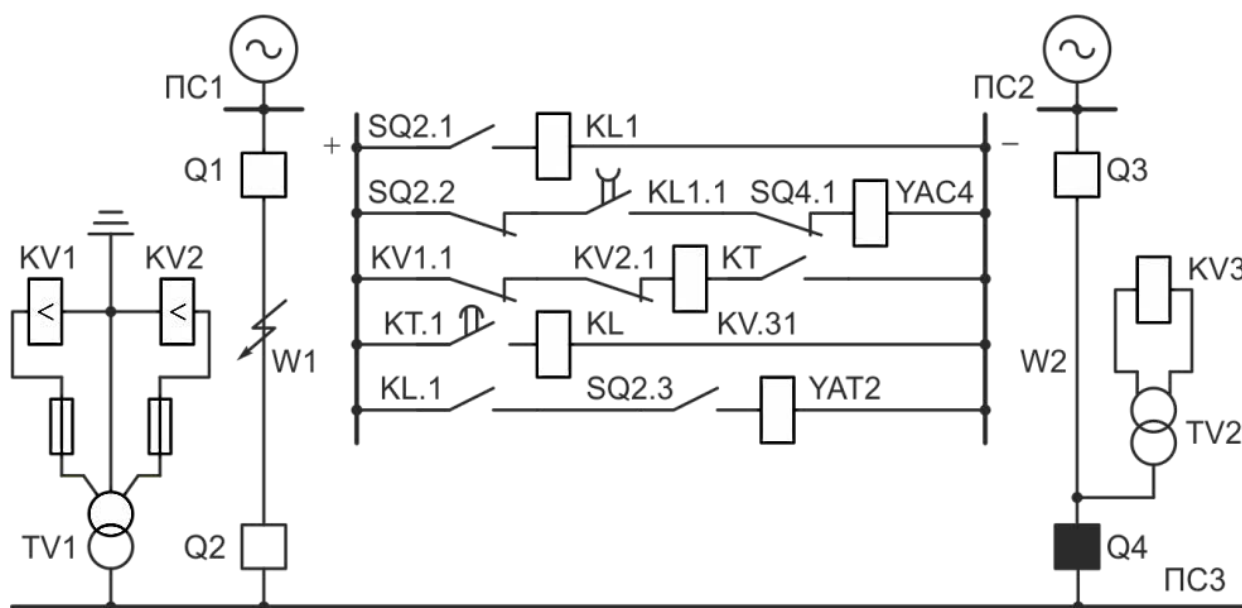
Электромагниттік желілерді 10.8-ші суреттегі серіппелік желілердің орнына қолданған жағдайда мынадай өзгерістер енгізілуі тиіс: М қозғалтқышы бар тізбекті және SQ (төмендегі екінші тізбек) ақырғы ажыратқыштарды, ал төменгі жағынан үшінші сұлбада серіппенің S контактіні алып тастау керек.

10.10. АВР желілерінің сұлбалары және жұмыс істеу қағидалары

АВР желі құрылғыларының қағидалық сұлбасы 10.9-шы суретте келтірілген. Бастапқы күйде Q1, Q2 және Q3 ажыратқыштары қосулы, Q4 өшіріліп тұрады, KL1 аралық релесі (бір реттік қосылу релесі) қуатталады (Q2 ажыратқыштары қосулы болғандықтан, SQ2.1 тұйықталатын қосалқы контактілер тұйықталады).

W1 желісіндегі кернеудің төмендеуімен және тоқтың кенеттен көбеюімен сүйемелденетін W1 жұмыс желісіндегі КЗ кезінде КТ уақыт релесінің катушкалар тізбегінде өзінің KV1.1, KV2.1 ашық контактілерін тұйықталдыра отырып, KV1, KV2 минималды кернеу релелерін іске қосады. Егер W2 резервтік желісінде кернеу болса, КТ релесі белсендіріледі және KL аралық релесін іске қосу арқылы Q2 ажыратқыш желісінің YAT2 ажыратқыш катушкасына қуат берілуі қамтамасыз етеді. Q2 қосқышы өшеді, KL1 релесі қуатын жоғалтады. Q4 ажыратқыш желісінің YAC4 қосқыш катушкаларының тізбегіндегі SQ2.2 қосалқы контактілер Q4 ажыратқыштарының қосылу тізбегін қалыптастыра отырып, тұйықталады.

KL1 релесінің кідірту уақыты Q4 ажыратқышының сенімді түрде қосылуын қамтамасыз етуі керек. Бұл кідірту келесі өрнекпен анықталады



10.9 сурет. АВР желі құрылғыларының қағидалық сұлбасы

$$t_{KL1} = t_{B.B} + \Delta t,$$

мұндағы $t_{B.B}$ – желінің жұмыс істеу уақытын есепке алғандағы Q4 ажыратқыштың толық қосылу уақыты; Δt – уақыт бойынша сенімділік қоры.

КТ уақыт релесінің кідіріс уақыты

$$t_{KT} = t_{з.пр} + \Delta t,$$

мұндағы $t_{з.пр}$ – ПСЗ шиналарынан шығатын қосылу қорғанысының ең жоғары кідіріс уақыты.

KV3 кернеу релесі W2 желісінде кернеудің болуын бақылайды. Осы кернеу болмаған жағдайда KV3.1 тұйықталатын контактілер және АВР құрылғысы жұмыс істемейді. W2 желісінде $U_{жұм\ min}$ минималды жұмыс кернеу кезіндегі KV3 релесі өзінің тұйықталатын контактілерін ашпауы керек және КЗ болған желі аумақтарын өшіргеннен кейін кернеуді қайта қалпына келтіру кезінде өзінің тұйықталатын контактілері тұйықталмауы керек:

$$U_{орт.KV3} \leq \frac{k_K}{k_c k_{TH}} U_{жұм\ min},$$

мұндағы k_K, k_c, k_{TH} – сәйкесінше қайтары, сенімділік және ТН түрлендіруінің коэффициенттері.

KV1 және KV2 минималды кернеу релелері ПСЗ шинасынан шығатын басқа желілердегі КЗ кезінде және КЗ болған аймақтар өшірілген кейін қозғалтқыштың өздігінен қайта іске қосылуы кезінде АВР құрылымысын іске қоспауы керек. KV1 және KV2 релелерінің іске қосылу кернеуі төмендегі шарттар негізінде таңдалады:

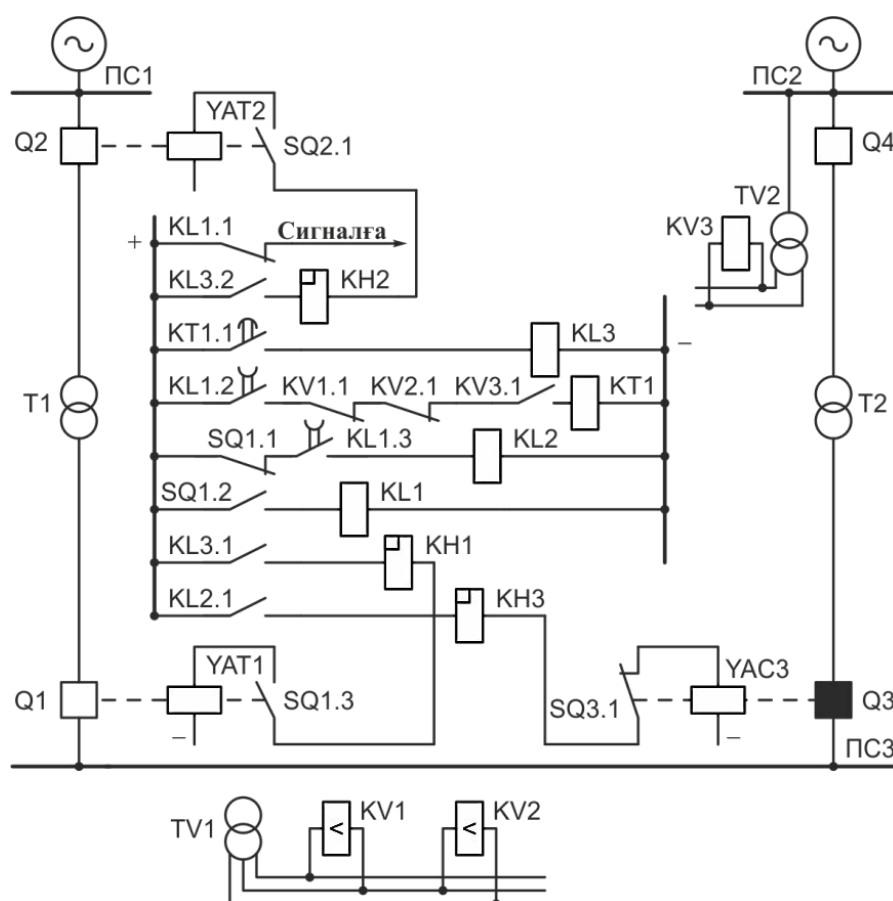
$$U_{орт.KV1,KV2} \leq \frac{U_K}{k_c k_{TH}}; U_{орт.KV1,KV2} \leq \frac{U_{сз.д}}{k_c k_{TH}}$$

мұндағы U_K – ПСЗ шиналарынан шығатын қосылулардағы трансформаторлар мен реакторлардың КЗ кезіндегі шиналардағы кернеу; $U_{сз.д}$ - КЗ болған аймақтар өшірілген кейін қозғалтқыштың өздігінен қайта іске қосылуы кезіндегі шиналардағы кернеу.

KV1, KV2 релелерінің тұйықталмайтын контактілері осы релелердің электр тізбектеріндегі ақаулар кезінде Q2 ажыратқышының жалған өшуіне алдын алу үшін тізбектеп қосылады.

10.11. АВР трансформаторлары және жұмыс істеу қағидасы

АВР трансформатор құрылғыларының қағидалық сұлбасы 10.10-шы суретте келтірілген. Бастапқы күйде Q1, Q2 және Q4 ажыратқыштары қосылы, Q4 өшіріліп тұрады, KL1 аралық релесі (бір реттік қосылу релесі) қуатталады.



10.10 сурет. АВР трансформатор құрылғыларының қағидалық сұлбасы

Қорғаныс әсеріндегі Т1 жұмыс трансформаторындағы КЗ кезінде Q1 және Q2 ажыратқыштары өшіріледі. Q1 ажыратылған кезде оның SQ1.2 қосалқы түйықталатын контактілері KL1 релесінің катушкалар тізбегін бұзады. SQ1.1 ажыратылатын қосалқы түйіспелер Q3 ажыратқыш желісінің YAC3 қосылу катушкасына әсер ете отырып, Q3 ажыратқышын қосатын KL2 релесіне «оң» кернеуді береді.

Егер PC1 шиналары кернеусіз қалса, Q1 және Q2 ажыратқыштары қосылмайды және АВР құрылғысына әсер етпейді. Ол әсер етуі үшін KV1, KV2, KT1, KL3 релелерінен тұратын минималды кернеуді қосатын арнайы орган қарастырылған. PC1 шиналардағы кернеу болмаған кезінде KT1 уақыт релесінің катушкаларына қуат берілуін қамтамасыз ете отырып, KV1, KV2 минималды кернеулері релесі іске қосылады. KT1 релесі уақыт кешігуімен жұмыс істейді және Q1, Q2 ажыратқыштар желілерінің YAT1 және YAT2 сөндірілетін катушкаларындағы KL3 аралық релесі арқылы әрекет ете отырып, осы ажыратқыштарды өшіреді. Ары қарас сұлба ұқсас түрде жұмыс істейді.

Уақыт кідірісі аяқталғаннан кейін KL1 релесінің KL1.3 түйықталған контактілері ажыратылады және KL2 релесінің катушкасы қуатын жоғалтады.

Егер Т2 резервтік трансформаторы тұрақты КЗ болған кезде АВР құрылғысымен қосылған болса, онда өзінің қорғанысымен өшеді және оны қайта қосу жұмыстары жүргізілмейді (KL1 релесі АВР құрылғысының бір реттік қосылуын қамтамасыз етеді).

10.12. Синхронды жүктеме болған кездегі АВР орындалу ерекшеліктері. Жылдам әрекет етуші АВР

Электр қуатымен қамтамасыз ету жүйесінде синхронды қозғалтқыштар болған жағдайда АВР құрылғысының жұмыс істеу уақыты созылуы мүмкін. Мысалы, шинаның бір секциясы қуатын жоғалтқан кезде (секцияланған ажыратқыштардың шинасы) оған ұосылған синхронды қозғалтқыштар инерция бойынша айналуын жалғастыра отырып, генераторлық тәртіпке алысады және кейбір уақыт аралығында (3 ... 8 с) шинаның осы секциясында айтарлықтай жоғары кернеумен қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда АВР құрылғыларының іске қосу органдары іске қосылмайды және АВР кешіктіріледі. Сипатталған жағдайда шиналарда кернеу жиілігі айтарлықтай тез төмендейді. Осыған байланысты, АВР құрылғыларының аралас іске қосу (жиілігі мен кернеуі бойынша) сұлбалары кеңінен қолданылады. Мұндай сұлбаны электр энергиясымен жабдықтауды тоқтау фактісі 0,3 ... 0,5 секундтан кейін белгілі болады.

Шиналардың екі секциясының кернеу векторларының фазаларын салыстыруға негізделген құрылғылары қуатты жоғалтуға қатысты аса жоғары сезімталдыққа ие. Бұл жағдайда электр қуатымен қамтуды тоқтау 0,2 ... 0,3 секун ішінде жүзеге асырылады. Синхронды синфазалық АВР құрылғылары келешегі бар болып саналады.

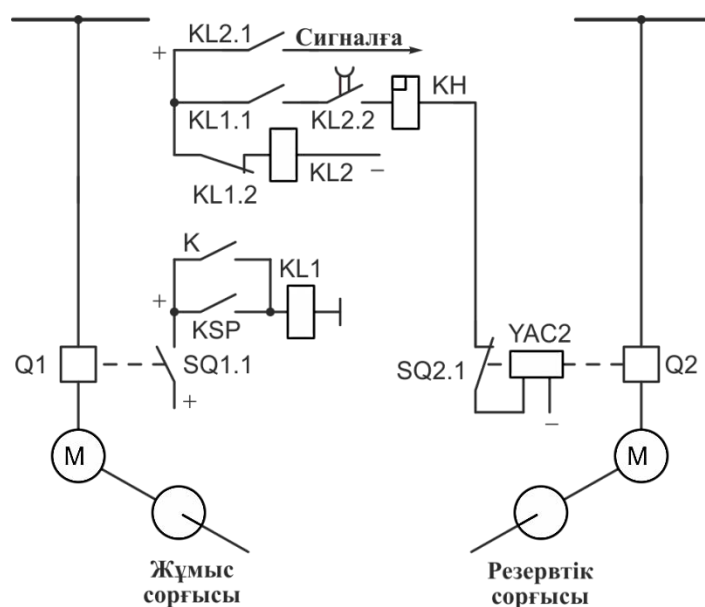
АВР жұмысының табыстылығы резервтік қайнаркөзден қуатты қалпына келтіргеннен кейін өндіріс үрдісінің қалыпты параметрлеріне қаншалықты тез қол жеткізілгендікке байланысты анықталады. Бұл параметрлерге жету жылдамдығы электр қуаты өшірілген уақыт параметрлерін, сондай-ақ болған жағдайларда осы үзілістен кейін қозғалтқыштардың өздігінен қайта қосылуының орын алуы немесе алмауына байланысты болады.

Қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу келесі негізгі факторлармен анықталады: қозғалтқыштың жүктелуі, олармен келтірілетін механизмдердің сипаттамалары (яғни айналу жиілігіне механизмнің қарсыласу кезіне байланысты), механикалық тұрақты қозғалтқыштар және агрегаттар, қозғалтқыштың синхронды емес сәттік сипаттамаларының формалары, кернеумен қамтамасыз ету кезіндегі қозғалтқыш роторының күйі, қоздырғыш

құрылығдардың типі және өрісті өшіру құрылғысының сипаттамасы, қолданылатын қуаттын реле қорғанысы және т.б. бақыланатын параметрлер бойынша қондырғылардың, басқа жүктемелердің (қозғалтқыштық емес) қысқыштарындағы кернеуге тәуелділік сипаттамасы.

Электр қуатымен қамтамасыз үзілістеріне жол берілмейтін 1-санаттағы жауапты тұтынушылар үшін АВР қозғалтқыштары қолданылады. АВР қозғалтқыштары тек жұмыс агрегатының қозғалтқышын ажыратқан кезде ғана емес, сонымен бірге агрегаттардың технологиялық параметрлер өзгерткен кезде де болады.

6 немесе 10 кВ-ты кернеуі бар синхронды қозғалтқыштарды электр энергиясымен қамтамасыз ет сенімділігін арттыру және электр энергиясының қысқа уақытты ақаулары кезінде олардың тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін жылдам әрекет етуші кешенді АВР (БАВР) құрылғысы жасақталған. Кешенді БАВР құрылғысының құрамында желілерді басқарудың электродинамикалық құрылғысы бар жылдам әрекет етуші вакуумды ажыратқыштар және 6 немесе 10 кВ-ты кернеуі бар бөлу құрылғысының кешенді жинақтық қондырғысында (КЖҚ) және КРУ шкафтарында орналасқан АВР жылдам әрекет етуші іске қосатын құрылғысы (АВР ӘҚ) бар. Кешенді БАВР құрылғысымен жұмыс істеу тәжірибесі апаттық секцияны резервтіге ауыстырудың толық уақыты қозғалтқыштық жүйемелі бекеттердегі электр энергиясымен қамтудың барлық ақау түрлері кезінде 0,12 секундтан 0,16 секундқа дейін құрайтындығы көрсеткен.



10.11 сурет. 6 немесе 10 кВ кернеуі бар АВР қозғалтқышының қағидалық сұлбасы

6 немесе 10 кВ кернеуі бар АВР қозғалтқышының қағидалық сұлбасы 10.11-ші суретте көрсетілген. Жұмыс насосының Q1 ажыртқышын қорғаныс құрадарымен өшірілген кезде іске қосылады: сорғының жұмыс істейтін дөңгелектерінде ақау болған жағдайда К контактілері тұйықталады; сорғының технологиялық режимін өзгерткенде, мысалы, қысым төмендегенде, KSP қысым релелерінің контактілері тұйықталады. Екі жағдай да KL1 катушкасы қуаттанады. Сонымен қатар, KL1.2 контактілері тұйықталады, осының арқасында резервтік сорғының Q2 ажыртқышын қосуға импульстер беріледі, бұл KL2 катушкасы тоқтан өшіреді. Бұл реле осы сұлбадағы АВР құрылғысының бір реттік әрекет етуін қамтамасыз етеді.

Бақылау сұрақтары

1. АПВ құрылғылары қандай мақсатпен қолданылады?
2. Табысты және табыссыз АПВ дегеніміз не?
3. АПВ-ға дейін және кейін қорғаныс үдеу не үшін қолданылады?
4. Ажыратқыш желілеріне әсер ету әдісі бойынша АПВ құрылғыларын қалай жіктейді?
5. АВР құрылғыларына қатысты негізгі талаптарды атаңыз.
6. Қандай бөлшек АВР құрылғысының іске қосу органы болып табылады?
7. АВР құрылғысының бір реттік әрекет етуі немен қамтамасыз етіледі?
8. Синхронды қозғалтқыштар болған кездегі АВР құрылғысын орындау ерекшелігі қандай?

11 тарау

АВТОМАТТЫ ЖИІЛІКТІ БОСАТУ ЖӘНЕ ЖИІЛІКТІ АВТОМАТТЫ ҚАЙТА ҚОСЫЛУ

11.1. АЖБ пайдаланылу мақсаты және АЖБ құрылғыларына қойылатын негізгі талаптар

Энергия жүйесінің жиілігі электр энергиясы сапасының негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Қалыпты режимдерде жиіліктің рұқсат етілген ауытқуы МемСТ 13109-97 –мен нормаланған және $\pm 0,2$ Гц-ты құрайды. Барлық генераторлардың, трансформаторлардың, электр қозғалтқыштарының және энергия жүйесінің ауыспалы тогының басқа да жабдықтарының жұмыс режимінде 50Гц номинальды жиілікке сәйкестендіріп дайындап, жобалайды.

Жиіліктің сәл ғана төмендеуі (бірнеше ондаған герцке) экономикалық көрсеткіштерді нашарлатқанымен, энергия жүйесі үшін қауіпті болып табылмайды. Алайда жиіліктің 1...2 Гц-тен көп төмендеуі айтарлықтай қауіптілік тудырып, энергия жүйесінің жұмысының толықтай бұзылуына әкелу мүмкін. Егер тез арада шара қабылданбаса, жиіліктің төмендеуінің сел тәріздес үдерісі орын алып (жиіліктің «селі»), барлық жүйені толықтай істен шығаруы мүмкін.

Жиіліктің төмендеу үдерісі реактивті қуаттылықты өндіруді төмендетіп, сонымен бірге оның жүктемені тұтынуын арттырады, бұл энергия жүйесіндегі кернеудің төмендеуіне әкеледі.

Егер генераторлар мен синхронды компенсаторлардың қоздырғыш реттегіштері кернеуді ұстап тұра алмаса, онда жиіліктің кейбір мәндерінде (43.45 Гц) «кернеу селі» туындауы мүмкін.

«Жиілік селі» және «Кернеу селі» құбылыстары энергия жүйесінде жылдам (бірнеше секунд бойында) өтіп, жүктеменің толық кемуіне әкеліп және энергия жүйесінің электр станциясының барлығын не бір бөлігін тоқтатады.

Энергия жүйесінде тудырылған және тұтынатын қуаттылық арасында баланс сақталса, онда жиілік мәні 50 Гц-ке тең номинальды мәнге сәйкеседі. Қуаттылық балансындағы қандай да бір бұзылу, оның ішінде энергия жүйесіндегі жиіліктің белсенді қуатының жетіспеушілігі туындаған кезде жиіліктің ауытқуы пайда болады.

Сөйтіп, энергия жүйесінің қалыптасқан режимі қуаттылық балансымен сипатталады: генерацияның жиынтық қуаттылығы желідегі шығын есебімен энергия жүйесінің жүктемесіне тең: $P_{\Gamma} = P_n$. Қалыпты режимде бұл баланс 50 Гц номинальды жиілік кезінде сақталады. Қуаттылық балансы бұзылған кезде жүйенің жиілігі өзгереді. Егер $P_{\Gamma} < P_n$ болса, онда жиілік төмендейді, егер $P_{\Gamma} > P_n$ болса, онда жиілік артады. Қуаттылық балансының бұзылуы жүйе жүктемесінің өзгеруі есебінен де, туындайтын қуаттылықтың өзгеруі есебінен де орын алуы мүмкін.

Төмен жиілікте ұзақ уақыт жұмыс істеу мүмкін болмайтындықтан, және жиілікті қалпына келтіру жиілікті реттеудің қалыпты құралдары есебінен қамтамасыз етіле алмайтындықтан, апаттық шараларға – резервтегі агрегаттарды автоматты қосу және жиілік бойынша автоматты түрде апатты босату шараларына жүгінуге тура келеді.

Автоматты жиілікті босату (АЖБ) энергия жүйесінің номиналдыға жақын мәнін сақтап тұру мақсатында тұтынушылардың бірқатарын өшіруден тұратын мәжбүрлі шара болып табылады.

Көрсетілген апатты шараларды орындаудың белгілі бір кезегі болады. Бірінші кезекте резервтегі агрегаттарды автоматты қосу жүзеге асырылады. Егер бұл жеткіліксіз болса және жүйенің жиілігі одан әрі төмендей белсе, төтенше шара – жиілік бойынша энергия жүйесін босатуға жүгінеді.

АЖБ құрылғыларына келесідей негізгі талаптар қойылады:

- АЖБ құрылғыларымен өшірілетін қуаттылық нақты максималды мүмкін болатын қуаттылықтың жетіспеушілігін жою үшін жеткілікті болуы керек. Ол үшін энергия жүйесі жұмысының схемасы мен режимдерін талдау кезінде қуаттылықтың жетіспеушілігі шамасы бойынша барынша ауыр апатты жағдайды орнату керек;

- АЖБ құрылғысы жиілікті 45 Гц-дан төмен деңгейге төмендеуіне жол бермеуі керек, 47 Гц-дан төмен жиілікте жұмыс істеу уақыты 20 с-тан аспауы керек, ал 48,5 Гц-дан төмен жиілікте – 60 с;

- АЖБ құрылғылары қуаттылықтың кез келген жетіспеушілігін, оның туындаған орны мен апаттың даму сипатына (қуаттылықтың жергілікті және жалпы жүйелік жетіспеушілігі, апаттың каскадты дамуы және т.б.) тәуелсіз жоюды қамтамасыз ететіндей орналасуы керек;

- АЖБ құрылғылары туындайтын қуаттылық жетіспеушілігі шамасына сәйкес минимальды көлемде жүктеменің өшірілуін қамтамасыз етуі керек, яғни АЖБ жүктеме көлемі бойынша өздігінен бапталу қасиетіне ие болуы керек;

- АЖБ әрекеті кезінде зақымды минималдандыру үшін тұтынушылар АЖБ құрылғысына олардың жауапкершілігі есебімен жалғануы керек. Тұтынушылардың жауапкершілігі артқан сайын оларды АЖБ іске қосылуының

ықтималдығы кезегінің айтарлықтай алысына жалғау керек;

- АЖБ құрылғылары жиіліктің энергия жүйесі ұзақ уақыт қалыпты жұмыс істей алатын мәнге дейін артуын қамтамасыз етуі керек (әдетте, 49,0...49,5 Гц-ге дейін);

- АЖБ құрылғылары қуаттылық жетіспейтін кезде энергия жүйесіндегі ауыспалы үдерістерден ерекшеленетін үдерістерде, сондай-ақ жиіліктің өзгерісімен болатын үдерістерде (синхронды тербелістерде, асинхронды режимдерде, КЗ кезінде белсенді қуаттылықты лақтыру салдарынан және т.б.) жалған іске қосылмауы керек.

АЖБ негізгі міндеті – тек «жиілік селін» тоқтату және жиілікті рұқсат етілгеннен жоғары уақытта сәйкесінше деңгейге төмендету ғана емес, жиілікті энергия жүйесі мен тұтынушылардың қалыпты жұмысын автоматты түрде тез қалпына келтіруге мүмкіндік беретін деңгейге дейін көтеруді қамтамасыз ету.

11.2. АЖБ орындау принципі

Жоғарыда айтылғандай, энергия жүйесін жиілік бойынша босату апатты шара болып табылады. Ол тек жүйенің барлық ішкі резервтері пайдаланылса да жиіліктің төмендеуі жалғаса беретін жағдайда ғана қолданылады. Сәйкесінше, жиілік номиналдылықтан төмен бола бастаған сәтте бірден энергия жүйесін босатуға жүгінбеу керек.

Жиілік 49 Гц және одан да жоғары деңгейде болғанда, тұтынушыларды өшіруге жүгінудің қажеті жоқ деп саналады.

Босату жиілігінің алғашқы мәні болып 48,0 Гц-ге тең мән қабылданады.

Босату бірінші (АЖБ1) және екінші (АЖБ2) санатына бөлінеді.

Бірінші санат жиіліктің төмендеуін уақытша тоқтатуға арналған және 48,5...46,5 Гц шегіндегі жиілік бойынша тағайындамаға ие. Көрсетілген жиілік диапазонында АЖБ кезегінің үлкен саны тағайындалады. Шамамен олардың саны 20-ға тең болуы мүмкін. Бұл жағдайда $A_f = 0,1$ Гц аралас кезегінің арасында және жиілік релесі қателіктерінің салдарынан кезектің іріктелмей іске қосылуы мүмкін.

Бір-бірінен $A_f = 0,2, 0,3$ Гц және одан да алыс тұратын кезектер үшін іске қосылу іріктелгіштігі сақталады.

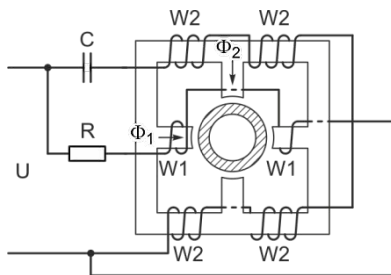
Жоғары шекті мәнге жақын (48,5 Гц) тағайындамалы кезекке тұтынушылардың аз жауапкершіліктілігін қосады. Жауапты тұтынушылар жиіліктің айтарлықтай шөгуі кезінде өшіріледі. АЖБ1 құрылғысына жалғанатын тұтынушылардың жиынтық қуаттылығы бірқатар артықшылықпен алынған жиіліктің мүмкін болар максимальды жетіспеушілігімен анықталады.

Қуаттылықтың есепті мәні ретінде айтарлықтай үлкен генератордың, тұтас станцияның қуаттылығы немесе энергия бірлестікті байланыс желісінің өшірілуімен негізделген қуаттылық жетіспеушілігі қабылдануы мүмкін. Бірінші жуықтауда белгіленген ауданның (энергия жүйесінің) қуаттылығынан 25 ...30 %-ға бейімделуі керек. Үқтимал жетіспеушілікті дұрыс анықтамау (ең алдымен оның өсу бағытында) АЖБ1 әрекетіне түбегейлі әсер ете қоймайды.

Босатудың белгіленген қуаттылығы АЖБ1 кезектері арасында теңдей бөлінеді. Мысалы, кезек саны 20, ал АЖБ1 жиынтық қуаттылығы 30 % $P_{ном}$ болған кезде әр кезекке қуаттылығы 1,5 % $P_{ном}$ тең тұтынушыны жалғайды. Сөйтіп, бұл тәсілде энергия жүйесін босату 1,5 % және одан аз шағын мөлшерде жүргізіледі. Ауыспалы режимде жиілік релесінің жалған жұмысын жою үшін уақытты азғандай тежеу тағайындалады (0,1... 0,2 с).

48,5 Гц жиілігі бойынша бірдей тағайындаулы босатудың екінші санаты (АЖБ2) оның барлық кезектері мен уақыттың түрлі тағайындамалары үшін АЖБ1-дің әрекетінен кейін жиілікті 49,5...50,0 Гц-ға «тартуға» арналған. АЖБ2 уақыт бойынша минимальды тағайындамасы 10 с-қа тең. Сөйтіп, АЖБ2 АЖБ1-дің барлық кезегі іс жүзінде жұмыс істеп болған жағдайда қосылады. АЖҚҚ құрылғысына жалғанатын тұтынушылар қуаттылығы төмендегі шарт бойынша жобалап тағайындалады: $AP_{II} = 0,4 AP_j$, мұндағы AP — қуаттылық белсенділігінің жетіспеушілігі. АЖБ2 кезек саны үлкен етіп таңдалады: мысалы, $At = 2.3$ с кезінде аралас кезек арасындағы уақыт тежелуімен 10-нан 20-ға дейін. Сәйкесінше, АЖБ2 да босатуды аз порциямен жүзеге асырады.

Сөйтіп, АЖБ1 – жиілік бойынша түрлі кезек тағайындамалары бар, жиілікті шекті рұқсат етілген мәннен төмендеуін болдырмауға арналған жылдам әрекет ететін босату; АЖБ2 – АЖБ1 әрекетінен кейін жиілікті көтеруге, жиіліктің рұқсат етілмейтін деңгейде (тұйықталуын) болдырмауға, сондай-ақ белсенді қуаттылықтың салыстырмалы түрде баяу апатты көтерілуі кезінде жиілікті төмендетуге арналған босату. АЖБ2 кезектерін қосу жиілік бойынша жүзеге асырылады, бұл кезде тағайындаманың жоғары деңгейі АЖБ1 бірінші кезегінің іске қосылу тағайындамасынан шамалы жоғары, ал АЖБ2 кезектерінің іске қосылуы кезек нөмері артқан сайын өсетін түрлі уақыт тежелулерімен жүргізіледі.



11. сурет. ИВЧ-011 реле схемасы

Қуаттылықтың көп жергілікті жетіспеушілігі (45 % және одан да көп) кезінде әрекет ететін және оперативті шектеу мен тұтынушыларды өшіруді іске асыру мүмкін болмаған жағдайда жиіліктің аса төмендеуін (45 Гц-нан төмен) болдырмауға, сондай-ақ қуаттылық жетіспеушілігі туындаған кезде жүйе аралық байланысты босатуға арналған қосымша босату (арнайы кезек) болады. Арнайы кезек уақыт тежеліссіз әрекет етеді.

АЖБ құрылғыларында индуктивті принципте орындалған және желідегі жиіліктің ауытқуына әрекет ететін ИВЧ-011 жиілікті релесі пайдаланылады. Реле схемасы 11.1-суретте көрсетілген. Реле статорында бірнеше шығыршақ бар. Олар кеңістікте қозғалатын екі магнитті ағын құратын $W1$ және $W2$ екі орамнан тұрады. $W1$ орамына кезек бойынша R резисторы, а $W2$ орамына — C конденсаторы жалғанған. Желі кернеуі реленің екі орамына да беріледі.

Индуктивті реле роторына әрекет ететін айналым моменті келесі формула бойынша анықталады:

$$M_{\text{вр}} = k\Phi_1\Phi_2\sin\psi,$$

мұндағы Φ_1 , Φ_2 — кеңістікте қозғалатын ағындар; ψ — ағынның уақыт бойынша жылжу бұрышы.

Φ_1 және Φ_2 магнитті ағыны создаются токами I_1 және I_2 токтарымен құрылады, олар сәйкесінше $W1$ және $W2$ орамы бойынша өтеді. Бұл токтардың жылжуы, сәйкесінше Φ_1 және Φ_2 ағындарының да қозғалысы R резистор кедергісімен, $W1$ және $W2$ орам айналымы сандарымен, C конденсатор сыйымдылығымен және желі жиілігімен анықталады:

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{wL_1 - \frac{1}{wC}}{R_1}; \operatorname{tg}\varphi_2 = wL_2/R_2$$

мұндағы wL_1, wL_2 — $W1$ және $W2$ орамдарының индуктивті кедергісі; R_1, R_2 — $W1$ (R кедергісін қосқанда) және $W2$ орамдарының белсенді кедергілері.

Орам параметрлері I_1 және I_2 токтарының номинальды жиілігі кезінде бірдей бұрышқа жылжитындай етіп таңдалған, яғни $\varphi_1 = \varphi_2$. Бұл жағдайда $\psi = 0$ және айналым моменті жоқ.

Жиіліктің номинальдан ауытқуы кезінде $\varphi_1 \neq \varphi_2$, $\psi \neq 0$. Бұл кезде реледе айналым моменті туындайды.

Реле роторына қосымша роторды реле контактілері ашылатын орташа қалыпта ұстап тұратын серіппенің моменті $M_{\text{пр}}$ әрекет етеді. Когда $M_{\text{вр}} > M_{\text{пр}}$ болғанда, реле роторы айналады да контактілер тұйықталады. Ротор айналысты бастап, контактілерінің тұйықталуы орын алған жиіліктің мәні реленің іске қосылу жиілігі деп аталады. C - немесе R -тізбек параметрлерінің өзгеруі есебінен реле тағайындамасын өзгертуге болады. Тәжірибе түрінде мұны R

кедергінің өзгерісі есетінен істеу ыңғайлы.

Индуктивті принципте жиіліктің артуына да кемуіне де әрекер ететін реле құруға болады. ИВЧ- 011 релесі желі жиілігін төмендетуді фиксациялай үшін орындалған.

Потоки Φ_1 және Φ_2 ағындары желі кернеуіне байланысты. Бұл реле тағайындамасының желі кернеуіне тәуелділікке әкеледі, бұл индуктивті принципте орындалған реленің кемшілігі болып табылады.

11.3. ЖАҚҚ пайдаланылу мақсаты және ЖАҚҚ құрылғыларына қойылатын негізгі талаптар

ПУЭ-ге сәйкес жиілікті төмендетудің автоматты шектеу жүйесі резервті автоматты жиілікті енгізуден (РАЖЕ), АЖБ, қосымша босатудан басқа жиілікті қалпына келтіру кезінде, яғни АҚҚ (ЖАҚҚ) кезінде жиілікті ажыратылған тұтынушылардың қорек көзіне қосылуын жүзеге асыру керек.

Бірінші кезекте, АЖҚҚ пайдаланылуы керек. АЖБ құрылғысы энергия жүйесінің кіші станцияларында немесе тұтынушыларда (энергия жүйесінің бақылауымен) орнатылады. Жауапты тұтынушыларды іске қосылу ықтималдығы жағынан барынша алыстау кезекке жалғайды. Қосымша босату құрылғысы көп жерлгілікті қуаттылықтың жетіспеушілігі орын алғанда, ал АЖБ1 құрылғысының әрекеті айтарлықтай тиімді болмаған кезде пайдаланылады.

ЖАЖБ құрылғысы жиілікті қалпына келтіру жағдайында ажыратылған тұтынушылардың қоректенуін азайту үшін пайдаланылады. Құрылғыны орнатып, ЖАЖБ кезегі бойынша жүктемені тарату кезінде тұтынушылардың жауапкершілігі ескеріледі. ЖАЖБ кезінде жүктемені қосу кезектілігі АЖБ үшін қабылдағанмен салыстырғанда кері болуы керек.

АЖБ құрылғысын алдымен АЖБ әрекеті кезінде ажыратылатын электр қозғалтқыштарынан қоректендірілетін 6...35 кВ кернеулі шиналардан ПС және РП-ға, содан кейін – ГПП-ға, одан әрі электрмен жабдықтау көзінің бағытына байланысты орналастыру керек. Әдетте, энергия жүйесінің кіші станциясында орнатылған электрмен жабдықтауда ұзақ үзілісті болдырмайтын электр қабылдағыштары бар жүктеме торабын қоректендіретін 35...220 кВ кернеулі желілердің АЖБ құрылғысының ажыратылуына жол берілмеуі керек. Қуаттылығы АЖБ бір кезегінің қуаттылығынан асатын әр ірі электр қабылдағышта егер технология шарттарымен АЖБ электр қабылдағышы ажыратылуына рұқсат етілсе, дербес негізгі АЖБ құрылғысы қарастырылуы керек, ал оның істен шығуы кезінде аса жауапты тұтынушылардың іріктелмей

ажыратылуын болдырмас үшін – және қосымша АЖБ құрылғысы қарастырылады.

АЖБ жекелеген құрылғыларын мына жағдайларда қарастыру керек:

- 1кВ-тан жоғары кернеулі таратқыш құрылғылардың (ТҚ) әрқайсысына;
- Бір көз жүйесінде орын алған белсенді қуаттылықтың апатты жетіспеушілігі екінші көз жүйесіне әсер етпейтін, сәйкесінше ондағы жиіліктің төмендеуін тудырмайтын электрмен жабдықтаудың бірнеше тәуелсіз көздеріне жалғанған тұтынушыларға;
- Көрсетілген топ құрамында синхронды электр қозғалтқыштары болғанда электрмен жабдықтаудың тәуелсіз көздеріне жалғанған тұтынушылар тобына.

Мәселен, егер әр РП-да және ГПП КРУ әр секциясында АЖБ кезінде ажыратылуға жататын тұтынушылар болса, бірақ РП кем дегенде екі секциясында синхронды электр қозғалтқышы болса, қалыпты жұмыс режимінде өзара электрлік тұрғыдан байланысты барлық ТҚ секцияларының әрқайсысына АЖБ құрылғысын қарастыру керек. Қалған жағдайлардың бәрінде аппарат санын үнемдеу және қызмет көрсету шығынын қысқарту мақсатында кіші станцияға не РП-ғабір АЖБ құрылғысын орнату керек.

Энергиямен жабдықтау ұйымымен берілген АЖБ көлемі бірінші кезекте технологиялық режимге маңызды экономикалық шығын келтірмейтін салыстырмалы түрдегі ұзақ кезеңде электрмен жабдықтауда үзіліске орын беретін электр қабылдағыштардың ажыратылуы есебімен қамтамасыз етілуі керек. Оларға электрмен жабдықтау сенімділігі бойынша барлық III санатты электр қабылдағыштары және II санатты электр қабылдағыштардың токтан ажыратылуы механизмдер мен өнеркәсіп көлігінің тоқтап қалуына, өнімнің орны толмайтын көлемде жіберілмеуін болдырмайтын бөлігі жатады. II санатты басқа электр қабылдағыштарды уақыт бойынша үлкен тағайындамалары бар ЖАҚК кезектеріне жалғау тиімді болады.

АЖБ құрылғыларына әдетте мыналар қосылмайды:

- Электрмен жабдықтау сенімділігі бойынша I санатты электр қабылдағыштары. АЖБ тағайындалған көлемімен негізделген аса қажеттілік туындаған жағдайда энергиямен жабдықтау ұйымдарының келісімімен АЖҚБ іске қосылуы ықтималдығы бойынша барынша алыс кезегіне сондай-ақ ажыратылуы жауапты, аса маңызды технологиялық желілер қызметінің бұзылуына әкелмейтін, адам өміріне қауіп төндірмейтін, өрт, жарылыс, қымбат жабдықтардың зақымдалуын тудырмайтын жекелеген I санатты электр қабылдағыштарды қосуға рұқсат етіледі. электроприемники I категории по надежности электроснабжения;
- Кіші станция мен РП өзіндік қажеттілігі тізбегін қоректендіретін трансформаторлар, жарықтандыру желілері мен қызмет көрсетуші персоналдың

қауіпсіздігін және жабдықтардың апатты емес қалпын қамтамасыз ететін механизмдердің электр қабылдағыштары;

- Егер электр қабылдағыштар осы секцияларға жалғанған болса, АЖБ түрлі кезегі бойынша бөлінген болса немесе шинаның осы секциясынан қоректендірілетін электр қабылдағыштар мен электр энергиясын тұтынушылардың барлығы бірдей АЖБ кезінде ажыратылмаса, немесе осы секцияға жөндеу режимінде ішінара АЖБ құрылғысы әсерімен ажыратылмайтын электр қабылдағышы мен электр энергиясын тұтынушылары бар басқа секция жалғануы мүмкін болса, 6...35 кВ кернеулі шина секцияларын қоректендіретін желілер (оның ішінде РУ-дағы шығыстар да);

- Арасында тым болмаса бір I санатты электр қабылдағышы бар, электр энергиясын қоректендіретін желілер мен трансформаторлар.

АЖБ құрылғысының әрекеті және оның желілік автоматиканың басқа түрлерімен (АУБ, АҚҚ) және коммутациялық аппараттың басқару схемаларымен өзара әрекеті АЖБ кезінде белсенді қуаттылықтың жойылмаған жетіспеушілігімен электр энергиясы көзінен ажыратылған электр қабылдағыш қоректендірілуін қалпына келтіру мүмкіндігі толықтай болмайтындай етіп ұйымдастырылуы керек. Осы мақсатта АҚҚ тыйым салуы немесе АҚҚ іске қосу тізбегін бұғаттау (ЖАҚҚ қарастырылуына байланысты), АЖБ құрылғысының ірекетінен кейін электр қабылдағыштың қолмен не автоматты іске қосылу тізбегін бұғаттау, АЖБ бір жұмыс және резервті желісіне жалғау, 0,40...0,66 кВ кернеуі жағында АЖБ құрылғысының әрекетін бұғаттау және т.б. пайдаланылуы мүмкін.

Белсенді қуаттылықтың жетіспеушілігін жоймай тұрып АЖБ құрылғысымен ажыратылған электр қабылдағыштарды пайдаланушы персоналдың қолмен қосуына және олардың жұмыста қалған қоректендіру көздеріне қолмен қосылуына пайдаланылу туралы нұсқаулықта қатаң түрде тыйым салынуы керек.

Ажыратылмаған синхронды электр қозғалтқыштары мен компенсаторлардан кернеудің сақталуы кезіндегі жиіліктің төмендеу фиксациясы есебінен АУБ не АҚҚ құрылғыларының әрекетімен туындаған АЖБ құрылғыларының үзілісті жұмысы әдетте орын алмауы керек. Көрсетілген режимдерде АЖБ құрылғысынан АУБ және АҚҚ шарттары бойынша (мысалы, минимальды кернеу қорғанысымен) сәйкесінше құрылғылармен ажыратылуы керек электр қозғалтқыштарының ғана ажыратылуына жол беріледі.

ПС пен РП-да оперативті ток көзінің қуаттылығы АЖБ1 құрылғысына және АЖБ2 құрылғысының бір кезегіне жалғанған электр қабылдағыштардың ажыратқышын бір мезгілде ажыратуды қамтамасыз етуге жеткілікті болуы керек.

АЖБ кезінде ажыратылған электр энергиясын қабылдағыштар мен тұтынушыларды автоматты қайта қосу тек электрмен жабдықтайтын ұйымдардың рұқсатымен, коректендіруді оперативті персоналдың әрекетімен немесе диспетчерлік басқару құралдарымен қалпына келтіру өндірістік шығын тұрғысынан мүмкін болмайтын жағдайда ғана жүзеге асырылады. ЖАҚҚ кенет қосылуы пайдаланушы персонал үшін, электр құрылғысының өзі және онымен байланысты механизмдер үшін белгісіз салдарлар мен қауіптерді тудырмайтын қосылыстарда ғана рұқсат етіледі. Ондай қосылыстарға электр қабылдағыш желілері жатады, оларды қосу технологиялық схемаларды дайындауды талап етпейді, олар толықтай автоматтандырылған, оның ішінде сәйкес технологиялық агрегаттардың алдын ала дайындалуы да автоматтандырылған. Жүктеменің қосылуынан туындайтын электрмен жабдықтау жүйесіндегі ауыспалы үдерістерді реттеу және оперативті ток көзінің шамадан тыс жүктемесін болдырмау үшін ажыратқыштар ЖАҚҚ құрылғысына кезекпен, 1 с-тан кем емес аралықпен жалғануы керек. Белсенді қуаттылықтың жетіспеушілік режимі әдетте энергия жүйесінің реактивті қуатты тұтынушылармен қамтамасыз етудегі шектеулі мүмкіндігімен байланысты болатындығын ескерсек, ЖАҚҚ-ты электр қабылдағыштарының тобы жалғанатын шинадағы кернеуді қалыпты деңгейімен бақылай отырып жүзеге асыру тиімді болады.

АЖБ немесе ЖАҚҚ электромеханикалық құрылғыларында орталық блогында жалпы өлшеу органы болып РЧ-1 типті жиіліктің төмендеуінің жартылай өткізгішті релесі қызмет етеді, ол кернеудің төмендеуінің белсенді қуаттылығының жетіспеушілігімен қатарласатын жағдайында, нақтырақ айтсақ, $U > 0,2 U_{ном}$ жағдайда дұрыс жұмыс істеуге қабілетті. Реленің іске қосылу тағайындамасының диапазоны 45...50 Гц-ні құрайды, ал қайтарлу тағайындамасы – 46...51 Гц. Релеге (0,15; 0,3; 0,5 с) сатылы реттегіші бар іске қосылуы уақытын тежейтін элемент орнатылған бар.

Реленің қайту уақыты 0,15 с-тан аспайды.

Реле алдымен АЖБ белгілі бір кезегінің тағайындамасы кезінде іске қосылады, содан кейін АЖБ кезінде ажыратылған тұтынушылар мен электр қабылдағыштарды қосу рұқсат етілетін желінің сәйкес жиілігіне қайту тағайындамасына сәйкестенеді. Реле АЖБ құрылғысының дәл осы блогы қарастырылған дөңгелек секциясының ТН-ға жалғанады. Бұл ТН-ды ажырату кезінде (мысалы, жөндеу қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу кезінде) уақыт релесі басқа секция ТН-не жалғанады.

АЖБ әрекеті АҚҚ және АЖБ құрылғыларының жұмысымен келісіледі. Мәселен, АЖБ телебасқаруы жоқ тұрақты кезекші персоналсыз кіші станцияларда қолданылса, тұтынушы АҚҚ-сы жиілікті қалпына келтіру кезінде пайдаланылады (ЖАҚҚ).

Жиілікті АҚҚ КЗ кехінде жиіліктің қысқа уақытқа төмендеуі мүмкін болатын желіде қарастырылады.

АЖБ құрылғысымен ағытылатын қуаттылықты жалпы алғанда жүктемемен тұтынылатын қуаттылықтың жиілікке байланыстылығы және сонымен бірге төмендейтіні ескеріліп анықтайды. бұл құбылысты жүктеменің реттелетін әрекеті деп аталады. Ол мына коэффициентпен сипатталады

$$K_{p.э.н} = \Delta P_H / \Delta f$$

мұндағы ΔP_H — жиынтық жүктеменің төмендеуінің өзгерісі, %; Δf — жиіліктің төмендеуі, % ($K_{p.э.н} = 1,5...2,0$).

Келтірілген формула негізінде $n_{ом} \text{ нaн} / < / \text{нoм}$ дейін жиіліктің төмендеуі кезінде оны қалпына келтіру үшін $P_{отк}$ ажыратылатын қуатты анықтауға болады:

$$P_{отк} = (50 - /) K_{p.э.н} P_{н.ном} / 50,$$

мұндағы $P_{нoм}$ — $/ \text{нoм} = 50$ Гц кезіндегі электрмен жабдықтау жүйесі жүктемесінің қуаттылығы.

ЖАЖБ құрылғысы жиілікті қалпына келтіру жағдайында ажыратылған тұтынушыларды қоректендіру үзілісін азайту үшін пайдаланылады. Құрылғыны орнатып, ЖАЖБ кезегі бойынша жүктемені тарату тұтынушылардың жауапкершілік дәрежесін, оларды АЖБ құрылғысымен ажырату мүмкіндігі; электр қорегінің автоматты емес қалпына келуінің күрделілігі мен ұзақтығы ескеріледі.

11.4. АЖБ және ЖАҚҚ схемалары

Жиілікті босату схемалары барынша қарапайым. Олардың негізін жиіліктің төмендеуін белгілейтін жиілік релесі, уақыт релесі және аралық релесі құрайды. 11.2-суретте АҚҚ әрекетіне тыйым салатын тұтынушылардың бір кезегін өшіруді қамтамасыз ететін АЖБ схемасы көрсетілген.

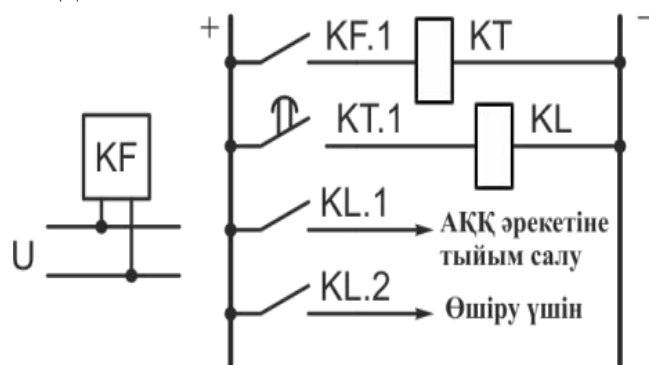
Жиілік релесі *KF* белгілі тағайындамаға ие. Жиілікті осы тағайындама мәніне дейін төмендеткен кезде *KF* релесі іске қосылып, *КТ* уақыт релесінде шығыршақ қоректендіру тізбегін тұйықтайды. *KL* аралық реле контактілері арқылы уақыттың тежелуімен тұтынушыларды өшіруге белгі беріледі. Бір мезгілде *KL* релесі АҚҚ тыйым салатын белгінің берілуін қамтамасыз етеді.

Егер кіші станцияда жиіліктің түрлі тағайындамалары кезінде жүзеге асырылуы керек түрлі санатты тұтынушылар болса, онда АЖБ 11.2-суретте көрсетілгенмен бірдей бірнеше схемасы болуы керек.

11.3-суретте екі кезекті АЖБ схемасы берілген, онда аппаратураны үнемдеу үшін түрлі жиілікке өсетін бір жиілік релесі пайдаланылады. Алдымен *KF* жиілік релесі жиілік бойынша жоғары тағайындамаға бапталады. Бұл реленің іске қосылуы кезінде *КТ* уақыт релесі шығыршақ қорегін алады. Оның бір сәттік контактілері *КТ.1* ажыратылып *KL1* аралық реледен қоректі шешеді, ол тежеліп, 0,5 с-тен соң *KL2* реле шығыршақ тізбегін тұйықтайды. *KL2* релесі бірінші кезектің тұтынушыларын өшіруді жүзеге асырады. Ол өз *KL2.3* контактілерімен *KF* релесінің жиілік бойынша барынша төмен тағайындамада қайта бапталуын қамтамасыз етеді. Қайта бапталғаннан соң *KF* релесі бастапқы қалыпқа қайтады. Жиілікті одан әрі төмендету кезінде *KF* релесі қайта іске қосылып, *КТ* релесі шығыршағына қоректі беруді қайта қамтамасыз етеді, ол уақыт тежелуімен *КТ.2* өз контактілерін *KL3* релесінің іске қосылу тізбегінде тұйықтайды. Соңғысы екінші кезекті тұтынушылардың өшірілуін жүзеге асырады.

Қарастырылған жиілік релесінің тағайындамаларын өзгерту принципі кезектің үлкен саны үшін де пайдаланыла алады.

11.4-суретте ЖАҚҚ-мен АЖБ бір кезегінің принципиялды схемасы берілген. *KF* жиілік релесінің жиіліктің берілген төмендеуі кезінде іске қосылуын *КТ1* уақыт релесінің іске қосылуын қамтамасыз етеді. Бұл реле өзінің *КТ1.1* тұйықтайтын контактісімен *KL1* аралық релесін іске қосады.



11.2 сурет. АҚҚ әрекетіне тыйым салған АЖБ схемасы

Уақыт тежелуімен тұйықталатын сырғымалы контактілер *KT2.1* тұтынушылардың қайта қосылуын тудыратын *KL3* релесінің шығыршағының қоректендірілуін қамтамасыз етеді. *KL3* релесі *KL3.2* контактілерінің тұйықталуының арқасында өздігімен ұсталады. *KT2.2* тірек контактілері *KT2.1* контактілеріне қарағанда 1...2 с-тан көп уақыт тежелісімен схеманы бастапқы қалыпқа қайтарады да, *KL2* релесінің орамын тұйықтайды.

SX1 және *SX2* қаптамаларын пайдаланып, схеманы тек АЖБ немесе АЖБ және ЖАҚҚ-ға баптауға болады.

Бақылау сұрақтары

1. Белсенді және реактивті қуаттылықтың жетіспеушілігі несімен қауіпті?
2. АЖБ дегеніміз не?
3. ИВЧ-011 релесі қалай құрылған?
4. ЖАҚҚ мәні неде?
5. АЖБ құрылғыларына қандай қабылдағыштар жалғанбайды?
6. Қандай құбылысты жүктеменің реттеуші әсері деп атайды?

12 тарау

Сөндіргіштер істен шыққан кезде қолданылатын резервтік құрылғылар

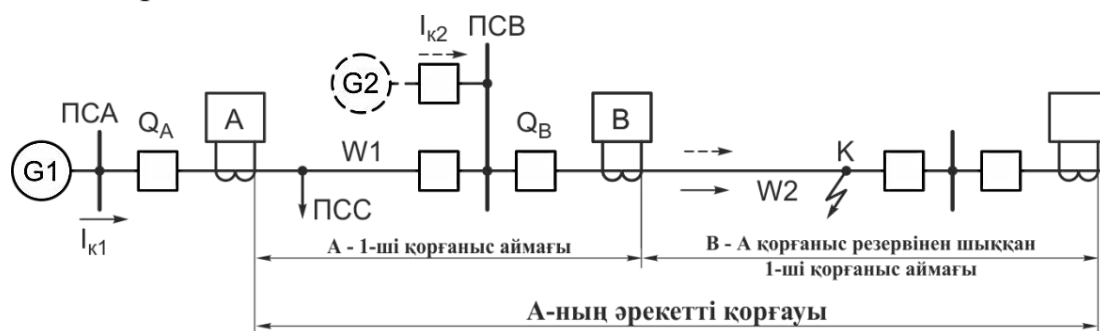
12.1. Резервтеудің қолданылуы және әдістері

Электр энергетикалық жүйелерді пайдалану тәжірибесі, РЗ және сөндіргіш әрекетінің істен шығуы орнын көрсетеді. Осындай сәтсіздіктерді ескеру қажет, себебі кез-келген жойылмаған ақаулық нәтижесінде, тек қана нақты электрлік КЗ жабдықтардың ғана емес, сондай-ақ толығымен қосалқы станцияның бұзылуына әкелуі мүмкін.

Резервтеудің екі әдісі қолданылады:

- қашықтық, көрші электронды объектілерге орнатылатын, РЗ және сөндіргішпен жүзеге асырылатын араласа аудандар;
- жақындау, РЗ және сөндіргіш арқылы орындалатын қысқа тұйықталу және ақаулы элемент (сөндіргіш немесе РЗ) орналасқан сол қосалқы станцияда орнатылған сөндіргіштер.

12.1 сурет. РЗ немесе сөндіргіш жұмыстарында қашықтық резервтеудің істен шығу қағидасын көрсетеді. РЗ іргелес аумағы әрекет ететін аймаққа өзінің ғана емес, сонымен қатар өзінен кейінгі аумақтарда кіреді. В учаскесінің ВЗ немесе QВ сөндіргіші істен шыққан жағдайда, көрші А аумағының келесі РЗ бөлімі іске қосылады және ақаулық орын алған ҚТ аумағы QА сөндіргішімен болған бөлімнен ажыратылады.



12.1 сурет. Ажыратқыштар немесе РЗ кейінгі қорғаныс арқылы жұмыс істемей қалған жағдайда ұзақ уақытты резервтеу принципін түсіндіретін сызба

Егер желі дифференциалды немесе жоғары жиілікті РЗ арқылы қорғалған болса, онда резервтегі қосымша (резервтік) РЗ резервтік көшірме ретінде пайдаланылады, ол келесі аумақтағы ҚТ ақаулықта жұмыс істей алады. Сол резервтік РЗ негізгі РЗ өзінің аумағының істен шығуы кезінде әрекет етеді.

Әдетте резервтік РЗ ретінде ҚТ ның жерге қарай, және МТЗ немесе фазааралық аумақтарда дифференциалды қорғанысты ажырату үшін нөлдік кезектендірілген МТЗ қолданылады.

Ұзын ауқымды резервтеудің басты артықшылығы оның жоғарғы сенімділігі болып табылады, себебі резервтелетін (В) және резервтеуші(А) РЗ және сөндіргіштер әртүрлі станцияларда орналасқан, резервтелетін станцияның ақаулығы резервтеуше құрылғының жұмысына әсер ету ықтималдығы нөлге тең.

Қосарланған және ауыр жүктелген желілермен күрделі желілерде параллель тармақтар мен қуатты көздерінің қатысуымен (мысалы, 12.1-суреттегі G2 көзінен) резерв РЗ (А-12.1-суретте) нөлдік дәйектілік артық ток болса да жеткілікті сезімтал немесе дифференциалды қорғау болмайды. Сонымен қатар, алыс қашықтыққа резервтік станцияларға арналған тармақтармен желілерге қосылған қосалқы станциялар қуатын жоғалтады. Бұл кемшіліктер ұзақ мерзімді резервтерді пайдалануды шектейді.

Ұзақ мерзімді резервтеудің тағы бір кемшілігі селективті жағдаймен анықталған резервтік қорғаныстың ұзақ әрекет етуі болып табылады. Кейбір жағдайларда, ақаулық болған секцияны өшірудің жалпы уақыты бірнеше секунд болуы мүмкін.

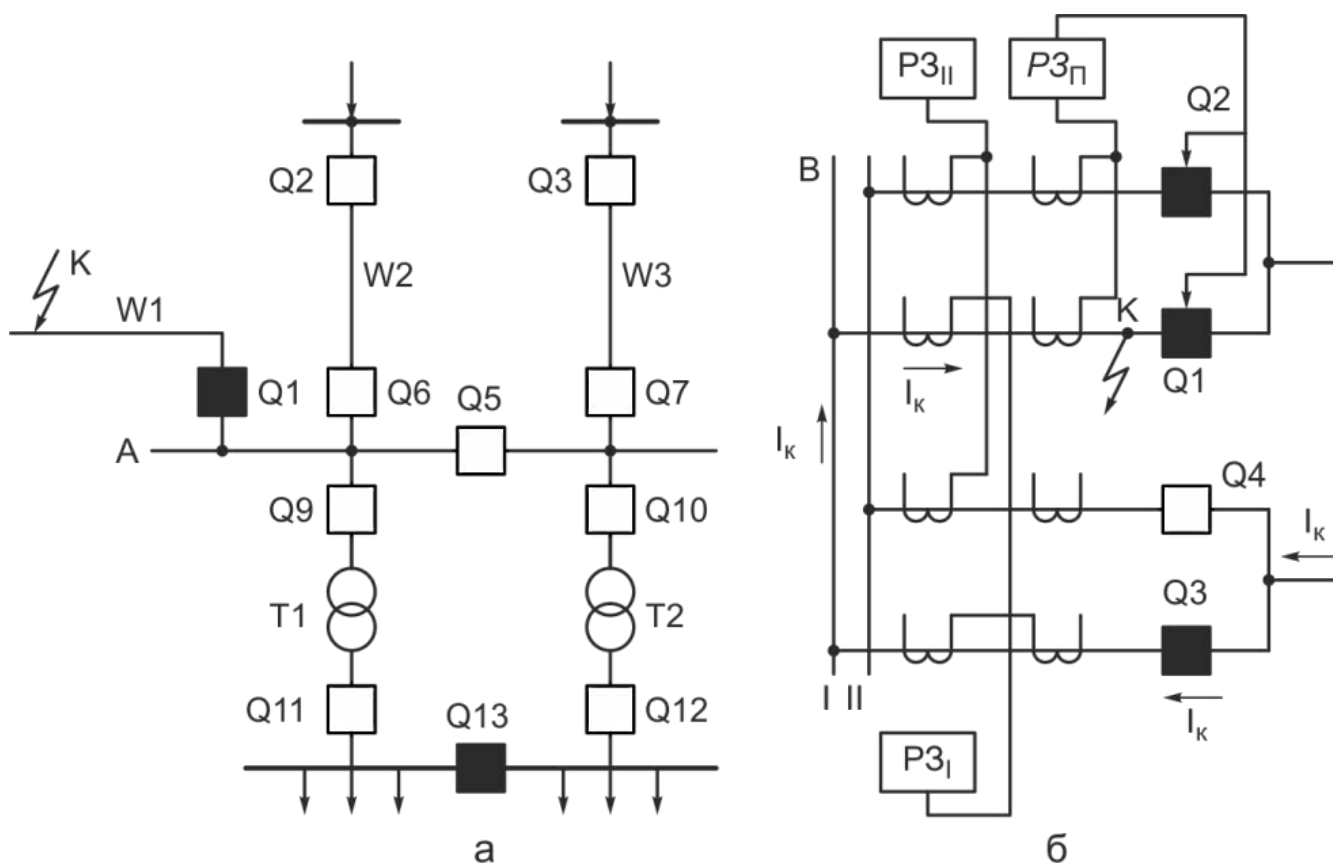
Ақаулық немесе ажыратқыш сәтсіз болған кезде қысқа мерзімді резервтеу әр түрлі құралдармен жүзеге асырылады. Бұл жағдайда әрбір жолда орнатылған негізгі және резервтік РЗ-лар өзара бір-бірін резервтейді. Жақын аралық резервтегі сенімділікті арттыратын негізгі шарт - бір жолға (немесе бір қосылуда) орнатылған негізгі және резервтік РР тәуелсіздігі. Ол үшін тәуелсіз өлшеу және пайдалану схемалары, сондай-ақ тәуелсіз қуат көздері болуы керек. Сонымен қатар, олар әртүрлі электрлік мөлшерде әрекет ететін әр түрлі әрекет принципіне ие болуы керек.

Осы жағдайлардың орындалуы жалпы себептерге байланысты РЗ-лердің бір мезгілде істен шығу мүмкіндігін жоққа шығарады. Осы шарттарды іске асыру үшін негізгі және резервтік РЗ-ны әртүрлі ТТ-ға немесе сол ТТ-ның әртүрлі қайталама орамаларына қосу керек, екі ВТ ны, екі батареялық және т.б. қолдану керек.

Энергетикалық жүйедегі апаттардың болуы мүмкін түрлерінің бірі - электр қуатын сөндіргіштің істен шығуы, оның қысқа тұйықталу кезінде өзіндік контактілерін қалқанмен жабдықталған өшіру сигналы арқылы ашу мүмкін

болмауы. Бұл электр сөндіргішті басқарудың электр бөлігінің немесе механикалық ақаулықтардың салдарынан болуы мүмкін. Бұл жағдайда қосылыс командасынан кейін ҚТ ақаулық тогы ағып кетеді. Қуат көздерінен ақаулардың орнын оқшаулау керек, бұл жақын арадағы объектілердің басқа сөндіргіштерін пайдаланып, мүмкіндігінше жылдам өшірілуі керек. Басқа сөндіргіштерді ажырату туралы бұйрық сөндіргіш ақаулығын резервтеу құрылғысы (САРҚ) жинағына кіретін ажыратқыштың істен шығуына байланысты резервтік құрылғы арқылы жасалады.

САРҚ қысқа резервтеу жүйесіне кіреді. Олар істен шыққан РЗ сөндіргішті іске қосады және осы қосалқы станцияның (электр станциясын) қысқа тұйықталу тогы ақаулық орынға жақындаған барлық сөндіргіштерді ажырату–істен шыққан сөндіргіш элемент арқылы әрекет етеді. Мысалы, W1 желісіндегі Q1 сөндіргішінің ақаулығы кезінде (12.2 сурет), САРҚ Q5, Q6 және Q9 сөндіргіштерін өшіреді, осылайша электр жүйесінің бұзылған бөлігінен бұзылмаған бөлігін ажыратады.



12.2 сурет. САРҚ әрекет еті қағидасын түсіндертін сызба

Нәтижесінде, А қосалқы станциясының тек бір учаскесі кернеусіз қалады. Сол жағдайда, ұзақ мерзімді резервтеу үшін Q2, Q3 сөндіргіштері резервтік РЗ әрекетімен ажыратылады, нәтижесінде А қосалқы станциясының қуаты толығымен бұзылады.

Қысқа мерзімді резервтеу зақымдалған учаскелерді жылдам және селективті ажыратуды, сондай-ақ іске қосу құрылғыларының қажетті сезімталдығын қамтамасыз етеді.

Ажыратқышты өшіру кезінде сөндіргіштер істен шыққан жағдайда резервтік қоректендіруден басқа, трансмиссиялықтар тек қосқыштың бір жағында ғана орнатылса (12.2, б), ажыратқыштың және оның ТТ САРҚ қамтамасыз етеді. Мысалы, осы бөліктегі (К нүктесі) ақаулар болған жағдайда, РЗ бұзылған қосылысты қорғау Q1 автоматты ажыратқышын ажыратуға әрекет етсе де, қосалқы В станцияның бүлінген аумағын бөле алмайды. Бұл қосалқы станцияның шиналарын қорғау РЗj және РЗп жұмыс істемейді, себебі К нүктесі олардың қолданылу аймағынан тыс.САРҚ арқылы зақымдалған қосылғыштарды сөндіруге болады және ҚТ тогы арқылы жүретін ұстамдығы онша үлкен емес барлық сөндіргіштерді ажыратуға септігін тигізеді.. Осылайша, I шиналар зақымдалған секциядан бөлінеді (олар Q1 және Q3 сөндіргіштерімен өшіріледі).

12.2. САРҚ тізбегі және әрекет ету қағидасы

САРҚ іске қосылған кезде қосалқы станцияның немесе электр станциясының бір бөлігінің немесе шиналар жүйесінің барлық қосылыстарын ажыратады. Демек, САРҚ ның дұрыс істемеуі энергия жүйесі үшін қосалқы станцияның немесе электр станциясының жұмысын ішінара немесе жартылай бұзуға әкелуі мүмкін.

12.3 суретте САРҚ тізбектерінің бірінің жұмысы келесідей көрсетілген. Ажыратқыштың істен шығуы сөндіргішті өшіруден кейін қысқа уақыттан кейін тоқтың болуы немесе егер осы команданың соңында қосалқы контактілерінің күйінде өзгеріс болмау фактісімен анықталады. Сурет. 12.3 САРҚ- тың К нүктесінде А шиналарына Q1 сөндіргішпен және осы сөндіргіштің кейінгі істен шығуымен байланыстырылған сызықта анықтайды.

САРҚ қажетті функцияларының бірі автоматты ажыратқыштың күйін бақылау (қосу немесе өшіру). Бұл басқару ток (элемент 1>) немесе сөндіргіштің SQ1 қосалқы байланыстары арқылы жүзеге асырылады. САРҚ әрекеті ҚТ-да орындалады,сөндіргіш тогын жиі оқшауланған (өтемдік) бейтараптылықпен және ағыммен байланысты емес ақаулармен желідегі жерге тұйықталуды қоспағанда, ток тарауымен байланысты болмауы мүмкін.

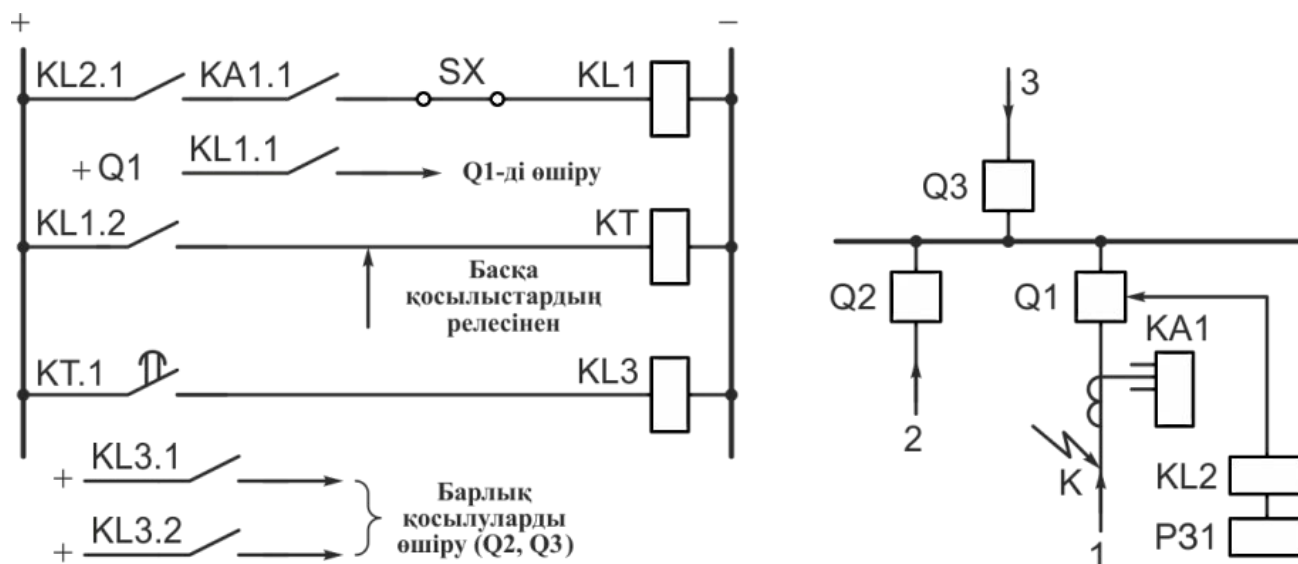
Осы екінші ІО тізбекті іске қосу үшін қысқа тұйықталу тогының болуын бақылайтын RT-40 / Р үш фазалы ток релесі қосылады. Егер желі немесе трансформатор екі немесе одан да көп сөндіргіштер арқылы қосылған болса, онда ағымдағы бақылау релесі әрбір сөндіргішті тізбеге ауыстырады.

Пайдалануда жұмыс істеу сенімділігін қамтамасыз ету және ажыратқыштың істен шығуының бұзылуына жол бермеу жолында айырмашылығы бар САРҚ - тың екі схемасы қолданылады:

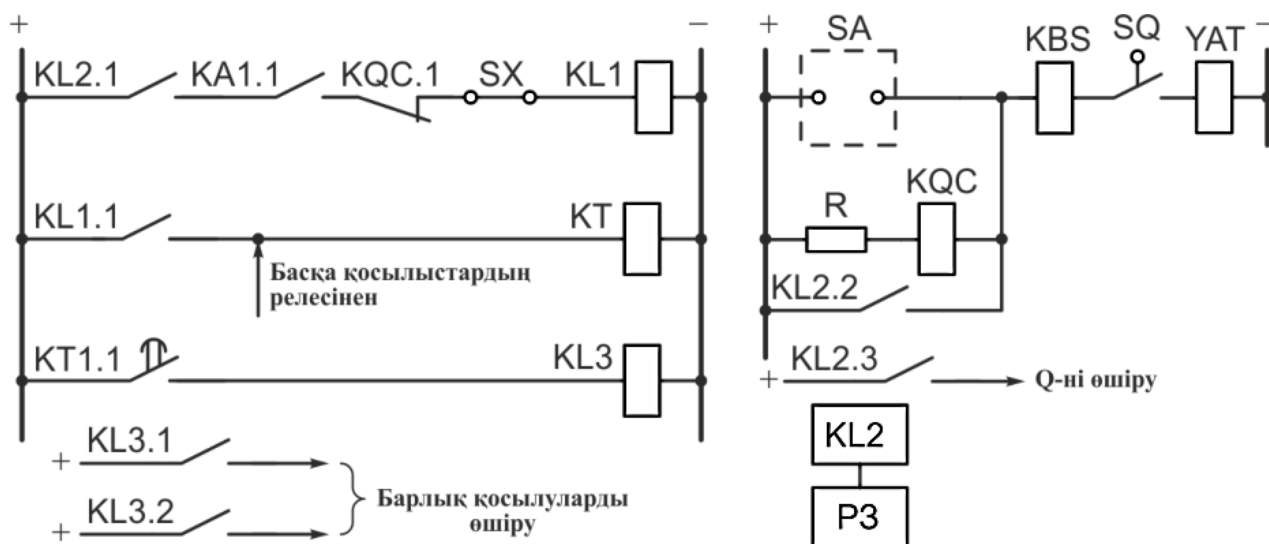
- сөндіргішті автоматты түрде тексеру мүмкіндігі бар тізбек (12.4-сурет);
- «Қосу» позициясының релесі арқылы қорғаныспен артық жұмыс істейтін тізбек (12.5-сурет).

Бірінші типтік схемада (12.4-суретті қараңыз), 1-схемада қысқа тұйықталу тогының болуына қосымша бақылау ағымдағы ток реле КА1 арқылы жүзеге асырылады. Екінші команда бақыланатын автоматты ажыратқышты Q1 өшіру үшін KL1.1 релесі KL1 контактілері арқылы іске қосылады, ол KL2.1 контактілері тиісті қосылыстың Р31 қорғауының аралық релесінің KL2.1 белсендірілген кезде іске қосылады (1-тізбек).

Бұл схема KL2.1 контактілерінің кездейсоқ жабылған кезде САРҚ істен шығуының бұзылуының жалған сигналын жояды. Бұл байланыстар кездейсоқ жабық деп есептейік (Q1 сөндіргіші жұмыс істеп тұрғанда, КА1 релесінің байланыстары жабық).



12.4 сурет. САРҚ –тың токты қосымша бақылаудағы қағидалы сызбасы



12.5 сурет. САРҚ –тың релені қолданудағы қағидалы сызбасы

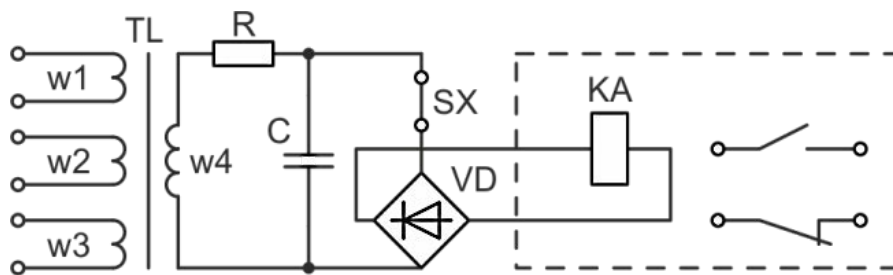
КТ релелік орамасының қуат сұлбасын жабатын KL1.2. KL1.1 контактілері арқылы Q1 сөндіргішін өшіру үшін команда беріледі. Q1 ажыратылғаннан кейін және оның тізбегінде тоқты жоғалтқаннан кейін, KA1 контактілері өшіріледі, нәтижесінде KL1 релесінің күші жоғалады, бұл САРҚ - тың (сөндіргіш ақау резервтерінің құрылғысы) жалған іске қосылуының алдын алады .

Бұл схема келесі жағдайларда қолданылады, САРҚ –тың қосылысы жалған сөнуі кезінде, қандайда кез-келген қосылыстардың біреуінің бұзылуына алып келмегенде және бұл қосылыстың АТҚ сы тоқтатылуы мүмкін.. Қарастырылған жағдайда, (АТҚ) автоматты түрде қайта қосу Q1 сөндіргішті қайтадан қосады.

САРҚ – тың екінші тізбегінде (12.5-суретті қараңыз), Q ажыратқышының (KA1 релесі) тізбегіндегі тоқтың болуын бақылауға болады. КТ уақыт релесі үш реле KL2.1, KA1.1 және KQC.1 байланыстарымен жабылатын тізбек арқылы іске қосылады. КОС позиционның релесі «Қосылды» КОС контактілері осы реле орамасының KL2.2 контактілері бойынша шағылысқан кезде жабылады. Бұл Р3 әрекеті нәтижесінде YAT катушкаларына қуат берілгенде орын алады.

Суреттегі схемаларда. 12.4 және 12.5 әр қосылымда Р3 схемасындағы ажыратқыштың істен шығуының бұзылуын болдырмау үшін SX төсемдері (ажыратқыштың істен шығу схемасында) бар. Бұл қабырғалар ақаулықтың әрекет етуін тексергенде немесе САРҚ тізбегін ашуға мүмкіндік береді.

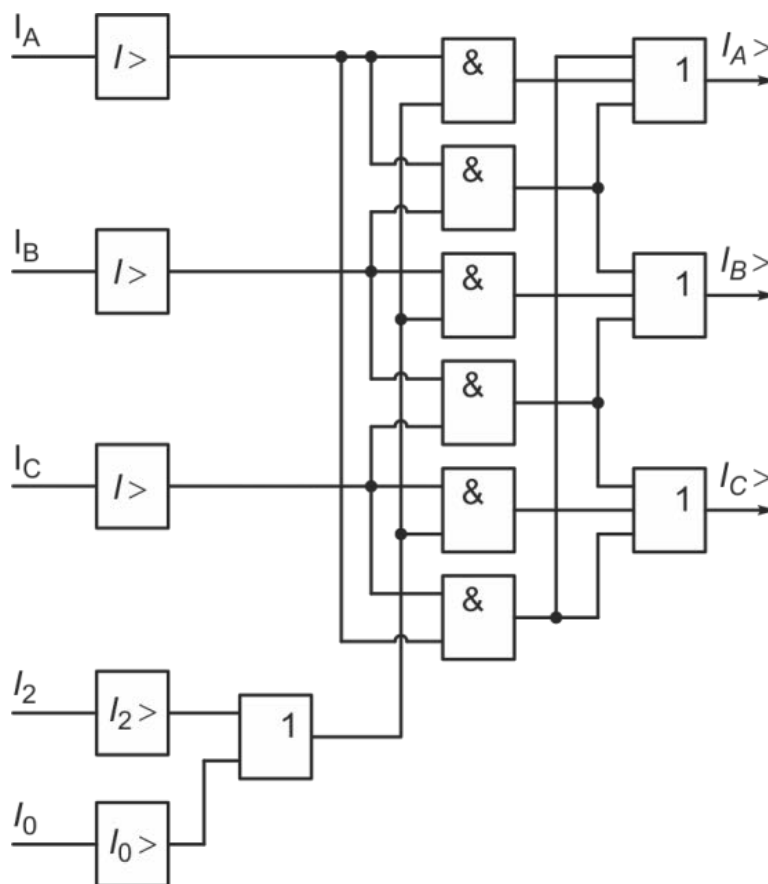
Қарастырылған схемаларға сәйкес орындалатын (12.4, 12.5-суреттерді қараңыз) САРҚ басталуы кезінде қысқа тұйықталудың тоққа қосылмаған ауданының болуын бақылау үшін әрбір фазада токтардың үш фазада (немесе екі фазада және бейтарап сым) бақылау керек. Осы мақсатта, жоғарыда айтылғандай, әдеттегі САРҚ схемаларында W1, w2, w3 бастапқы орамалары бар аралық-трансформаторлық ТL-мен және W4-ке қайтатын орамасы бар РТ-40 / Р арнайы фазалы реле қолданылады (12.6-сурет)



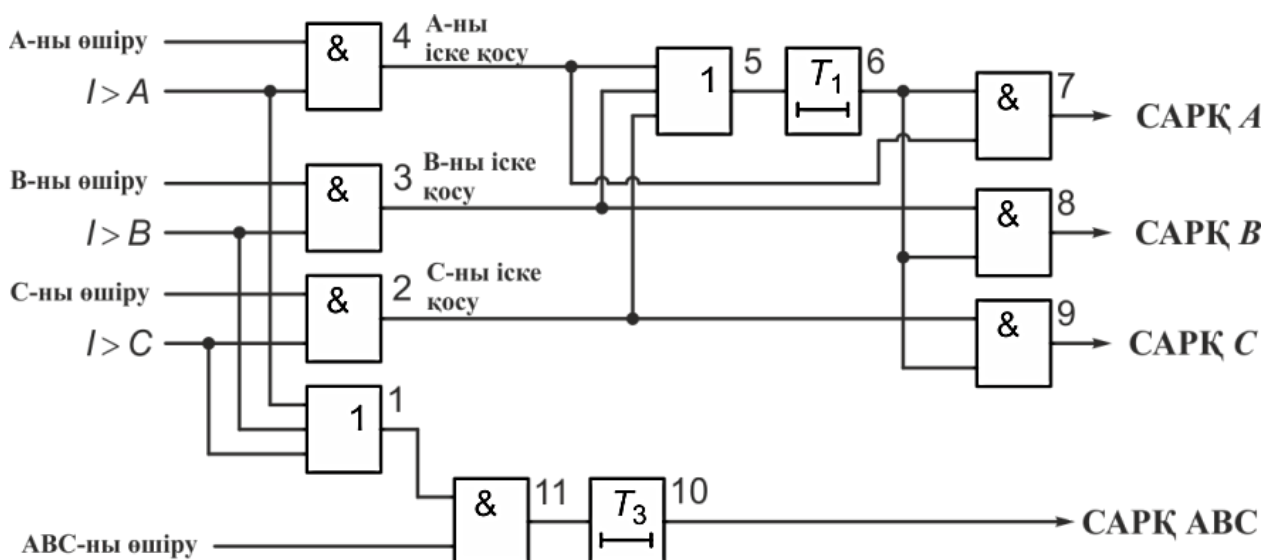
12.6 сурет. Үш орамалы тоқты реленің сызбасы

VD түзеткіші арқылы екінші орамаға RT-40 типті реле болып табылатын КА жетегі қосылған. Түзеткіштерді синусоидалы емес артық кернеулерден қорғау үшін C конденсаторы мен резистор R орнатылды w2 және w3 бастапқы орамдары W1-ге қарағанда жартысынан көбіне ие. Бастапқы орамдардың кез-келген бұрылыстарының белгілі бір дәрежеде олардың айналымының кез-келген нүктесі, қысқа тұйықталудың ықтимал нысаны үшін электр сөндіргіштегі тоқтың болуын бақылауды қамтамасыз етеді.

Әр қосқыш үшін ажыратқыштың істен шығуының сенімділігін арттыру үшін RT-40 / R екі ток релесі қолданылады. Олардың байланыстары бірқатар сериялармен байланысты.



12.7 сурет. Жеке ток ағымдарын бақылау сенімділігінің сызбасы



12.8 сурет. Фазалық басқарушы сөндіргіш үшін САРҚ-тың қысқартылған сызбасы:
1, 5 - логикалық элементтер НЕМЕСЕ; 2 ... 4, 7 ... 9, 11 - ЖӘНЕ логикалық
элементтері; 6, 10 – уақытша кешіктіру элементтері

Өткізу үшін жалған сигналдардың пайда болуы немесе сөндіргіш күйі де ажыратқыштың істен шығуының қорғалуына әкелуі мүмкін. Осыған орай, сөндіргіш сәтсіздік қорғанысының іске қосу сигналдарының сенімділігін бақылау үшін арнайы шаралар қабылдау қажет.

Суретте. 12.7 Сақтандырғыштың жеке фазаларының күйін бақылау тізбегінің нұсқаларының біріб фазалық бақылаумен сөндіргіштер үшін фазалық ажыратқышты қорғауды қолдану кезінде көрсетіледі. Коммутатордың А, В, С фазаларының жай-күйін сипаттайтын сигналдар I_A , I_B , I_C екі жағдай орындалған кезде ғана пайда болады: 1) $I >$; мәнінің тиісті фазасындағы ток артықтығы; 2) I_2 немесе I_0 құрамдас бөліктерінің симметриялық емес зақымдануы. Симметриялық (үш фазалық) зақым үшін қосымша критерий - басқа фазаның ағымдағы ток $I >$ мәнінің асып кетуі.

Фазалық басқарушы сөндіргіш үшін САРҚ-тың қысқартылған сызбасы 12.8.суретте Элементтер НЕМЕСЕ 2 ... 4 ажыратқыштың тиісті фазасы (мысалы, 12.7-суретте келтірілген тізбектің негізінде) және тиісті фазаның қорғау сигналын қалыптастыру арқылы (мысалы «Сөндіргіш А»).САРҚ тың кез келген фазасын қосу кезінде, НЕМЕСЕ 5 элементі бір фазалы өшіру үшін САРҚ қорғау элементінің T_1 кешігу элементінің тоқтауын қамтамасыз етеді. Қорғаныс ажыратылған кезде, үш фазалы «Сөндіру ABC» өшіру пәрмені ток сөндіргішінің өшіру элементінің T_3 элементін үш фазалық өшіру үшін іске қосады, егер ағым ток сөндіргіштің кемінде бір фазасында анықталса (1 және 11 элементінтерінен сигнал қабылданады).

12.3 САРҚ параметрлерін таңдау

Сөндіргішті қалыпты ажырату кезінде, САРҚ әркетінен сақтау үшін кезінде келесі параметрлерді уақытында таңдау керек:

$$t_{\text{САРҚ}} = t_{\text{с.ө.}} + t_{\text{р.қ.қ.}} + t_{\text{у.р.қ.}} + t_{\text{у.р.}} ,$$

мұндағы $t_{\text{САРҚ}}$ – сөндіргішті өшіру уақыты; $t_{\text{с.ө.}}$ - себет. РЗ - қайтару үшін қажет уақыт РЗ; $t_{\text{р.қ.қ.}}$ - ажыратқыштың істен шығуын тоқтату уақыты; $t_{\text{у.р.қ.}}$ - РУ - акцияны жеделдету бағытындағы ажыратқыштың істен шығу релесінің қателік уақыты; $t_{\text{у.р.}}$ - уақыттық резерві.

САРҚ кешігу уақыты 0,3 ... 0,5 секундқа созылады.

Ажыратқышты бұзуды болдырмау кезінде іргелес қосалқы станциялардағы РЗ-нің әрекетіне жол бермеу үшін, осы қосалқы станциялардың РЗ релелік кезеңдерінде уақытша кідірістерді таңдау қажет, бұл сөндіргіш ақауларын қорғауды ескереді. Бұл қосалқы станциялардың резервтік РЗ уақытша кідірісін $\Delta t = t_{\text{уро}}$ арқылы көбейтеді.

Ағымдағы реледегі параметрлер осы қосқыштың қысқа тұйықталу кезіндегі қысқа тұйықталу жағдайында сенімді релелерді ескере отырып, сондай-ақ реле ҚТ өшіргеннен кейін жүктеме токтарының қайтарылуын ескере отырып таңдалады. Релелік орамды аздаған бұрылыспен орап қойғанда, орнатылған нүкте 1 А-ге тең болады; Көптеген орамаларды орау кезінде - 0,5 А ке.

Бақылау сұрақтары

1. Ұзақ мерзімді резервтеу немен қорытындыланады?
2. САРҚ-ның мақсаты қандай?
3. САРҚ қалай жұмыс істейді?
4. САРҚ құрамына іске қосу органы не үшін кіреді?
5. САРҚ параметрлерін таңдау қалай жүзеге асырылады?

13 тарау

Апатқа қарсы автоматика

13.1. Апатқа қарсы автоматика құрылғыларының мақсаты мен түрлері

Қуат жүйесіндегі АВР, АПВ, АЧР құрылғыларын пайдалану оның жұмысының сенімділігін айтарлықтай арттырады. Алайда, күшті энергия жүйелерінде және олардың бірлестіктерінде (БЭЖ) қалыпты жұмыс режимдеріндегі бұзылулар орын алуы мүмкін, бұл осы аппараттардың көмегімен жойылмайтын төтенше үрдістердің қарқынды дамуына алып келуі мүмкін. Мұндай үрдістер электр беру желісіндегі белсенді қуаттың қауіпті жобаларын, электр желілерін өшіру кезінде тұрақтылықты бұзуды, қауіпті кернеуді арттыруды, асинхронды операцияларды және басқа да бірқатар режимдерді қамтиды. Мұндай жағдайларда қалыпты режимді бұзудың алдын-алу, оқшаулау және визуализациялау апатқа қарсы автоматика құрылғылары деп аталатын арнайы автоматты құрылғыларға жүктеледі (АҚА).

АҚА құрылғыларының негізгі түрлері:

- тұрақтылықтың бұзылуын автоматты түрде алдын-алу үшін құрылғылар (ТБАА). ТБАА құрылғылары қауіпті жүктемелердің немесе қуат шығындарының пайда болуын, электр беру желілерінің кенеттен ажыратылуын, тұрақтылықтың бұзылуына қатер төндірмейтін толық емес фазалардың режимдерін анықтайды және электр беру желілерінің және басқа да қажетті операциялардың жылдам кетуін анықтайды;
- асинхронды режимді автоматты түрде жоюға арналған құрылғылар (АРАЖ). АРАЖ құрылғылары асинхронды режимнің пайда болу сәтін анықтайды және энергия жүйелерін қайта синхрондауды қоса алғанда әртүрлі жолмен оны тоқтату жөнінде шаралар қабылдайды;
- жиілікті автоматты түрде шектеу үшін құрылғылар (ЖАШ). ЖАШ құрылғылары жиіліктің қауіпті ұлғаюын анықтап, тиісті сапарларды жүргізеді;
- асқын кернеуді автоматты шектеу құрылғылары (АКАШ). АКАШ құрылғылары белгілі бір мәндерге кернеудің жоғарылауын анықтайды және жүйеде қажетті ауысуды береді.

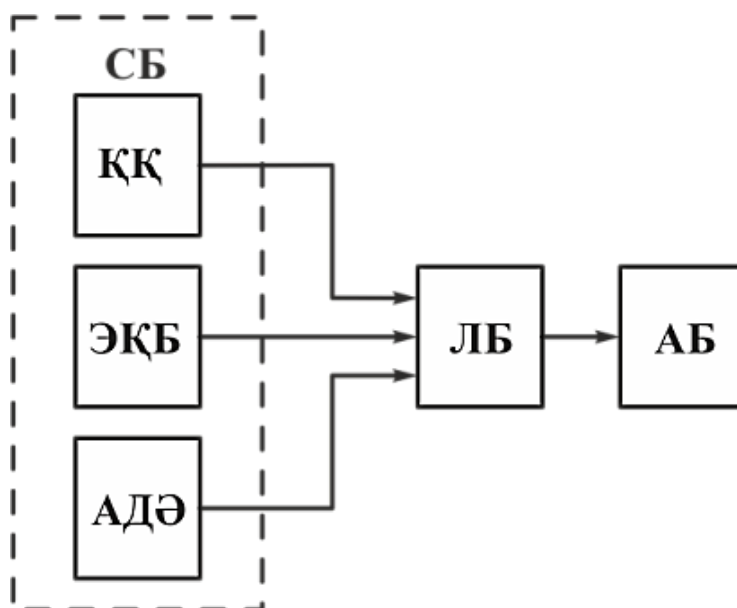
13.2. Апатқа қарсы автоматика құралдарын орындау қағидалары

Энергетикалық жүйе электр схемасы, жабдықтың құрамы, сондай-ақ электр беру желілері, ток қуаты, кернеу деңгейлері және басқа параметрлер бойынша қуат ағынымен сипатталады.

АҚА құрылғылары бұл параметрлерді үнемі қадағалап отырады, қалыпты тәртіптен қауіпті ауытқу сәттерін анықтайды немесе оны кенеттен бұзады және басқару объектілеріне тиісті әсерлерді әзірлейді.

АҚА құрылғыларының жалпы құрылымы суртет. 13.1. көрсетілген. АҚА құрылғылары әдетте сәйкестендіру (СБ), логикалық (ЛБ) және атқарушы (АБ) бөліктерден тұрады.

Сәйкестендіру бөлікке қосу қондырғылары (ҚҚ), электр қуатын басқару қондырғылары (ЭҚБ) және автоматикалық дозаға әсер ету беру бірліктері (АДӘ) кіреді. СБ-де шығарылған сигналдар ЛБ-ге беріледі. ЛБ-ге кіретін логикалық элементтер, СБ сигналдарының реттілігін, ұзақтығын және қарқындылығын салыстырады, әсер ету түрлерін таңдап, тиісті тізбектерді дайындайды. Атқарушы бөлік органдардан немесе басқару аппаратынан тұрады, оның көмегімен белгілі бір әсерлері шығарылады (жүктің бір бөлігін бөлу, турбиналарды кезекпен қуатын шектеу және т.б.).



13.1 сурет. Апатқа қарсы автоматика құрылғысының жалпы құрылымы

13.3. Апатқа қарсы автоматика құрылғыларына қойылатын, негізгі техникалық талаптар

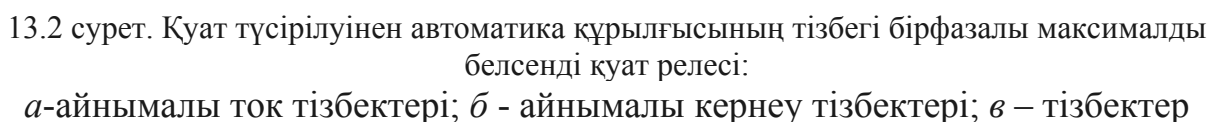
АҚА құрылғылары келесі негізгі техникалық талаптарға сай болуы керек:

- *жылдам әсер ету*. Бұл талап динамикалық тұрақтылықтың бұзылуына жол бермеуге арналған АҚА құрылғылары үшін негізгі болып табылады;
- *селективті*. АҚА құрылғылары бойынша бұл талап құрылғының қалыпты жұмыс режимін бұзуды ең тиімді локализациялауды қамтамасыз ететін объектілерді, типтерді және ең аз қажетті әрекеттер көлемін таңдау мүмкіндігін білдіреді;
- *сезімталдығы*. Бұл талап функцияналдық органға АҚА –ға жатқызылады және олар есептелген әрекеттерге қабілеті мақұлданады;
- *сенімділік*. АҚА құрылғысы жұмыстың қалыпты кезінде кері қайтармай әрекет етуі және жалған әрекет жасамауы тиіс. Бұл талаптың орындалуы АҚА-ның бөлігі болып табылатын жабдықтардың, құрылғылардың және элементтердің сенімділігі, ең осал бөліктерді автоматты түрде басқару, сондай-ақ жоғары деңгейдегі жұмыс жасаудың тамаша сұлбалары арқылы қамтамасыз етіледі

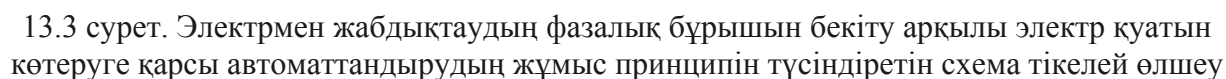
13.4. Апатқа қарсы автоматика құрылғысы сұлбаларының мысалдары

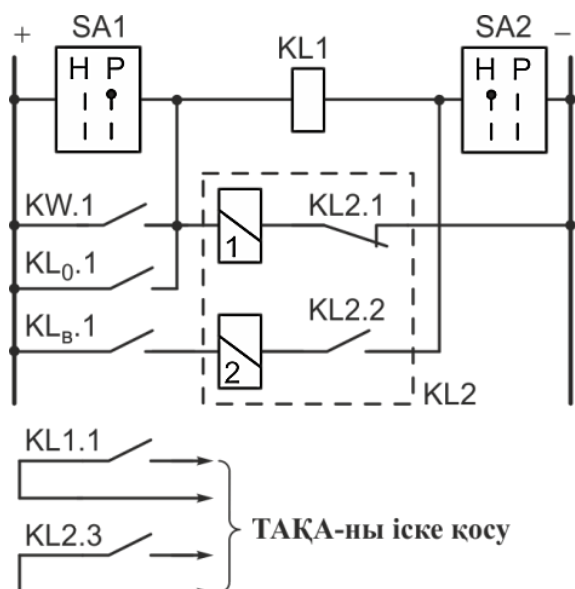
13.2 Суретте бір фазалық максималды белсенді қуат релесі бар қуат көзінен (МБҚ) автоматтандыру құрылғысының сызбасы көрсетілген. Фазалы ток пен кернеуге қосылатын бір фазалы KW қуат релесі симметриялық қысқа тұйықталу жағдайында өшуі мүмкін. Жалған АҚА әрекетіне кедергі жасау үшін, ZV теріс тізбектік кернеу сүзгісіне қосылған KV кернеу релесі және KA0 қалдық ток релесі асимметриялық қысқа тұйықталу әсерінен АҚА-ны іске қосу және шығару үшін пайдаланылады.

Сурет. 13.3 фазалық 8 бұрышын тікелей өлшеу арқылы бекіту, қуаттың құлдырауынан автоматтандыру жұмысының принципін түсіндіреді. Схеманың басты элементі - C1 энергиясын беру жүйесі орнатылған ФКӨ (фазалық кернеудің әр түрлілігі) кернеуінің фазалық айырмашылығының релесі. C1 және C2 қуат жүйелерін қосатын қуат сызығының басында U кернеуіне пропорционалды сигнал TH1 TV1-ден тікелей релеге жіберіледі.

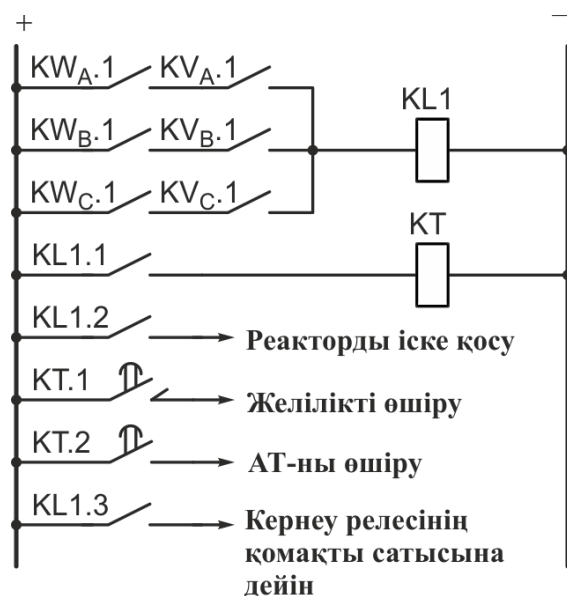


Суретте. 13.4 сөндіргіштер жағдайынан электр желісі ажыратылған кезде АҚА құрылғысын іске қосу үшін типтік схема көрсетілген. АҚА құрылғыларын іске қосу KW.1 және KL00.1 релелік KW және KL0 байланыстарын жабу арқылы жүзеге асырылады. Контурдың сенімді жұмыс істеуі үшін KL1 әдеттегі аралық реле (RP-222) қосымша позиция бекіту арқылы аралық реле KL2 орнатылды.





13.4. сурет. Қуат желілерін қосқыштар жағдайында өшіру кезінде ТАҚА құрылғысын іске қосудың типтік схемасы.



13.5. сурет. Басқару бағытымен және реактивті қуаттылықтағы сызықпен АКЖШ құрылғының схемасы.

KL2.1 және KL2.2 тиісінше байланыстары бар сериялы 1 және 2 орамдары бар. Коммутатор жұмыс істегенде, KL2 релесі ұзақ уақыт бойы осы қалыпта қалады. KLS релесінің KL^1 контактілерінен ажыратқыш қосылғанда, реле автоматты түрде бастапқы орнына қайтарылады

Сөндіргіш қосқыштары ажыратылған болса, іске қосу сигналы алынып тасталады. Схема SA1 арнайы ажыратқышымен KL00.1 маневрлік байланыстардың қолмен жұмысын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, егер SA2 пернесі Н (Р) қалыпты жағдайынан Р (жөндеу) позициясына ауыстырылса, контактілері KL2 релесінің екінші орамасын теріс шинамен ажыратады, бұл реле бастапқы орнын қалпына келтіруге кедергі келтіреді.

Схема шиналар мен желілік айырғыш ажыратқыштар өшірілгенде және қосулы болғанда SA қосқышын пайдалану туралы қызмет көрсету персоналына сигнал береді.

Схеманың жетіспеушілігі, ол керісінше жағынан өшіруден желіні бір жақты ажыратуды анықтамайды.

Белгіленген жоғары кернеулі электр жеткізу желісін (мысалы, 500 кВ) бір жақты өшіру кезінде сызықпен өндірілетін реактивті (сыйымдылық) қуат сызықтың ашық шетінде де, қосалқы станцияның шиналарында кернеудің айтарлықтай артуына әкелуі мүмкін екендігі белгілі.

Суретте. 13.5 - бағытты басқару және желінің реактивті қуаты бар АКАШ құрылғысының схемалық сызбасы. Бұл құрылғы қосалқы станцияларда, оның ұзындығы бірнеше ұзындыққа созылған шиналардан қолданылады, олардың әрқайсысы жоғары кернеу көзі бола алады.

Схемада фазалық ток пен кернеуге кіретін реактивті қуат релесі KW бар. Олар реактивтік қуаттың бағыты мен мәнін белгілейді, бұл автоматиканың Q реактивті қуаты қосалқы станцияның шиналарына бағытталған және белгілі бір мәнге ие болған желіні ғана өшіруге әрекет етуге мүмкіндік береді.

Қуат реактивті қуатының Ocv релесінің шығыс қуаты АКАШ құрылғысының сенімді жұмыс істеуінен бастап, кернеу соңынан кернеу ажыратылған кезде және АКАШ мәніне орнатылған кернеу болған кезде таңдалады:

$$Q_{c.p} = Q_{c.l} / k_q$$

мұнда k_q - сезімталдық коэффициенті ($k_q = 1,4 \dots 1,5$).

Кернеудегі желінің реактивтік (сыйымдылық) қуаты $U_{c.p}$,

$$Q_{c.l} = U_{c.p}^2 bl$$

мұндағы b - желінің сыйымдылықты өткізгіштігі, $1 / (\text{Ом} \cdot \text{км})$; l – сызықтың ұзындығы, км.

Арттырылған кернеудің мәні Xсист жүйесінің индуктивті XL қарсылығына және желілердің сыйымдылығы XC кедергісіне байланысты. Xсист кішірек, жүйе неғұрлым қуатты болса, кернеу желі бір жақты ажыратылған кезде төменірек болады. Электр станцияларында қосалқы станцияларда кернеудің айтарлықтай өсуі қауіпті. Сондықтан, оларды қашықтағы желілерде шектеу үшін, желінің сыйымдылық кедергісін немесе АКАШ құрылғысын өтеуге арналған., шунтталған реакторлар қойылады.

Бақылау сұрақтары

1. Энергетикалық жүйелерде апатқа қарсы автоматика құралдарының қандай түрлері пайдаланылады?
2. АҚА құрылғыларының жалпы құрылымы қандай?
3. АҚА құрылғылары қандай талаптарды қанағаттандыруы тиіс ?
4. Сызбадағы реактивті қуат релесінің мақсаты қандай - сурет. 13.5-те келтірілген ?

14 тарау

Қосалқы станцияларды дабыл жүйесімен және электр аппараттарымен басқарудың түрлері және қағидалары

14.1. Электр қондырғыларымен басқарудың жалпы қағидалары

Электр қондырғыларына қызмет көрсету мынадай қызмет түрлерін қамтиды:

1) жылу және электр энергиясын өндіру жоспары бойынша энергетикалық жабдықтардың жұмыс режимдерін реттеу, максималды үнемдеу кезінде электр энергиясының қажетті сапасын қамтамасыз ету;

2) негізгі және қосалқы жабдықтың жай-күйін бақылау және оның жұмысы кезінде қалыпты жағдайды қалпына келтіру;

3) қажеттіліктерге байланысты тез арада ауыстыру (жұмыс кестесіне сәйкес қосу-өшіру), сондай-ақ жөндеу жұмыстарын аяқтағаннан кейін жөндеуге немесе пайдалануға енгізу үшін жабдықтарды дайындау;

4) аппараттарды жою;

5) жоспарлы- алдын-алу жөндеу жұмыстарын жүргізу және жабдықты ауыстыру.

Қызметтің бірінші төрт тобы - жедел басқару қызметі, бесінші жөндеу қызметі.

Электр қондырғыларын жедел басқару үшін қажетті техникалық құралдар жиынтығы келесі құрылғыларды қамтиды:

- коммутациялық аппаратрмен басқару;
- реттеу;
- дабыл (жабдық жағдайында);
- өлшеулер (жабдықтың жұмыс режимінің негізгі көрсеткіштеріні).

Қолмен басқарылады (жедел қызметкерлерді орындайды) және автоматты құрылғылардың көмегімен. Электр станцияларында және қосалқы станцияларда әдетте басқарудың екі түрі де қолданылады.

Электр станцияларының электрлік бөліктеріндегі автоматты құрылғыларға мыналар жатады: жиілікті автоматты реттеу құрылғысы және генераторлардың қозғалысы, автоматты қайта қосу желілерінің аппараттары, өз қажеттіліктер

жүйесіндегі автоматты реттеу (АВР) энергиясын беру және т.б. Электр станцияларының көпшілігінде автоматтандырылған басқару жүйесі (АБЖ) енгізілді.

Негізгіден басқа (қуаттылық), бірінші деп аталатын, электр станцияларында қосалқы жабдық қолданылады. Бұл қорғаныс және автоматика релесімен бірге басқару жүйесімен жабдықтарды, аппараттарды, сымдар мен кабельдерді қамтиды. Сәйкес құрылғыны іске қосқан кезде, сондай-ақ құрылғылар мен аппараттардың қалыпты жұмыс істеуі үшін, ағымдағы көздер (3-тарауды қараңыз): батареялар, жеке қажеттіліктерге арналған желілер және т.б. қолданылатын ҚТ және автоматтандырудың операциялық тізбектерін беру. Әдетте, жеке қажеттіліктер желісінен жоғары қуатты тұтынушылар, мысалы, ажыратқыштарды қосу үшін электр магниттер жұмыс істейді. Егер тұрақты (түзетілген) ток қажет болса, электр желілерінде түзеткіш құрылғылар орнатылады.

14.2. Басқару түрлері

Басқару әртүрлі сипаттамаларға сәйкес жіктеледі. Мәселен, басқарылатын және басқарушы объектілер арасындағы қашықтықта басқару үш түрге бөлінеді:

- жергілікті;
- қашықтан басқару;
- телемеханика немесе қарапайым телебасқару.

Жергілікті басқару - басқарылатын объектіге, яғни басқарылатын объектіні орнату орнына, жүзеге асырылатын объектіні басқаруды білдіреді. Жергілікті басқару механикалық берілімдер арқылы басқару объектісіне немесе басқарылатын объектінің жанында орнатылған басқару бекеттерінен немесе жергілікті басқару панелінен тікелей қосылған басқару құралдарына әсер ету арқылы қолмен жүзеге асырылуы мүмкін.

Бақыланатын объектіні және бақылау нүктесін қосатын жалғастырушы сымдарға жергілікті басқару арқылы бақыланатын нысан арқылы тұтынылатын барлық қуат ауыстырылады, нәтижесінде осы сымдардың көлденең қимасы өте үлкен болады. Сондықтан экономикалық себептер бойынша жергілікті басқару, басқару нүктесінен басқарылатын қондырғыға бірнеше ондаған метрден аспайтын қашықтықта қолданылады.

Қосылым сымдарын *қашықтан* басқару кезінде, басқарушы объектінің қажеті бойынша, байланыс сымдары арқылы барлық қуат берілмейді, тек бір бөлігі ғана, басқарушы орғанның қажетінің жетуіне байланысты (релелік

әрекеті бар элемент) қол жеткізуге болады. Бұл жағдайда қосылатын сымдардағы ток аралық органның жұмысы үшін қажетті мәнге ие.

Станциялар мен қосалқы станциялардың электрлік бөлігіндегі қашықтан басқару және бақылау жүйесі орындайды:

- сөндіргіштерді, айырғыштарды және реттеуші құрылғыларды (қозғау, айналу жиілігі және т.б.) басқару;
- жекелеген объектілердің, электр қондырғыларының және т.б. төтенше және авариялық режимдер туралы дабыл беру;
- сөндіргіш қондырғылардың әрекетінің дұрыс реттілігін қамтамасыз ететін тосқауылдар;
- негізгі электрлік шамаларды өлшеу.

Сөндіргішті қашықтан басқару құралын басқару станциясынан қолмен немесе автоматты түрде РЗ немесе автоматты құрылғылардан жүзеге асыруға болады.

Бір бақылау нүктесінен бірнеше объектілерді қашықтан басқару немесе нысан бірнеше басқару пәрмендерін беру қажет болған жағдайда бірнеше желілер қажет, бұл осы желілердің үлкен ұзындығы мен көптеген объектілерді ескере отырып, қашықтан басқару экономикалық жағынан тиімсіз және техникалық негізсіз.

Берілімнің қашықтығын, берілген ақпарат көлемі мен бақыланатын объектілердің санын арттыру арқылы байланыс желілерін салу шығындарын азайту, берілетін сигналдардың сапасын сақтау және беру жүйесінің жылдамдығын қамтамасыз ету міндеті, ерекше. Бұл міндеттер коммуникациялық желілерді барынша ұтымды пайдалануына мүмкіндік беретін *телемеханика* арқылы шешіледі және бір уақытта бұйрықтарды, сигналдарды және өлшеу нәтижелерін кез-келген қашықтыққа сенімді, дәл және жылдам беруді қамтамасыз етеді.

Телемеханиканың көмегімен ақпаратты қашықтыққа жібергенде өлшеу нәтижелері мен сигналдары алдымен байланыс арналары арқылы берілетін электрлік мөлшерге алдын-ала аударылады. Қабылдаушы жағынан бұл электрлік шамалар кері байланысқа (декодталған) өтеді, нәтижесінде бастапқы байланыс жасалады, бұл операция орындалады немесе басқару компьютеріне кіру үшін ыңғайлы хабардың нысаны алынады. Тиісінше, әрбір телемеханикалық жүйе байланыс арнасын және телеконтроль сенсорларын қосатын таратушы және қабылдау құрылғысынан тұрады.

Орталықтандырылған басқару жүйесі үш түрге бөлінеді:

- қажет болған жағдайда телемеханикамен жабдықталған жедел басқару жүйелері (ЖБЖ). Бұл жүйелер энергетикалық жабдықты жедел басқаруды, осы

жабдықтың параметрлерін автоматтандырылған басқаруды және т.б. жүзеге асырады;

- автоматтандырылған диспетчерлік басқару жүйесі (АДБЖ), ол ЖБЖ-не тән жедел басқару және басқару функцияларымен қатар автоматтандырылған өндірістік бақылауды, энергия ресурстарын ұтымды пайдалануды және т.б. жүзеге асырады. АДБЖ-де телемеханикалық ресурстардан басқа, телемеханикалы ақпарат өңдеу құралдары (ТАӨҚ), ақпараттық-өлшеу жүйесі (АӨЖ), компьютерлер қолданылады;

- басқарудың жоғары деңгейдегі жүйелері болып табылатын электрмен жабдықтауды басқарудың автоматтандырылған жүйелері (ЭБАЖ). Осындай жүйеде ақпараттық-басқару жүйесінің функцияларын орындайтын АДБЖ болады. ЭБАЖ-де басты рөлді оңтайландыру, жедел және ұзақ мерзімді жоспарлау (деректер банкін құру, нақты нормаларды есептеу, ақауларды диагностикалау және т.б.) жүктеледі.

14.3. Телемеханикалық жүйелер

Телемеханикалық жүйе деп - әртүрлі ақпаратты (объектілердің жай-күйі туралы, олардың параметрлері және т.б.) белгілі бір арақашықтықта беруге арналған, соның ішінде әртүрлі командалар (өлшеу, басқару және дабыл) жасырылған (кодталған) түрдегі құрылыс комплекстерін айтамыз.

Орындалған функциялардың сипаты бойынша телемеханикалық жүйелер телебасқарулық (ТБ), теледабылдық (ТД) және телеөлшеуіш (ТӨ) жүйелерге бөлінеді.

Телебасқару командаларының берілу сенімділігімен бақылау нүктесінен тиісті дабылдағыш болған кезде айтарлықтай артады. Осыған байланысты телебасқару құрылғылары әдетте теледабыл құралдарымен біріктіріледі және ТБ-ТД құрылғылары немесе жүйелер деп аталады.

Телебасқарулық жүйелер өндіріс қондырғыларын және механизмдерін қашықтан басқару, сондай-ақ бір-бірінен қашықтықта орналасқан автоматтандыру және қорғаныс құрылғылары арасындағы телемеханикалық байланыс үшін пайдаланылады. Телебасқару жүйелері басқару нүктесінен (БН), сондай-ақ диспетчерлік нүкте (ДН) деп аталатыннан, бақылау нүктелеріне (БН) командаларға (сигналдар) беріледі олар мынадай мақсаттарға арналған :

- бақыланатын қондырғылардың атқарушы құрылғыларына тікелей әсер етуі үшін (телебасқару). ТБ-да, әдетте ереже бойынша, тек бір объект басқарылады;

- бақыланатын объектілерде (телекомандалық - ТК) кезекші қызметкерлерге тапсырыс беру. ТК командалары арнайы дабыл құралдарымен (лампарлар, жазулар бар плакаттар) және БН-де қабылданады және әдетте дыбыстық дабылдармен бірге жүреді;

- Телеөлшем объектілерін шақыру (ТӨШ), яғни қажетті телеөлшемдік белгіні байланыс арнасына таңдау және қосу. Телеөлшем белгі бергіштері бір позицияларды басқару объектілері ретінде қарастырылады;

- бақылау нүктелерінен теледабыл объектілерін (ТДШ) шақыру;

- теле реттеу (ТР) функцияларын орындау, яғни автоматты реттеуіштердің параметрлерін қашықтан біркелкі өзгерту. Автоматты реттеуіштердің параметрлерін басқару, үздіксіз телебасқарушылық сигналды екі команданың біреуін немесе одан да көп және бір параметрлі бақыланатын параметрдің телеөлшемін беру арқылы жүзеге асырылады. Қадамдық реттеу бірнеше ТБ командаларының берілуіне тең (басқару сатыларының саны бойынша).

Осылайша, телебасқарулық жүйелерде дискреттік және үздіксіз ақпарат берілуі мүмкін.

ТБ жүйелерде басқару пәрменін беру әдетте екі операцияға бөлінеді. Бірінші операция басқару объектісін таңдаумен қорытындыланады (ТБ объектісін таңдау), екіншісі – таңдалған объектіге басқару пәрменін беру «Өшіру» немесе «Қосу». Кейде, бірінші операцияда басқару объектісін таңдау және операция сипаты біріктіріледі, бұл жағдайда екінші операция тек бірінші операцияны орындауға рұқсат береді. БН бірінші пәрменді қабылдау туралы рұқсатты алғаннан кейін, берілген басқару операциясын орындау үшін БН пәрмен беріледі.

Екі сатылы басқару асығыстықтан, айқындық немесе диспечердің қатесіне байланысты дұрыс емес пәрменді жіберуге ықтималдығын азайтады. Белгілі бір объектінің мекен-жайы көрсетілген байланыс сигналдарының берілуі *мекенжайы* деп аталады.

Басқару объектілерінің көпшілігі екі ұстанымның біреуінде (ұстанымдар) екі жақты болып табылады: қосулы-өшірулі, ашық-жабық және т.б. Керісінше, көп жағдайлы нысандар бірнеше тұрақты жағдайларға ие болуы мүмкін. Көп ұстанымды объектілерді, мысалы, әртүрлі ысырмалар, қақпақшалар, демпферлер және су, жылу жабдықтау және т.б. үшін басқа құбыр арматуралары қамтиды. Бұл нысандармен телебасқару осы нысанды объектіге орнату үшін қажетті санды командаларды беруді талап етеді.

Теледабылдық жүйе бақылау нүктелерінен әртүрлі теледабылдың диспечерлік нүктеге өтуін қамтамасыз етеді:

- бақыланатын объектілердің немесе өндіріс процестерінің жағдайы немесе жағдайы туралы. Теледабыл (ТД) құрылғыларындағы БН-нің сұрауына жауап ретінде алынған осындай сигналдар үнемі мекен жайлы болады;

- бақыланатын параметрлердің рұқсат етілген шектерге немесе объектілердің жұмысының бұзылуына қатысты. Бұл түрдегі дабылдар диспетчердің әрекеттеріне қарамастан (ескерту немесе апаттық дабыл) тәуелсіз түрде беріледі;

- өндірістік процестің барысы арқылы , өнімдерді есепке алу;

- ТБ диспетчерімен берілген операцияны БН орындауды растау туралы;

- телемеханика жабдығы мен байланыс арналарының күйі туралы (қызмет көрсету дабылдары).

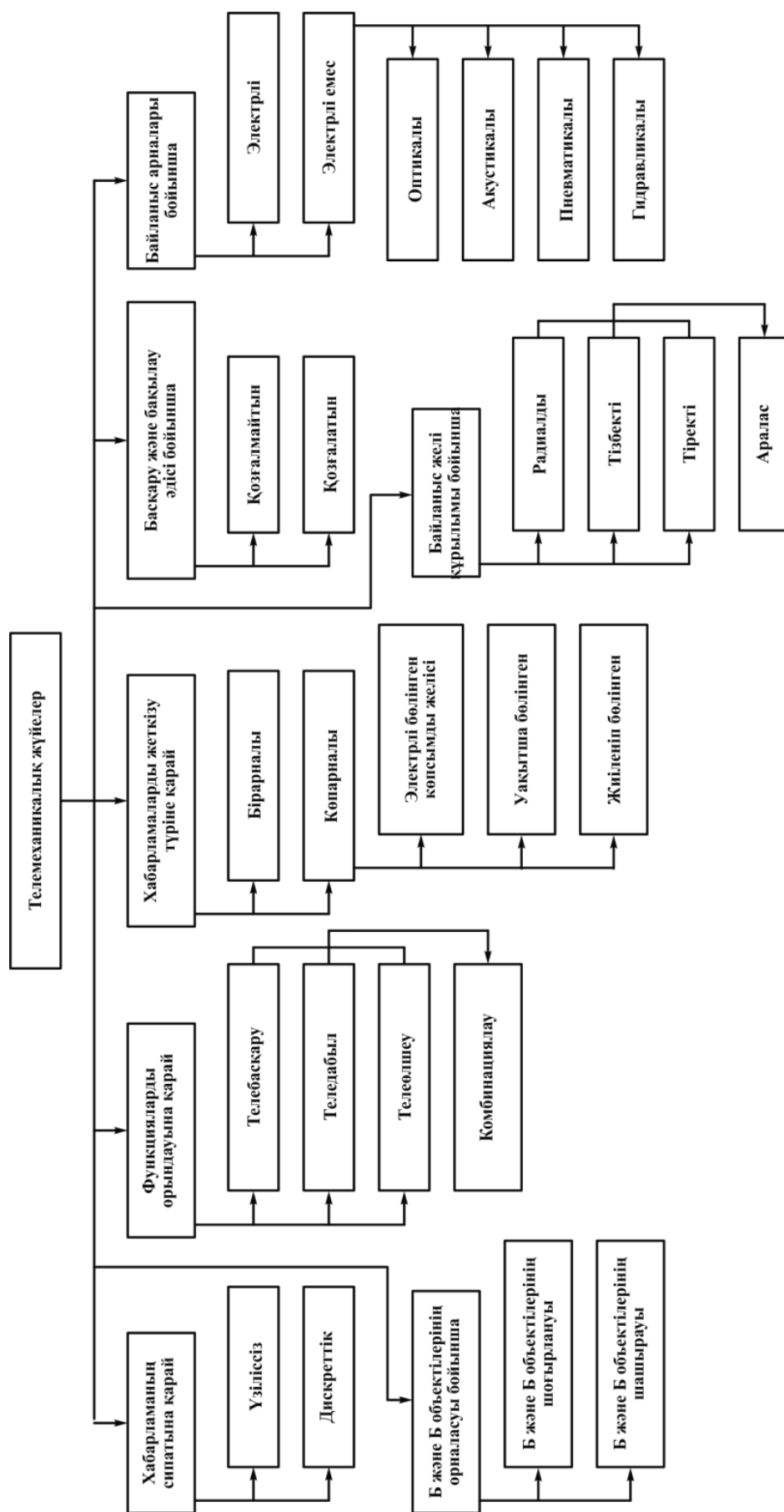
Теледабылдар бақыланатын объектілердің кез-келген жағдайын немесе күйін өзгерту немесе диспетчердің сұрауына сәйкес, яғни ТБ жүйесімен БН-ге келген команданың бақылау нүктесіне келу нәтижесінде автоматты түрде БН-не жіберілуі мүмкін. Сұрау бойынша теледабылдау, өз кезегінде, белгілі бір дабыл сұраныстың немесе арнайы дабылды немесе айналмалы дабылға жауап ретінде келген кезде, бір хабар тарату циклында дабылдар шақырылатын БН-нің барлық бақыланатын нысандарынан дәйекті түрде берілсе, жалғыз болуы мүмкін.

Теледабыл жүйесінде дискретті ақпарат беріледі.

Телеөлшемдік жүйелердің көмегімен осы мәндерді визуалды бақылауға, оларды тіркеуге немесе автоматтандыру құрылғыларына енуге арналған арнайы белгі бергіштермен өлшенетін әртүрлі бақыланатын параметрлердің мәндері туралы үздіксіз дабылдардың қашықтығы орындалады.

Осы функциялардың кез келгенін орындауға арналған телемеханикалы жүйелермен қатар *кешенді телемеханика* жүйелері, барлық аталған функцияларды немесе олардың әр түрлі комбинацияларын орындауда кеңінен қолданылады.

ТБ-ТД жүйелерінде теледабылдарға телекбасқару алдында басымдық беріледі, себебі БН-не келген ақпарат диспетчерден ТБ-ның жоспарлы жұмысын тоқтатуын талап етуі мүмкін.



14.1. сурет. Телемеханикалық жүйелердің жіктелуі

Телемеханикалық жүйелер шоғырланған және шашыраңқы объектілерге қызмет көрсету үшін арналған. Бірінші жағдайда, жүйе бойынша қызмет көрсететін барлық нысандар бір немесе бірнеше (бірнеше) нүктелерде шоғырланған. Әйтсе де, объектілер арасында байланыс бір нүкте бойында телемеханика көмегінсіз жүзеге асады. Екінші жағдайда Объектілердің қызмет ететін жүйесі көп нүктелерде біреулеп немесе шағын топтардан шашылған, олар телемеханиканың жеке құрылғыларымен қызмет етеді және байланыстың жалпы желісіне қосылады.

Телемеханикалық жүйелердің жіктелуі 14.1-суретте көрсетілген.

14.4. ТБ-ТД жүйелері

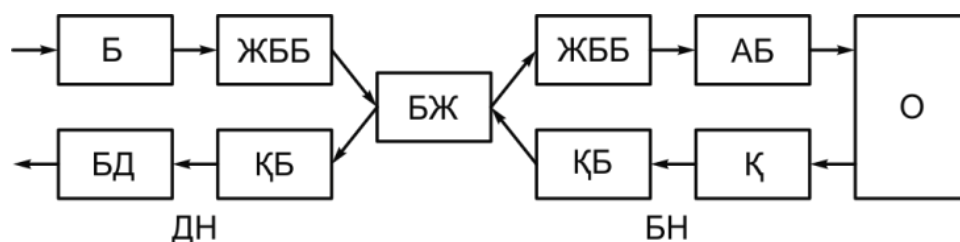
ТБ-ды орындау үшін түрлі сипаттамаларға сәйкес пәрмендерді пайдаланады. Осылайша, пәрмендік есеп берудің жедел әдістеріне сәйкес пәрмендер бөлінеді:

- біртұтас, олардың берілу қажеттілігі пайда болғанда беріледі;
- өзгерген бағдарламамен берілген нысандарға (мысалы, шақыру бойынша ТӨ) жіберілетін циклдік сұрау;
- сигналдардың келуіне дейін бірнеше циклдарға жіберілетін циклдік беру;
- дөңгелек, барлық немесе бірнеше ТБ объектілеріне жіберіледі (бірдей пәрмендерді жіберу, мысалы, «Қосу»).

ТБ пәрмендерін беру кезінде басқарудың тәртібін (дабыл) ғана емес, оның орындалуын тексеру маңызды.

Жіберілген тапсырмалардың орындалуын қамтамасыз етуге бағытталған және оларды берудегі қателерді анықтауға бағытталған ТБ жүйесінде арнайы талаптар енгізіледі. Сондықтан байланыс арнасының сәтсіздігі жалған тапсырмаларға әкелмеуі керек. Ақаулық дабылы ДН-ге келуі керек. Бұйрықтың орындалуының сенімділігі БН-мен теледабылдың болуымен арта түседі, оған байланысты ТБ жүйелері, әдетте, ТД-жүйелерімен біріктірілген, ТБ-ТД біріккен жүйені қалыптастырады.

Бұрын айтылғандай, ТД-да, ТБ-дағыдай, «Қосылған», «Өшірілген» және т.б. сияқты қарапайым хабарлар пайдаланылады. Теледабылдың күйі және телемеханика жүйесі автоматты түрде немесе диспетчерді шақыру арқылы барлық жағдайларда белгілі бір объектінің жағдайын немесе күйін өзгерту туралы ақпарат береді. ТД ТБ командасының (пәрмен) орындалуын растауы мүмкін. Сонымен қатар, ТД белгілі бір бақыланатын объектіні сипаттайтын кез келген параметрдің шығуын алдын-ала белгіленген шектерде көрсету үшін пайдаланылады. Сол функция апаттық дабыл жүйесі арқылы орындалады.



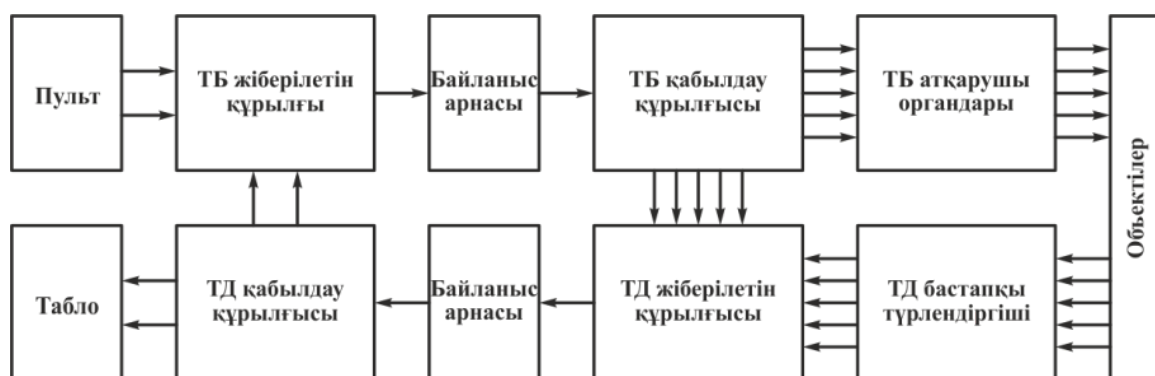
14.2 суретте. ТБ-ТД-ТӨ жүйесінің құрылымдық сызбасы:

ДН, БН - тиісінше диспетчерлік және бақыланатын нүктелер; *Б* - басқару блогы; *Және* - атқарушы блок; *АБ* - басқару блогын атқарушы блок (дабыл); *Қ* - басқару блогын қабылдау (дабыл); *ЖББ(басқару)*, *ҚБ(басқару)* – тиісінше жіберу және қабылдау блогын басқару; *ЖББ, ҚБ (бақылау)*- тиісінше жіберу және қабылдау блогын бақылау; *БЖ* - байланыс желісі; *О* - басқару объектісі (объектілері).

14.2.-суретте ТБ-ТД-ТӨ жүйесінің құрылымдық сызбасы көрсетілген .

Жауапты энергетикалық қондырғылардың ТБ-ТБ жүйелеріне бұйрық беруді және оның орындалуын бақылауды күшейту қажет. ТБ бұйрығын жіберу, әдетте, дайындаушы (объектіні таңдаудан және операция сипатынан) және атқарушы (жіберуді бастау) операциядан тұрады. Дайындаушы операцияны жөнелтуді және оны алғанын растайтын ақпаратты ДН-де тексергеннен кейін, бұйрық БН-не жіберіледі. Жалған тапсырмаларды, сондай-ақ қате байланыс арнасы арқылы алынған бұйрықтарды орындауға жол берілмейді, ал жартылай тұтас жүйелерді қуаттандыру жалған бұйрықтарға әкелмеуі керек.

Өнеркәсіптік электр энергиясын өндіруде қолданылатын ТБ-ТД жүйелері түрлі сипаттамаларға сәйкес жіктелуі мүмкін. БН-не қызмет көрсету санына қарай, келесі жүйелер бөлінеді:



14.3 сурет. Шоғырланғандар үшін ТБ-ТД жүйелерінің құрылымдық сызбасы

- шоғырландырылған нысандармен бір БН-не қызмет көрсету (бір ДН бір БН-ге қызмет етеді);
- шашыраңқы БН-ге қызмет көрсету (бір БН бірнеше БН-ге қызмет етеді).

Шашыраңқы объектілерге арналған ТБ-ТД жүйесінің құрылымдық сызбасы 14.3.-суретте көрсетілген. Тіке және кері байланыс арналары 14.3.-суретте көрсетілген, ал қарапайым сым желілерін біріктіруге болады.

Телебасқару және теледабыл өзара тығыз байланысты және олардың дабылдарын беру үшін бірдей әдістер мен құралдар қолданылады.

Қазіргі заманғы ТБ-ТД жүйелерінде дабыл бөлу әдістері кодтау теориясы, шуылға қарсы тұрақтылық және жіберу тиімділігі бойынша таңдалуы керек.

14.5. Телемеханикаландыру және диспетчерлеу

Энергетикалық қондырғылардың жұмыс істеу технологиясын және оларға орнатылған жабдықтардың сипаттамаларын талдау, өндірістік процесті кешенді автоматтандыру және орталықтандырылған автоматтандырылған басқару және басқару жүйесімен тұрақты жұмыс істемейтін қызметкерлерсіз, электр жүйесінің құрылымдарының көпшілігін пайдалану үшін қолайлы жағдайлар бар екенін көрсетеді.

Бұл мәселені шешуде диспетчерлік қызмет жылдамдықты, дәлдікті, сенімділікті және айтарлықтай қашықтығындағы ақпараттың үлкен көлемін беруді талап ететін түбегейлі жаңа міндеттерді белгілейді. Бұдан басқа бақылау нүктесіне келіп түсетін ақпараттарды өңдеу және өңдеу үшін арнайы техникалық құралдарды қолдану қажет.

Барлық осы міндеттерді телемеханиканың көмегімен ғана шешуге болады, бұл ретте қажетті атқарымдық көлемін бақылаудың (атқарушы) нүктелерінен диспетчерлік нүктеге дейін және байланыс желілерінің ең аз саны бойынша қашықтыққа қарамастан, тізбелік ақпараттарды кері бағытта мүмкіндік береді.

Телемеханиканың және диспетчерлендірудің қазіргі заманғы құралдары мүмкіндікті қамтамасыз етеді: басқару бөлмесіндегі жүйенің негізгі элементтерінің жай-күйі мен жай-күйі туралы ақпарат үнемі көрсетіледі; ДН-ге ескерту және апатты дабылдарды автоматты түрде беру; диспетчердің операциялық бақылау және жүйенің жұмысы үшін қажетті параметрлерін өлшеу, сондай-ақ тиісті ақпаратты автоматтандырылған өндірістік бақылау жүйесіне (АӨБЖ) беру үшін; ең ұтымды жұмыс режимдерін диспетчер немесе компьютер арқылы тікелей орнату; апаттарды тез тауып, олардың салдарын жойыңыз.

Осылайша, телемеханика құралдарымен жабдықталған кез келген автоматтандырылған электрмен жабдықтау жүйесін диспетчерлік басқару, қамтамасыз етеді:

- жүйені бақылау мен басқару жұмысын орталықтандыру;
- жүйенің объектілері мен желілерінің жұмысын басқару мен бақылаудың тиімділігін арттыру;
- жабдықтар мен желілердің оңтайлы жұмыс режимін құру мүмкіндігі;
- әр түрлі энергиямен негізгі тұтынушыларды жеткізудің сенімділігін арттыру;
- электрмен жабдықтау жүйелерінің жекелеген объектілерінде кезекші қызметкерлерді толық немесе ішінара қысқарту;
- жүйені біліктірек басқару;
- энергия ресурстарын үнемдеу.

Басқару және орталықтандырылған басқару жүйесімен қатар, телемеханика телеавтоматика құрылғыларында автоматты түрде бөлінген объектілерді автоматты түрде байланыстырады, мысалы, бақыланатын нүктеден жетекшіге дейінгі қашықтықта орналасқан белгі бергіштен реттейтін импульсты беру үшін, бұл бақыланатын жерде орналасқан. Телемеханикалық құрылғылардың көмегімен бақылау нүктелерінде орналасқан автоматтандыру құралдарын пайдалану БН-нен орталығынан немесе басқару орталығынан қашықтықта орналасқан басқа нүктеден орнатылуы мүмкін.

Телемеханикалық қондырғыларды диспетчерлік басқару жүйелерінде тиімді пайдалану үшін электрмен жабдықтау жиі бірнеше телемеханикалық құрылымдарды немесе бөлек энергетикалық объектілерді бір жалпы бақылау нүктесіне біріктіреді. Бұл ретте, осы басқару блогының телемеханика құрылғысының жартысы орнатылған құрылымы мен басқару жүйесінің бір бөлігі болып табылатын, сондай-ақ осы құрылғы арқылы қызмет ететін басқа құрылыстар арасындағы қашықтан басқарудың қарапайым схемасына сәйкес басқару кабелі арқылы байланыс жасалады. Кейде осы схемаға қосылатын сымдар мен олардың көлденең қималарының санын азайту үшін кейбір өзгерістер жасалады.

Диспетчерлік және телемеханикаландырудың негізгі міндеттері бір мезгілде шешу үшін ең қолайлы болып табылады. Бұл ұтымды диспетчерлік басқару құрылымын таңдауға, телемеханикалық жабдықтарды барынша тиімді пайдалануға, диспетчерлеуге күрделі шығындарды азайтуға, жүйенің қызмет көрсетуін және жұмысын біріздендіруді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда жергілікті кіші жүйе ретінде автоматтандырылған басқару жүйесінің құрамында диспетчерлік жүйені қосу мүмкіндігі қарастырылған. Бұл үшін диспетчерлік жүйе энергияның әр түрлі көздерін өндіру мен пайдаланудың

баланстарын есептеу, нақты энергия шығынын анықтау, сондай-ақ электр станцияларының жұмысын оңтайландыру үшін қажетті параметрлердің интегралдық өлшеулерінің нәтижелерін алуға қабілетті болуы керек.

Телемеханиканың құралдары бақылау орталығына әртүрлі техникалық параметрлердің өлшеу нәтижелерінің көп мөлшерін беруге мүмкіндік береді. Дегенмен, барлық өлшенген параметрлердің ағымдағы мәндерінің басқару орталығында бір мезгілде тұрақты түрде қосу, әдетте, рационалды емес болып табылады. Әрбір тұрақты өлшеу, тіпті егер ол телемеханикалық түрде жасалған болса да, оның нәтижелерін қосу үшін арнайы байланыс арнасын және жеке қабылдауға арналған өлшеуіш құрылғысын талап етеді. Көптеген өлшемдермен байланыс желілерінің және қабылдайтын құрылғылардың саны өте үлкен. Бұл құрылғыларды ДН-де орналастыру үшін арнайы панельдер ұсыну қажет. Диспетчер бір мезгілде барлық өлшеулердің нәтижелерін бақылай алмайды және қазіргі уақытта қажетті құрылғыны таңдау қиын. Сондықтан ірі диспетчерлік станцияларда үнемі өлшеулердің саны ең төменгі деңгейге дейін азаяды, ал көптеген өлшемдер шақыру бойынша жүзеге асырылады.

Бұл жағдайда өлшеу нәтижелерін бір БН-нен беру үшін тек бір байланыс желісі пайдаланылады және тиісті өлшеу белгі бергішті осы жолға қосу телемеханика құрылғылары арқылы шақыруы бойынша жасалады. Телемеханикалық құрылғыларда үзіліссіз, циклдік түрде, бір байланыс желісі бойында тарату циклі кезінде әрбір өлшенген мөлшердің мәні диспетчердің телемеханика құрылғысындағы жинақталған арнайы түйінде тіркелген. Бұл жағдайда қабылдағышты өлшеу аспабын қалаған өлшеу нүктесіне қосу осы құрылғыны жад құрылғысының тиісті ұяшығына қосу операциясын орындау арқылы диспетчер таңдау арқылы жүзеге асырылады. Қабылдаушы өлшеу құралында бақылау арқылы таңдалған (шақырылған) параметрдің ағымдағы мәні ғана қосылады.

Шақыруға немесе таңдау бойынша өлшеулерді жасау әртүрлі бақыланатын нүктелерден келетін параметрлерді шығарып алу үшін ДН-де жалпы құралдарды пайдалануға мүмкіндік береді. Әр түрлі кернеулерді өлшеу үшін ДН-де қабылдағыштардың санын азайту және кейбір жағдайларда әртүрлі өлшеу лимиттері бар бірдей электрлік емес параметрлерді өлшеу үшін пайызбен белгіленген бір қарапайым сандық қабылдағышты немесе аналогты пайдалануға болады. Бір бақыланатын нүктеден бірнеше біркелкі өлшеулер жүргізілген кезде кейбір жағдайларда жалпы шығыс өлшеу құралдарды-түрлендіргіштерді пайдалануға болады.

Диспетчерлік және бақыланатын нүктелерде телемеханикалық жабдықты қалыпты пайдалану үшін қажетті температура сақталуы керек. Ол осы жабдықтың техникалық шарттарының негізінде орнатылды. Қызмет етілмеген

және қыздырылмаған орталықтандырылған бақылау нүктелерінде (қосалқы станциялар, сорғы станциялары және т.б.) ең аз қажетті бөлме температурасын ұстап тұру үшін жылытқыш құрылғылардың жұмысын автоматтандыру қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Жедел басқару қызметіне қандай қызмет түрлері кіреді?
2. Басқару нысаны басқарылатын объект пен басқарушы объект арасындағы қашықтық қалай бөлінеді?
3. Қашықтан басқару құралы жергіліктідан қалай ерекшеленеді?
4. Орталықтандырылған басқару жүйелерінің түрлері қандай?
5. Телемеханикалық жүйе дегеніміз не?
6. Неліктен телебасқаруға қарағанда теледабылға басымдық беріледі?

15 тарау

Микропроцессорлық (сандық) релелік қорғаныс

15.1. Жалпы түсінік

Қазіргі уақытта қолданылатын РҚ (релелік қорғаныс) құрылғыларының көпшілігі ұқсас электромеханикалық және статикалық релелерде жасалады, сандық РҚ үлесі 10% -дан аспайды. Ұзақ мерзімді статистика көрсеткендей, аналогтық РҚ дұрыс әрекеттерінің жоғары пайызы оны күтіп ұстауға арналған үлкен еңбек шығындарына байланысты. Сонымен қатар, басқа да елеулі кемшіліктер электр энергетикалық жүйелерді кешенді автоматтандыруға кедергі келтіретін немесе елеулі кедергі келтіретін РҚ ұқсас. Мұндай кемшіліктерге мыналар жатады:

- фазааралық ҚТ ақауларды жою, әсіресе негізгі учаскелерде, яғни ірілендірілген деңгейлердің жоғары болуына байланысты, көп электр қондырғыларында АҚҚ-дан кейін РҚ-ты жеделдетудің жоқтығы, шиналардың логикалық қорғанысының болмауы;
- АҚҚ кейінгі бірнеше құрылғыларды, соның ішінде бұрынғыдан кейінгі қалпына келтіруден кейін қорғанысты тездету жетіспеушілігінен жасау мүмкін еместігі;
- бақыланатын ажыратқыштар көмегімен зақымдалған аумақты токсыз уақытта автоматты түрде ажыратуды жүзеге асырудағы үлкен қиындықтар;
- энергиямен жабдықтау желілеріне және желілік РАҚ деп аталатын желілерге қажет қуат көзінің кенеттен өзгеруімен РҚ-ты пайдаланудың параметрлерін автоматты түрде өзгертуге арналған құрылғыларды енгізудегі қиындықтар;
- бір фазалық жерге РҚ тиімді тұйықталудың болмауы.

Өндірістік кәсіпорындарға электрмен жабдықтау сенімділігін арттырудың бірі - сандық релелі қорғауды қолдану.

Қазіргі заманғы сандық құрылғыда көптеген функцияларды біріктіруге болады: РҚ барлық ықтимал зақымдардан және электр қондырғыларының қалыпты жұмыс режимдерінен, резервтік қуат көзін автоматты түрде қосудан, зақымдалған аймақты автоматты түрде бөліп алудан және апаттық жағдайдағы басқа да автоматты басқару құрылғыларынан, электрлік

шамаларды өлшеу және жазудан, сондай-ақ коммутациялық аппараттармен басқару, ақаулықты кездейсоқ ажыратылған желіге орналастыру және т.б.

Мұндай сандық құрылғылар көп функциялы деп аталады. Ерекше релелердің жиынтығымен, әдетте, бір функциямен (ток, кернеу, уақыт релесі және т.б.) дәстүрлі РҚ -дан айырмашылығы, сандық құрылғыларды пайдаланғанда, РҚ мәселелері кешенді түрде шешіледі.

Үлкен функционалдық мүмкіндіктерден басқа, сандық РҚ құрылғылары тұрақты өзін-өзі автоматты түрде тексеру, оқиғаларды есте сақтау, қашықтан бақылау және жедел баптауды өзгерту, ЭТМ және байланыс арнасы көмегімен РҚ параметрлерін өзгерту мүмкіндігі сияқты қасиеттерге ие. Осылайша, РҚ параметрлерінің бүкіл жиынтығын, мысалы, электр желісінің бастапқы тізбегі өзгерген кезде өзгертуге болады. Цифрлық РҚ -дың бұл артықшылықтары оларды таратушы электр желілерін автоматтандыруға барынша қабылетті етеді.

Сандық құрылғыларды пайдалану тәжірибесі осы жабдықтарды орнату және пайдалану құны бірнеше жыл ішінде электр энергиясының жеткіліксіздігінен тұтынушылардың зиянының төмендеуіне байланысты және, тиісінше, электрмен жабдықтаушы ұйым тарапынан осы зиянды өтеу шығындарын азайту есебінен төлеуге мүмкіндік береді. Цифрлық РҚ құрылғыларын пайдалану, сондай-ақ қысқа тұйықталу ақауларын тез жою және электрлік жабдықты қауіпті қалыпсыз режимдерден қорғаудың алдын-алу есебінен электр қондырғыларына келтірілген зиян мөлшерін азайту есебінен, РҚ техникалық қызмет көрсету шығындарын айтарлықтай азайтуға байланысты қосымша экономикалық әсерді береді.

Цифрлық РҚ жабдығының пайда болуы электрлік қондырғыларда жартылай өткізгіш (аналогтық) және электромеханикалық релелермен дәстүрлі РҚ құрылғыларын пайдалануды дереу толығымен жою үшін дабыл ретінде қарастырылмауы керек. Егер ед, электромеханикалық релелермен сезімтал, жылдам, селективті (таңдаулы) және сенімді релдерді орындау қажет болса, оны пайдалану керек. Қазіргі уақытта электромеханикалық реле сандық құрылғыларға қарағанда әлдеқайда арзан, оларда техникалық қызмет көрсетуде көп тәжірибесі бар, қосалқы бөлшектер мен релелерді жөндеу және реттеу үшін арнайы құралдар жиынтығы, сондай-ақ олардың техникалық қызмет көрсетуі үшін заманауи дамыған құрылғылар бар. Техникалық және экономикалық есептер негізінде электр қондырғыларын қайта құру кезінде дәстүрлі РҚ жабдығын немесе сандық аппаратты пайдалану нұсқасын таңдайды. Бұл таңдау көбінесе өтемді төлеу кезеңімен анықталады.

Әртүрлі фирмалар шығаратын заманауи сандық құрылғылардың жалпы саны өте көп, ал олардың сипаттамалары өте жақын. Осылайша, ток және кернеудің өлшеу трансформаторлары тұтынатын қуат $0,1 \dots 0,5 \text{ В} \cdot \text{А}$

деңгейінде, аппаратты қателік- 2,5% -дан аспайды, өлшеу құралдарын қайтару коэффициенті - 0,96 , 97.

РҚ құрылғысындағы ақпаратты өңдеудің сандық әдістеріне көшу электр қондырғыларын қорғауға арналған жаңа қағидалардың пайда болуына алып келмеді, бірақ РҚ жұмысының сапасын айтарлықтай жақсартты. Соңғысы релелік қорғаныс нарығында сандық құрылғыларды бәсекеге қабілетті етеді.

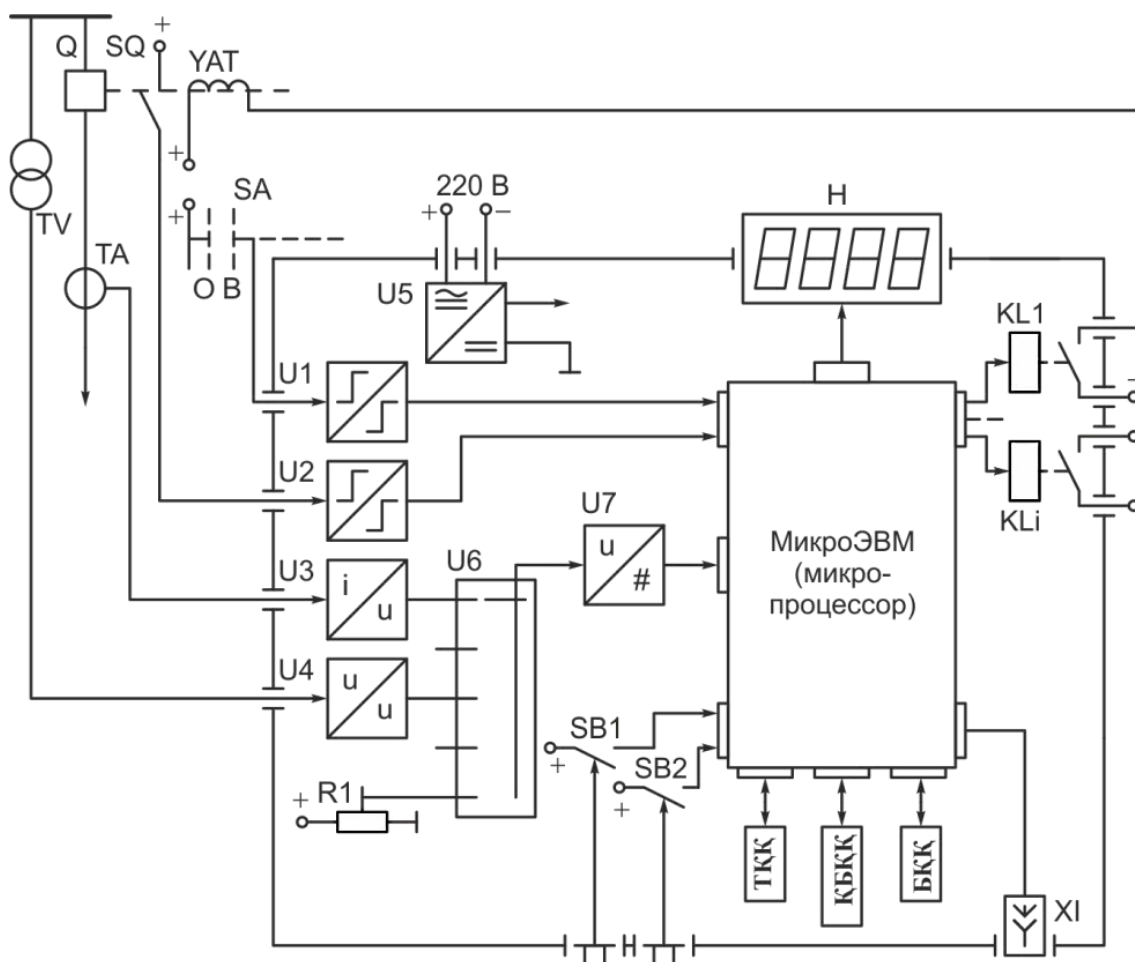
Әртүрлі мақсаттар үшін РҚ сандық құрылғылары ортақ болып табылады және олардың тізбектері өте ұқсас және ол 15.1 суретте көрсетілгенге ұқсас. Сандық құрылғының орталық түйіні - кіріс-шығыс құрылғылары арқылы перифериялық түйіндермен ақпарат алмасатын ЭТМ болып табылады. Осы қосымша түйіндердің көмегімен микро-ЭТМ (микропроцессор) сыртқы ортамен: бастапқы ақпараттың белгі бергіштері, басқару объектісі, оператор және т.б.

РҚ сандық құрылғысы бірнеше микропроцессорларды пайдаланады, олардың әрқайсысы жоғары жылдамдықты қамтамасыз ету үшін жалпы мәселенің бөлек бөлігін шешумен айналысады.

Сандық РҚ құрылғысының ажырамас түйіндері: U1 ... U4 кіріс және KL1 ... KLi шығу дабыл түрлендіргіштері; U6, U7 аналогты-сандық түрлендіргіш жолдары; SB1, SB2 операторынан ақпаратты басқару және енгізу үшін түймелер; ақпараттық дисплей H және U5 қорек көзі үшін дисплей. Қазіргі заманғы сандық құрылғылар, әдетте, басқа құрылғылармен байланыс үшін XI байланыс портымен жабдықталған.

Тізімдегі түйіндердің негізгі функцияларын қарастырамыз.

Кіріс түрлендіргіштері құрылғының сыртқы және ішкі тізбектерінің гальваникалық оралып қалуын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар олар бақыланатын дабылдарды бір көзқарасқа (әдетте кернеу дабылдарына) және нормаланған деңгейге әкеледі, аналогты-сандық түрлендірулерден бұрын кіріс дабылдарын алдын-ала жиілікте сүзуді жүзеге асырады, сондай-ақ құрылғының ішкі элементтерін кедергі мен асқын кернеуден қорғайды. Кіру дабылдарының аналогтары (U3, U4) және логика (U1, U2) түрлендіргіштерін бөліп береді.



15.1.-Сурет. Сандық қорғау құрылғысының жұмысын түсіндіретін, сызба :
ТҚҚ, ҚБҚҚ, БҚҚ – сәйкесінше тұрақты, қайта бағдарламаланады

Бірінші желілік (немесе сызықты емес, бірақ белгілі заңға сәйкес өзгеретін) бақыланатын дабылдардың олардың өзгеруінің бүкіл ауқымында берілуін қамтамасыз етеді, ал екіншісі, керісінше, бақыланатын дабылдардың ықтимал орналасқан жеріне ғана сезімтал болады.

Шығу түрлендіргіштері реле арқылы жасалады. Реле қорғалған объектіге әсері дәстүрлі дискретті бақылау дабылдарын жеткізу түрінде жүзеге асырылады. Бұл жағдайда қорғаныс құрылғысының шығу тізбектері қосқыштардың бір-біріне және РҚ құрылғысының ішкі тізбектеріне гальваникалық оралуын қамтамасыз етуге арналған. Шығару түрлендіргіштері тиісті коммутация сыйымдылығына ие болуы керек және тұтастай алғанда қосқыш тізбектің көрінетін үзілісін қамтамасыз етеді.

Аналогты-сандық түрлендіру жолы U6 мультиплексері мен U7 аналогты-сандық түрлендіргішті (АСТ) қамтиды. Мультиплексор (электронды қосқыш) кезекпен басқарылатын дабылдарды АСТ кірісіне жібереді. Мультиплексор қосымшасы бірнеше арналар үшін бір АСТ пайдалану мүмкіндігін береді. АСТ-де кіріс дабылының лездік мәні пропорционалды сандық мәнге айналады.

Түрлендіргіштер белгілі бір кезеңділікпен орындалады. Ендігі кезекте бақыланатын дабылдардың интегралдық параметрлері микро ЭТМ - олардың амплитудасы немесе тиімді мәндері бойынша есептеледі.

U5 қуат көзі желіде кернеудегі ықтимал өзгерістерге қарамастан тұрақтандырылған кернеумен қарастырылатын құрылғының барлық түйіндерін қамтамасыз етеді. Әдетте, қуат блогында бірнеше қосымша дабылдар пайда болады, олар микроЭТМ-ның және басқа да электронды компоненттердің жұмыс кернеуінің пайда болу және жоғалу сәтінде ақауларын болдырмайды.

Дисплей мен пернетақта (SB1, SB2) кез келген сандық құрылғының міндетті түйіндері болып табылады. Олар операторға құрылғыдан ақпаратты алуға, оның жұмыс режимін өзгертуіне, жаңа ақпаратты енгізуге мүмкіндік береді. Сандық құрылғылардағы дисплей және пернетақта, әдетте, ең оңайлатылған түрде орындалады: дисплей - әріптік-сандық бір немесе бірнеше жолды; пернетақта - бірнеше түймелер.

Байланыс порты сыртқы сандық құрылғылармен байланысты қамтамасыз етеді. Сандық құрылғылардың артықшылығы - қолданыстағы ақпаратты басқа жүйелерге (процестерді басқару жүйесі, дербес компьютер және т.б.) беру мүмкіндігі, бұл әр түрлі жүйелерді біріктіруге мүмкіндік береді, байланыс арналарында үнемдейді, алдын ала өңдеу дабылдарының шығынын төмендетеді және т.б. Байланыс порты - бұл құрылғының қашықтан жұмыс істеуі үшін қажетті элемент болып табылады.

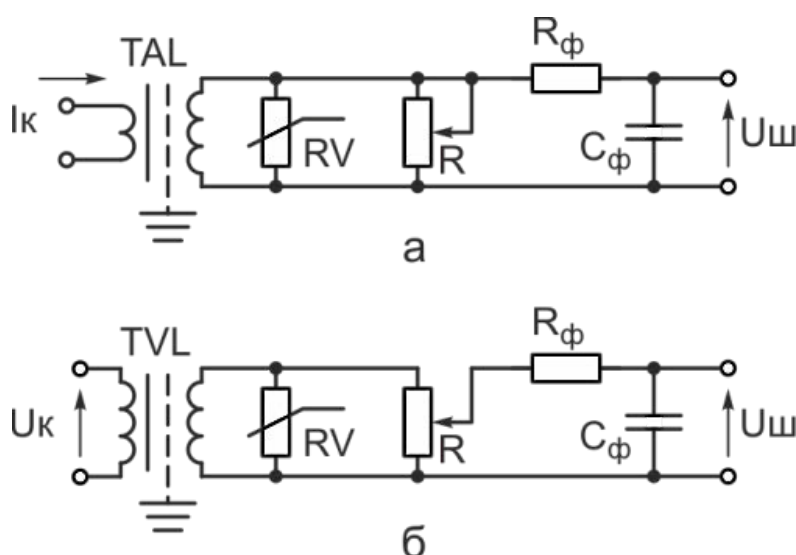
Сандық құрылғыларда аналогтық басқару және реттеу дабылдарын (сигналдарын) қалыптастыру үшін сандық-аналогтық түрлендіргіштер сияқты басқа түйіндер де пайдаланылуы мүмкін. Сандық құрылғы стандартты ток және кернеу трансформаторларынан нақты кіріс сигналдарын алады. Цифрлық құрылғыда барлық ақпаратты өңдеу микро ЭТМ ішінде белгілі бір алгоритмге сәйкес, іс жүзінде барлық микрокомпьютерде осы ЭТМ-ның бағдарламасы ретіндегі жұмысы іске асырылады.

15.2. РҚ сандық құрылғысының негізгі түйіндерінің сипаттамалары

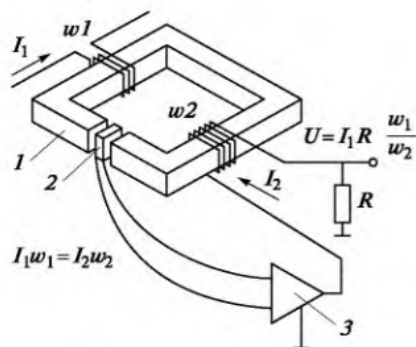
Аналогты сигналдардың кіріс түрлендіргіштері. РҚ құрылғыларымен бақыланатын сигналдар мүлде басқа физикалық сипатқа ие (ток және кернеу сигналдары, температура сигналдары және т.б.). РҚ құрылғылары әдеттегі атаулы дәстүрлі деңгейлерге ие және кернеу көздерінен сигналдармен жұмыс істейді: 1 А, 5 А, 100 В. Бұл сигнал деңгейі қажетті кедергі қорғағысын қамтамасыз етеді, бірақ электронды сызбаларда өңдеу үшін толықтай

жарамсыз. Электрониканың талаптарына сәйкес келетін шығыс сигналдарымен белгі бергіштердің қолданылуы сызықтардың ұзындығын айтарлықтай шектеуге немесе ақпаратты белгі бергіштерге жақын орналасқан бөліктерге бөлуді немесе желілерді кедергіден қорғау үшін қосымша шараларды қолдануды талап етеді (мысалы, экрандану), бұл өте қымбат. Микропроцессорлық қондырғыларды ток және кернеудің дәстүрлі белгі бергіштеріне қосу кезінде олардың сигналдарын электрондық түйіндер арқылы өңдеуге жарамды диапазондардың бірыңғай көрінісі мен ауқымына әкелуі қажет. Көбінесе, сандық құрылғылардың түрлендіргіштері ферромагниттік ядросы бар әдеттегі электромагниттік трансформаторларға негізделген. Мұндай трансформаторлардың сызықты емес трансферттік сипаттамаларына, параметрлердің белгілі бір таралуы, уақыттың кейбір тұрақсыздығына және температураның өзгеруіне ие болғанына қарамастан, олар 2 ... 5% қателігімен жұмыс істеуге мүмкіндік беретін РҚ құрылғыларын жасау үшін қолайлы.

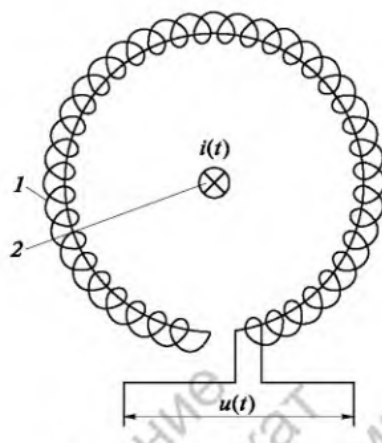
Трансформатор түрлендіргіштерінде (15.2-сурет) негізгі назар құрылғы ішіне импульстық кедергілердің түсуі мүмкін болатын, оралған сыйымдылық арасын азайтуға аударылады. Осы мақсатта екінші орама бөлінеді немесе бастапқы және екінші орамалар арасында электростатикалық экран орналастырылады. Кейінгі электронды түйіндердің қуатты аз тұтынуын ескере отырып, ток сигналдарын кернеуге түрлендіру қарапайым жолмен R шунттарын пайдалану арқылы жүзеге асырылады.



15.2. сурет. Аралық трансформаторларға ток (а) және кернеу (б) негізделген шығыс түрлендіргіштері



15.3 сурет. Кіріс түрлендіргіш Холл белгі бергішімен:
1 - магниттісым; 2 – Холл белгі бергіші; 3 - күшейткіш



15.4. Сурет Катуш тәрізді ток Белі бергіші:
1-Роковский катушкасы; 2- тогы бар сым

Электрондық құрамдас бөліктерді ықтимал асқын кернеуден қорғау үшін, RV (немесе тұратқандырғыштар) және төмен өткізгіштік сүзгілер варисторы, мысалы RC-тізбектеріне негізделген (резистор R, j және конденсатор Cф) кеңінен қолданылады.

Кейбір цифрлы құрылғыларда кіріс түрлендіргіштер белсенді трансформаторлар деп аталатын негізде орындалады. Сондай-ақ олар Холл белгі бергіштері бар түрлендіргіштер деп атайды (15.3-сурет). Холл белгі бергіші (датчик), температураның тұрақсыздығына байланысты магниттік ағынды өлшеу үшін тікелей қолдануға өте қиын. Дегенмен, бұл түрлендіргіште жасалатын нөлдік индикатор көрсеткіш ретінде пайдалануға болады. Күшейткіш 3 ток трансформаторының қайталама орамасында генерациялайды, бұл орамалардың ЭТМ-на тең. Бұл түрлендіргіштердің дәлдік класы 0,1-ге жетеді. Бұл резервпен релелік қорғаныс талаптарын қанағаттандырады.

Соңғы уақытта, тұтынуы төмен электронды құрылғылардың пайда болуымен Роговский катушкасы ток түріне (15.4.-сурет) қызығушылық артты. Роговский өлшеу катушкасы ферромагниттік өзексіз және бақылау $i(t)$ тогы айналасында орналасады. Магнитті өріс токпен ЭҚК катушкасын ынталандырады.

Катушкада сызықты емес ферромагниттік өзектің болмауы, бақылаудағы токтардың көлемді диапазонды өзгеруі (нөлден жүзге дейін килоамперге дейін) түрленудің аз.(ең жақсы үлгілерде - 0,1% -дан аспайтын) қателгімен қамтамасыз етеді. Роговский катушкаларының көмегімн қуаты 0,1 Гц-ден 1 МГц-ге дейінгі жиілік диапазонында токтарды өлшей алады. Роговский катушкаларының негізгі кемшіліктері өте аз қуат күшін беруі және шығу сигналының деңгейінің төмен болуы. Осыған қарамастан, қазіргі заманғы ток

белгі бергеіштер, мысалы, Роговский катушкалары, тәжірибеде кеңінен қолданыла бастады.

Аналогты-сандық түрлендіру жолы. Аналогтық сигналдан дискретті сигналға өту процесі сигналды квантизациялау деп аталады, ал осы операцияны жүзеге асыратын құрылғылар аналогты-сандық түрлендіргіштер болып табылады. Үздіксіз сигналдан дискретті сигналға ауысу әрдайым кейбір ақпараттың жоғалуымен жүреді. Әрине дискретті сигналдың градацияларының саны квантизациялау қатесі деңгейінде тудырады. Уақытылы кванттау қажеттілігінің себептерінің бірі - аналогты-сандық түрлендіру процесі және микроЭТМ-де келесі есептік цикл белгілі бір уақытты қажет етеді, содан кейін кіріс сигналынан жаңа үлгі жасауға болады.

РҚ құрылғыларында 600-2000 Гц жиілік диапазоны бар АСТ қолданылады. Қорғаныс қондырғысы аппараттық процесте осциллографты қамтамасыз ететін жағдайда да жоғары жиілік қолданылады.

АСТ-дің тағы бір маңызды сипаттамасы - онымен құрылған екілік санның қуаттылығы болып табылады.

Дискретті сигналдардың түрлендіргіштері. Іс жүзінде барлық заманауи электронды жабдықта дискретті сигналдар енгізу оптрондар негізінде түрлендіргіштер арқылы жүзеге асырылады. Оптрондардың қайта қсуылудағы жеке уақыты микросекундтың бөлшегін құрайды. Оптопарлар (жарықдиод – фото қабылдағыш) үшін шағын өткізгіштік сыйымдылық тән, бұл оптопар арқылы кедергіге жол бермейді. Басқару тізбегі мен басқарылатын тізбектің элементтері арасындағы рұқсат етілген кернеу бірнеше киловольтке жетеді, жарық диодтың жұмыс істеу тогы 3 ... 5 мА. Кішкентай кіріс тогы түрлендіргіштің кедергі төмендетеді.

Төмен тұтыну қуаты бар құрылғылар жұмыс ток желісіндегі жерге тұйықталуларға жауап бере алады, өйткені олардың кіріс тогы ток желісінің оқшаулануының басқару тізбегінің тогымен тең болады. Бұны болдырмау үшін өлшеу түрлендіргішінің кіріс тізбегі жұмыс ток желісінің тіректеріне қосылған және түрлендіргішті қосу шегін тізбектің номиналды кернеуінің 60,80% деңгейіне көтереді.

Шығу релелік түрлендіргіштер. Сандық РҚ-та, көбінесе, аралық электромагниттік реле қолданылады. Контактілі жұп таластан тыс құрылғы ретінде қалып, коммутирленген тізбекте көзге көрінетін бұзылуды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, бұл ең арзан құрылымдық нұсқа. Әдетте, РҚ сандық құрылғыларында шағын көлемді релелер қолданылады: сөндіргіштердің басқару тізбектерінде жұмыс істеу үшін үлкен коммутациялық қуаты бар; дабылдық тізбектердегі жұмыс үшін-аз.

Күшті реле шамамен 5 ... 30 А ток тізбегін жабуға қабілетті, бірақ олардың өшіру қабілеті әдетте 220 В кернеуде 1 А аспайды.

Ақпаратты көрсетуге арналған құрылғылар. Сандық РҚ-да ақпаратты көрсету үшін бөлек жарықдиодты индикаторлар мен есептегіш тақталарды, сондай-ақ графикалық экрандарды пайдаланады. Сандық құрылғыдағы ақпаратты көрнекі көрсету элементтерінің жиынтығы дисплей деп аталады.

Сандық қорғаныс құрылғысы операторға үлкен көлемдегі ақпарат береді: электр ағымдағы токтар мен электр қондырғыларының кернеуі, олардың аппараттық мәндері, белгіленген нүктелер (сандық РҚ-да бірнеше жиынтық болуы мүмкін), бақылаудың кіріс және шығыс күйі және т.б. Ақпараттың мұндай көлемін алу үшін көбірек ақпаратталған дисплейлерді қажет етеді.

Сандық РҚ қателігі 2,5%. Бұл қатені ескере отырып, сандық құрылғылардың бейнелері тек үш санды көрсету мүмкіндігімен орындалады.

Жергілікті басқару органдары. Басқару түймелері немесе пернетақта сандық құрылғымен адам арасындағы байланыстың ажырамас элементтері болып табылады. Пернетақтаны пайдалану арқылы құрылғының жұмыс режимін өзгертуге, операторға қызықты параметрлерді дисплейгешақыру, , жаңа ережелерді енгізу және т.б.

Түрлі РҚ құрылғыларының пернетақтада пайдаланатын түймелердің саны 2-ден 10-ға дейін өзгереді. Пернетақтада баспа түймелер көп болған сайын, құрылғыға ақпаратты енгізу неғұрлым ыңғайлы және жылдамырақ. Дегенмен, түймелер - сандық аппараттың сенімсіз элементтері болып табылады. Пернетақтадағы кез келген ақпаратты, енгізуге мүмкіндік беретін түймелердің ең аз саны – екіге тең.

Ақпаратты сақтау құрылғылары. Бұл сандық РҚ-дың маңызды түйіндерінің бірі. Қазіргі уақытта әр түрлі сақтау құрылғылары қолданылады. Барлық статистикалық сақтау құрылғылары тұрақты (ТСК), жедел (ЖСК) және қайта бағдарламаланатын тұрақты (ҚБСК) болып бөлінеді.

Жұмыс бағдарламасын қорғау құрылғыларында үшін сақтау үшін, әдетте ТСК пайдаланылады. Олардың айрықша ерекшелігі – бұл, ақпаратты бір реттік жазуы. Кейіннен тек жазылған ақпаратты ғана оқуға болады. ТСК микросхемдерінің артықшылығы - олардың құны төмен және қуат көзі өшірілгенде ақпаратты сақтау мүмкіндігі. Соңғы уақытта, ҚБСК көбірек қолданыс тауып отыр, ол қорғау құрылғыларына жақсы сай келеді, олардың жұмыс бағдарламасы жұмыс барысында өзгеруі керек. Пайдаланушы өзі арқылы стандартты функциялар кітапханасынан қажетті қорғаныс функцияларын таңдайтын, РҚ құрылғылары бар. Осы РҚ құрылғыларының логикалық бөлігін пайдаланушы өзі ЖӘНЕ, НЕМЕСЕ және т.б. сияқты негізгі логикалық элементтерден жасайды. Мұндай қорғаныс құрылғыларындағы

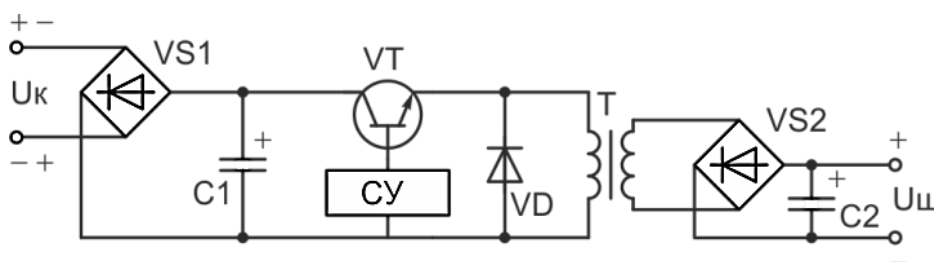
жұмыс бағдарламасы ҚБСҚ -да сақталады, ол қуатқа тәуелді емес жад саналып, яғни онда сақталған ақпарат өшірілмеген күйде сақталады.

Аралық есептеулерді уақытша сақтау ЖСҚ -ды қолданады. ЖСҚ деректерін жазу және оқу жоғарғы жылдамдықпен орындалады. ЖСҚ -ның маңызды кемшілігі - қуат өшірілгенде ақпаратты сақтау мүмкін еместігі.

Қорғау жұмысы кезінде өзгертілуі қажет параметрлердің және басқа параметрлердің сақталуы ҚБСҚ -ларда жүргізіледі, бұл сақталған ақпаратта бірнеше өзгертулерге жол береді.

Жад (память) құрылғылары зақымдануы немесе ақпаратты жоғалтуы мүмкін, мысалы, иондаушы сәулеленудің әсерінен. Мұны анықтау үшін арнайы шаралар қолданылады. Осылайша, EEPROM-жады бар құрылғыларда маңызды ақпарат массивтері, мысалы, орнату мәндері, әртүрлі микросхемаларда қайталанады, сол арқылы жоғалған ақпаратты қалпына келтіруге болады. Екі микросхемада қамтылған ақпараттың бір уақытта жоғалуы екіталай болғандықтан, зақымдалған массивтің ақпаратының орнына бүлінбеген массивті қайта жазу арқылы қалпына келтіруге болады.

Қуат көзі және интерфейстер. Қазіргі заманғы барлық дерлік сандық құрылғылар жоғары жиілікті инверторлар негізінде жүзеге асырылатын импульстік қуат көздерін (ҚК) пайдаланады. Бір реттік инверторы бар ҚК оңайлатылған схемасы 15.5.-суретте ұсынылған. Мұндай ҚК желіні қуаттандыратын қайта кернелуден және құрылғының ішіне кедергінің кіруінен қорғалған. Интерфейс - жүйеге біріктірілген әртүрлі сандық құрылғылардың өзара іс-қимылын жүзеге асыру үшін қажетті аппараттық, бағдарламалық және жобалық құралдарды қамтиды. Ақпарат алмасу қағидасы бойынша параллельді және дәйекті деректерді берудің әртүрлі интерфейстері бар. Екі сандық құрылғы арасындағы ең жылдам ақпарат алмасуды параллель интерфейс қамтамасыз етеді.

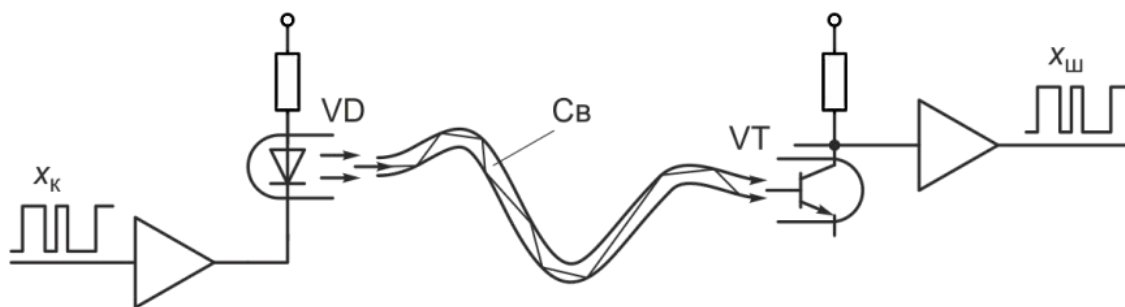


15.5. сурет. Импульсті қуат көзінің жеңілдетілген тізбегі:
БТ- басқару тізбегі

Ақпаратты беру кезінде әр түрлі физикалық құралдарды қолдануға болады: электр желілері, радиоарналар, талшықты-оптикалық байланыс желілері (ТОБЖ).

15.3. Байланысты жүргізу арналары

$A / = f_{\max} - f_{\min}$ өткізу қабілеттілігі шектеулі электр арна бойымен импульстарды беру, берілген импульстің нысанын кешіктіру және бұрмалаумен бірге жүреді. 15.6 - Суретте талшықты-оптикалық байланыс арнасын пайдаланып ақпаратты беру схемасы көрсетілген. Бұл жүйенің негізгі компоненттері VD оптикалық сәулелегіш, жарықдиодты Sv және жарық сезгіш элементті (фотодетектор) VT. Сәулелегіш ретінде жартылай өткізгіш жарықдиоды мен қатты күйдегі диод лазерлері қолданылады. Диффузиялық жарық диодтарынан айырмашылығы, лазерлер когеренталды сәулелену көздері болып табылады. Детекторлар ретінде фототранзисторлар мен *pin*-диодтары қолданылады. Соңғылары –жоғары сапалы оптикалық детекторлар болып саналады, уақыты бойынша іске қосылуы наносекунд және сезімталдығы секундына 1000 фотонға дейін.



15.6. сурет. Талшықты-оптикалық байланыс арнасын пайдалану арқылы ақпарат беру схемасы

Жарықтың қозғалысы қисық сызықты жарық бағыттауышы бойымен жарық қаптамасы шекарасынан сәулеленің бірнеше ішкі көрінісімен жүзеге асырылады.

Талшықты-оптикалық кабель (ТОК) бұл тасымалдау кезінде ең аз энергия шығынына ие, күрделі құрылғы болып табылады. Ең арзан – талшық болып сыну коэффициенті қадамдық сатымен өзгеретіні. Көбінесе бұл мақсатта оптикалық мөлдір пластик қолданылады. Пластикалық жарық бағыттағыштар көмегімен бірнеше ондаған метр қашықтыққа деректер жіберіледі. Жоғары сапалы кабельдерде кварц талшығы қолданылады. Кварц талшықтары сыну коэффициенті көрсеткішіндегі сатылық және тегіс өзгеріспен шығарылады. Талшықты-оптикалық қашықтағы байланыс жетістігі болып - ақпараттарды 4 ГГц-ке дейінгі жиілікте 120 километрге дейін қайталаусыз жіберу саналады.

Электрлік кабельдермен салыстырғанда жарық бағыттаушылар келесі артықшылықтарға ие:

- электромагниттік өрістер жағдайында жоғары кедергілерге төзімділік;

- Коаксиалды кабельдермен салыстырғанда өткізу қабілеті жоғары, онда жылдамдық пен шығындар айтарлықтай жиілікке байланысты. Дисперсия (толқынның фазалық жылдамдық тәуелділігі жиілікте) ТОК шағын демек, оларда импульсті кеңейту аз дәрежеде байқалады;

- пайдалану кезіндегі қауіпсіздік. Электрлік потенциалды электр қондырғысынан алып тастауды болдырмайды, қысқа тұйықталуға ҚТ байланысты кабельді тұтатуға болмайды;

- оптикалық талшық өндірісінің технологиясын жасау кезінде ұзақ мерзімді дамытуда жарықтандыру құрылғысын әлдеқайда арзан ететін әлсіз мыс пайдаланылмайды;

- пайдаланудағы жоғарғы сипаттамалар, соның ішінде кішкене иілу радиусын қоса, төсеу шарттарына сынсыздық (төсеу жоғары токөткізгіш кабельдерге жақындау болады), аз салмақ көлемдік көрсеткіштер.

ТОК-дің негізгі кемшілігі болып жарық бағыттағыштарды өзара тұтастыру (қондыру) қиындығы, сонымен қоса сәулелегіш және сигнал қабылдағыштармен де сондай жағдайдың болуы. Бұл талшықтың кіші көлденең қимасы (диаметрі 0,125 мм немесе одан кем), сондай-ақ талшықты оның осіне қатаң перпендикулярды кесу және минималды азайту үшін жоғары дәрежелі тазалықпен кесу қажет. Осы себепті қазіргі кезде бірнеше ондаған метрге дейінгі бір реттік жөндеуге жарамсыз болып саналады. Дегенмен, оптикалық кабельдердің біріктірілу технологиясы тез жақсарып келеді.

Электромагниттік кедергілердің жоғары деңгейімен электр байланыс желілері бойынша ақпарат берудің тиімді жылдамдығы күрт төмендейді, себебі бұрмаланған хабар қайталануы керек. Сондықтан, электр станциялары мен қосалқы станциялар жағдайында, баламалы желі болып талшықты-оптикалық байланыс желілері танылады.

15.4. Сандық РҚ-да ақпаратты өңдеу

Сандық РҚ-дың негізгі сипаттамалары. Сандық РҚ-ларда электрондық құрылғыларды ақпаратты өңдеудің аналогтық қағидалар қолдануға байланысты барлық артықшылықтары бар. Оларға өлшеу органдарына қайтару коэффициенті бірлікке жақынырақ (0,80 ... 0,85 орнына 0,96 ... 0,97 электромеханикалық реле), ток және кернеу трансформаторларынан төмен қуат тұтынуы (10,30 В • А орнына 0.1.0 , 5 В • А электромеханикалық реле) жатады. Мұндайда сандық РҚ сенімді қуат көзін талап етеді. Іске асырылатын функциялардың санына қарамастан, РҚ сандық құрылғысы оперативті ток желісінен 15,20 Вт шамасындағы қуатты жұмсайды.

Сандық РҚ-да өлшеу органдарының іске қосылудағы өзіндік уақыты, электромеханикалық аналогтар сияқты. Мұны бақыланатын токтар мен кернеулердің (нақты мәндер, фазалық ығысу) интегралдық параметрлерін анықтауға біраз уақыт қажет екенімен түсіндіруге болады.

Нақты сигналдарда қызығушылықтың гармониясы бар басқа гармоника және тұрақты құрайтындар қатсыды бар. Гармоникадағы күрделі сигналдан бөлу бірнеше уақытты талап етеді.

Жалпы алғанда, жоғарыда көрсетілген сигналдың интегралдық параметрлерінің анықтамасы қолданылмайтын сандық РҚ-ларда қолданылмайды. Мысалы, дифференциалдық ток қорғанысында теориялық тұрғыдан қорғалған тізбектің тармақтарында лездік токтармен салыстыруға болады. Дифференциалдық релелерде, жұмыс ағымдарына бөгет жасайтын және блоктаушы әсерді генерациялау кезінде қажет болған сүзгілеуге қатысты, мысалы, дифференциалдық РҚ трансформатор болса, магнитизация тогы шығарылғанда жұмыс істеуге тура келеді. Магнитизация тоқының ұштары, әдетте, дифференциалдық ток ішінде екінші гармоника пайда болғаннан кейін анықталады.

Сандық РҚ-да сигналдарды сүзу. Сандық сүзгіштер бірқатар артықшылықтарға ие, олардың ең маңыздысы - жұмысында сенімділік және аналогтық сүзгілерде қол жетімді емес сипаттамалардың тұрақтылығы. Дегенмен, аналогтық сүзгілерде болғандай, сандық сүзгілерді пайдаланған кезде күрделі сигналдан қажетті гармониканы нақты анықтау қиын, сүзуге арналған уақыт үлкен.

Жолақты сүзгіштің сапасы оның өткізу жиілігімен сипатталады. Өткізу жиілігін азайту құрылғының кедергі иммунитетін жақсартады, өйткені бұзылулардың көпшілігі импульстік сигналдар болып табылады (найзағайдың шығуы, коммутациялық асқын кернеу және т.б.), сондықтан кең спектрлік сипаттамалары бар. Бұл жағдайда құрылғының кіріс жолының өткізу

жолағының ені неғұрлым тар болса, кедергі энергиясының аз бөлігі жұмыс сигналына қосылады. Дегенмен, сандық құрылғының тар жолақты кіріс жолы құрылғы жұмысының қолайсыз төмендеуіне әкеледі. РН жылдамдығын жақсарту үшін беіктігі төмен сүзгілерді қолданған жақсы.

Сигналдарды өңдеудің сандық қағидалары ТТ-нің қанықтылығымен РҚ-ның дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін тиімді қолданылады. ТТ қанықтылығына жетудің екінші тоғы оның мінсіз мәнінен айтарлықтай ерекшеленетіні анық. Дегенмен, белгілі бір уақыттағы ТТ терең қаныққан жағдайда да трансформация дұрыс орындалатыны белгілі.

15.5. Сандық қорғаныстың бағдарламалық қамтамыз етілуі және өлшеу органдары

Сандық РҚ үшін оның жұмыс істеу бағдарламасы өте маңызды болып табылады, ол РҚ-ның бұл түрі мен оның жеке бөліктерінің әрекетінің алгоритмдік ырғақтары негізінде әзірленген.

РҚ Сандық құрылғылардың өлшеу құралдарының алгоритмдері электромеханикалық және жартылай өткізгіш элементтің базасында РҚ-ның аналогтық құрылғыларының алгоритмдерінен айтарлықтай ерекшеленеді. Аналогтық құрылғыларда ӨО алгоритмдері осы мәннің мәндеріне қарамастан (мысалы, ток кернеу ток кернеуінен аз болған жағдайда), РҚ қабылдау аймағында өлшенген мәнді табу фактісін бекітуге негізделген. Цифрлық құрылғыда өлшенген мәннің мәні бірінші есептеледі, содан кейін ол сандық құрылғы жадында сақталған орнату нүктесіне немесе құрылғының жауап сипаттамасымен салыстырылады.

Сандық өлшеу органдары (СӨО) микропроцессорлық жүйенің жалпы жобалық негізі және осы жүйені басқаратын жалпы бағдарлама негізінде орындалады.

Қазіргі заманғы микропроцессорлардың жылдамдығы және олардың нақты уақыт режимінде шешілетін қабілеті әртүрлі оңай қайта бағдарламаланатын тапсырмалар, негізінен әртүрлі ӨО көптеген логикалық операцияларды бір мезгілде іске қосуға мүмкіндік береді.

Негізгі бағдарлама микропроцессорға жүктелгеннен кейін, РҚ функциясының үздіксіз орындалуы басталады.

15.6. Токты сандық қорғау

ТТ және ТК өлшеудің негізгі функциясы энергия жүйесінің токтары мен кернеулерін РҚ-мен өлшенген мәндерге айналдыру болып табылады. РҚ құрылғыларында кіріс тізбектерін қажетті оқшаулауды қамтамасыз ететін және сандық өңдеуге мүмкіндік беретін өлшенетін сигналдарды азайтатын кіріс түрлендіргіштері (аралық трансформаторлар) бар.

МТҚ-ның негізгі функциясы - бұл электр желісінің элементін ток ағынын арттыру өлшемі бойынша ажырату болып саналдады. Тұтастай алғанда, МТҚ әрекеті ҚТ қысқа тұйықталу тогының мәніне және оның ағымының ұзақтығына байланысты. Егер I_A , I_B , I_C фазалық токтарының кез келгені тиісті компаратордың (салыстырмалы) I нүктесімен асып кетсе, «Жіберу» сигналы пайда болады және блоктау сигналдары болмаған кезде уақытты кешіктіру элементі іске қосылады. Уақыт кешігу мерзімі аяқталған кезде, МТҚ тізбегін өшіру сигналы алаңдатады.

Магниттейтін ток тұғыры болған жағдайда қорғаныс қорғанысы күштік трансформаторды қосу есебінен токтың ұлғаюына байланысты іске қосылуды болдырмайды.

Энергетикалық жүйелерде қолданылатын күштік трансформаторлар үлкен индуктивтіліктің L және салыстырмалы R түрде шағын белсенді қарсыласуына ие, бұл трансформатордағы өз өтпелі кезеңдерінде $T = L / R$ жеткілікті үлкен ыдырау уақытын тудырады, ол ондаған секундқа жетеді. Трансформатор кернеу астында қосылған кезде, әр кезеңде баяу ыдырайтын апериодтық ток компоненті пайда болады. Трансформатордың магнитизациялау сипаттамасының сызықсыз болуына байланысты, оның қисық сызығының қанығуы және бұрмалануы орын алады. Трансформаторды қосқаннан кейін алғашқы сәттерде ағып келе жатқан токтар $\psi_{ном}$ белгісіне дейін жетеді. Қорғанысты бекіту операциясы магниттау тогын тастау кезінде өзіндік шектеуге ие.

Сандық қорғанысты пайдалану бұл мәселені жеке фазалардың ток қисықтарының гармоникалық талдауы негізінде шешуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда блоктау параметрі $\kappa_{бл} = I_{2f}/I$, где I_{2f} арқылы бақыланады, мұндағы I_{2f} - екінші гармоникалық ток компонентінің амплитудасы; I негізгі жиілікті қамтитын амплитудасы. Себебі, трансформатор қаныққан кезде токтың екінші гармоникасы едәуір артады.

Сандық цифрлы шамадан тыс қорғауды жекелеген кезеңдерін және оларды бұғаттауды бастау қабілеті кейбір жағдайларда МТҚ осындай маңызды кемшіліктерді селективті қамтамасыз ету үшін резервтік қорғаныс сатыларының уақытша кідірістерін арттыру қажеттігін жоюға мүмкіндік береді.

Сандық РҚ түрлі функциялар мен алгоритмдермен жұмыс істеу үшін көптеген бағдарламаларға ие. Бағдарламалар, алгоритмдер және реттеуші мәндер сандық РҚ жадында сақталады. Нақты уақыттағы режимде жұмыс істейтін микропроцессорлық жүйе қорғалған элементте түрлі тәуелділіктердің ендірілген немесе алдын ала өңделген деректерін пайдаланады.

Мысалы, алдын-ала анықталған алгоритмге сәйкес кері уақытқа дейінгі сипаттамалары бар сандық дірілден қорғау, қысқа тұйықталу тоқына немесе электр жабдықтың тоқына байланысты реленің қажетті жұмыс уақытын есептейді. Қажетті уақыттогы сипаттамасы алдын-ала бағдарламаланған. Компьютерлік бағдарламалар тек сандық РҚ-ның жұмысын қамтамасыз ету үшін ғана емес, сонымен қоса оны қашықтан реттеп дұрыстау және қызмет көрсетуі үшін де қолданылады.

15.7. Артық жүктеуден сандық қорғау

Электр жабдығының токты артық жүктемесі оның белсенді бөліктерін шамадан тыс қыздыруы болып табылады: орамалар, контактілі қосылыстар, магниттік жүргізгіштер және басқа элементтер. Бір қарағанда, бұл жағдайда қарапайым шешім тікелей температураны бақылау болып табылады. Дегенмен, жылуды басқару жүйесі инерциялық болып табылады, себебі электр қондырғыларының токты бөліктерінен температура белгі бергіштерін оқшаулау керек. Датчиктерді (белгі бергіш) орналастыру кезінде, сондай-ақ сигналдардың сөндіргішке берілуінде қиындықтар бар. Нәтижесінде электр машиналары мен аппараттарының жылу жай-күйін жанама бақылау негізінде, РҚ-дың таралуы алынды.

Алында, технологиялық процесті, белгілі бір талаптарды ескере отырып, сигналға немесе сөндіргішке әсері бар жүктемеден аналогты қорғау қарастырылған. Мұндай РҚ-да температура көтерілуі ток ағынының мәні мен ұзақтығы арқылы бақыланады, қорғалатын объектінің температуралық қасиеттері және қоршаған ортаның температурасы ескеріледі. Қысқа тұйықталу және жүктеме токтарымен шығарылатын жылу энергиясының жоғарылауына байланысты қорғалатын объектінің температурасын көтеру, электр жабдығына зиян келтіруі мүмкін. Сонымен қатар, қуат жүйелерінің жабдығының жекелеген элементтерінің температурасы (қозғалтқыштардың, генераторлардың, трансформаторлардың орамасы) және қысқа тұйықталу болмаған кезде, мысалы, жүктің ток күші артуы мүмкін.

Өткізілетін ток ағымын өлшеу арқылы өткізгіштің температурасын жанама бақылау, биметалдық пластинамен және индуктивті релемен жылу босатудың негізіне жатады. Дегенмен, механикалық құрылғылар тұрақсыз, өндірісте

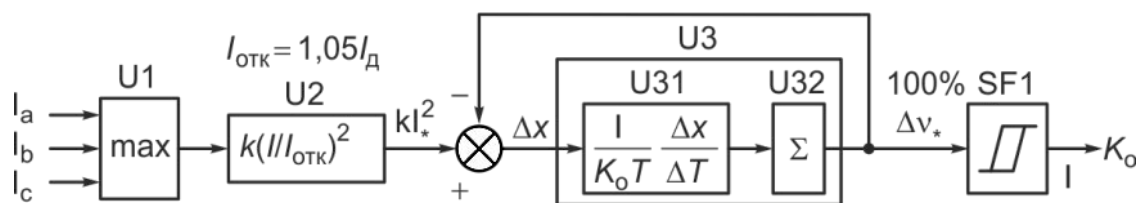
күрделі және үлкен қателіктермен жұмыс істейді. Бұл бағытта айтарлықтай прогреске қол жеткізілді, жылулық релелерді жасау үшін электронды-элементтік базаға көшті. Ішкі тәжірибеде алғаш рет аналогтық нұсқадағы жылуэлектрондық қорғау ЯРЕ2201 толық модулінің бөлігі ретінде (ТО210 модулі.) XX ғасыр. 80-жылдардың басында пайда болды. Қазіргі уақытта РҚ-ны артық жүктеуден құруда микропроцессорлар қолданылады.

Өткізілетін ток арқылы өткізгішті қыздыру үрдісі арнайы әдебиетте жақсы зерттеліп, сипатталады. Бір өткізгіште немесе орамның барлық өткізгіштерінде шығарылған жылу салқындатқыш ортада жартылай ішінара босатылады, ал ішінара өткізгіштің қызуы өзіне өтеді. РҚ дәлдігі үшін жеткілікті дәлдікпен, қыздыру процесін бірінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеу арқылы сипаттауға болады.

Жылыту уақытының тұрақтылығы жабдықтың құрылғысымен және салқындату жағдайларымен анықталады. Мысалы, электр машиналарында салқындату жағдайлары машинаның роторы айналуына немесе қозғалмай тұрып қалатындығына байланысты болады. Демек, желдеткіштің нашарлауы салдарынан тоқтатылған электр қозғалтқышында ораманың салқындату уақытының тұрақты мәні 1,5-2 есе артады.

Артық жүктеме әдетте уақытпен өзгереді және бастапқы температура алдыңғы режимге айтарлықтай байланысты. Орамның температурасының ағымдағы мәнін қадағалау, бірінші ретті дифференциалдық теңдеуді шешу кезінде алынған интегралдың үздіксіз есептелуімен қамтамасыз етіледі. Шамадағы температура жетуі кезінде сөну болады, ол 100% деп есептеледі.

Цифрлы қорғанысты қолданған кезде жылу мен салқындату үшін дифференциалдық теңдеудің жалпы сандық шешімін қолданып, ағымдағы өзгерістерді сипаттау керек. Жылыту процесінің белгілі жеңілдетілген жылу моделіне сәйкес, алдыңғы температураның негізінде ағымдағы температураны есептеуге болады.



15.7. сурет. Артық жүктеуден сандық қорғаудың функционалдық сызбасы :

1d - бұл электр қондырғысының толық жүктемесіне сәйкес келетін ұзақ уақытқа берілетін ток; I_{OTK} - электр қондырғысы сөндірілген ток

Бұл жағдайда қоршаған ортаның температурасы белгілі бір танымал тұрақты ретінде қабылданады немесе қоршаған орта температурасын бақылайтын температуралық түрлендіргіштің көмегімен бағдарламаға үздіксіз енгізіледі.

Осы тәсілмен электр жабдықтың жылу қуаты есепке алынады, сондықтан оның жекелеген элементтерін жылытумен байланысты артық жүктеу дұрыс және анықталынған.

Артық жүктеуден сандық қорғаудың функционалдық сызбасы 15.7. Суретте келтірілген. Ең көп селектор U1, максималды фазалы ток таңдау арқылы, әртүрлі зақымданулармен және электр қондырғысының қалыпсыз жұмыс істеуімен РК дұрыс жұмысын қамтамасыз етеді. U2 түйіні өткізгіштегі жылу шығындарына, яғни электр қондырғысының ток көлеміне пропорционалды сигнал шығарады. Интеграциялық операцияны орындайтын U3 бірлігі AX / AT (U31) интеграторының және сумматор (U32) шығуындағы сигналдан және шығыс температурасының салыстырмалы шамасы пайда болған шығарушыдан тұрады. Сөну орын алудағы тиіс шектеу температурасы 100% қабылданады. Температура 100% жеткенде, сөндіргіш сигнал шығаратын SF1 компараторы іске қосылады.

Датчикті қыздырудың осы үлгісі қалыпты жұмыс жағдайында электр қондырғысының тогы ұзақ уақытша рұқсат етілген шамасынан аспаған кезде ғана қабылданады. Қозғалтқыштар үшін бұл модель жарамайды, өйткені электр қозғалтқышының РК құрылғысы жүктемеден әртүрлі бастапқы жағдайларды ескеруі керек. Сонымен қатар, қозғалтқыш өшірулі кезде, уақытты автоматты түрде ораудың салқындату жағдайының нашарлауын ескеру үшін, бірнеше рет автоматты түрде көбейту керек.

Жылыту процесін модельдеуге негізделген қорғаныс параметрлері мен жөндеулерді есептеу кезінде белгілі бір қиындықтар пайда болады. Бірінші ретті дифференциалдық теңдеудің көмегімен жылу процесін модельдеу шамамен бейнеленгендіктен, қорғаныс объектісінің жүктеме сипаттамалары және қорғаныс құрылғысының уақыты сәйкес келемейді.

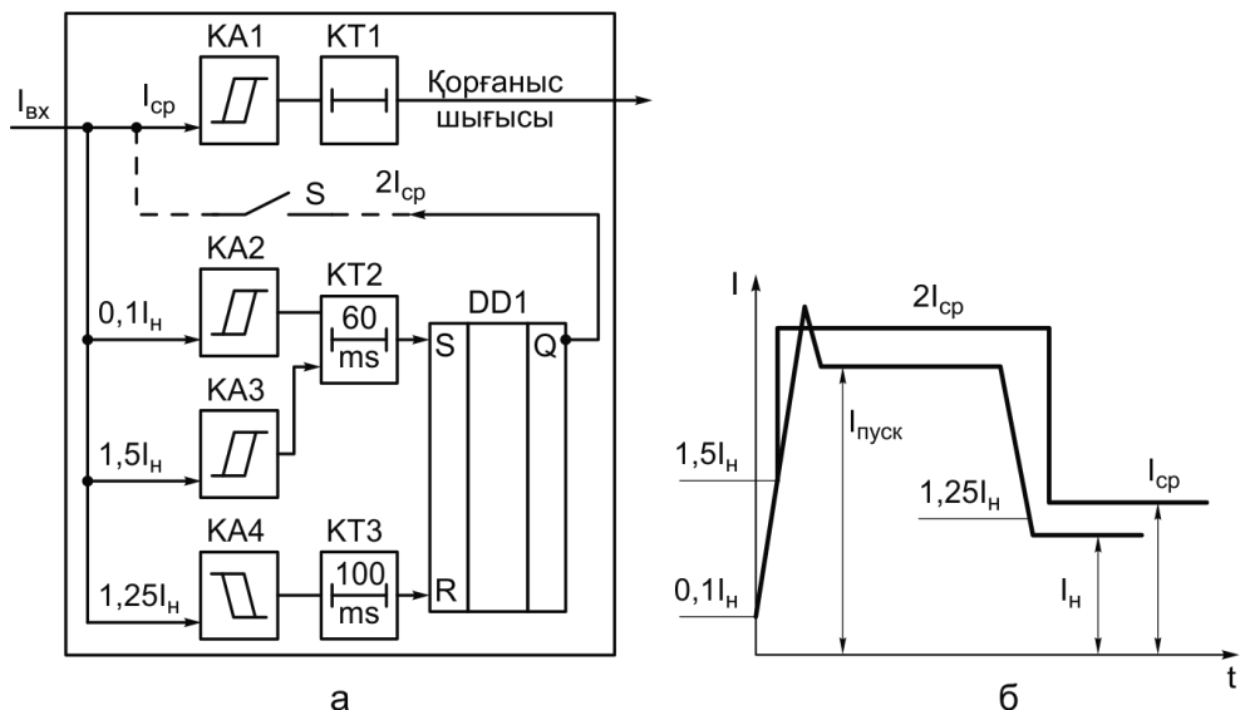
ABB(SPAM1500 релесі бойынша) шведтік фирмасы осындай қорғаныс параметрлерін таңдау бойынша ұсынымдарда, электр қозғалтқышының ток кезіндегі уақытына сәйкес келетін, номиналдыдан 6 есе асатын нүкте негізгі есептеу нүктесі ретінде қабылданады. Кез-келген тәсілмен қорғаныс, оның кейбір уақыттарына тән, артық жүктеме сипаттамасынан төмен өтуі үшін орнатылуы керек.

15.8. Сандық токты кесу

Электр қозғалтқышының (немесе қозғалтқыш жүктемесі бар желілердің) жоғары жылдамдықтағы ток өшіруі бастапқы токтардан тазарту үшін айтарлықтай бітелуі керек. Бастау режимі жұмыс режимінен гөрі әлдеқайда қысқа уақытқа ие болғандықтан, қорғанысты тек іске қосу уақытында жүктеуге болады. Дегенмен, іске қосу режимін анықтау схемасы оны жеке реле негізінде іске асыру үшін күрделі болып табылады, сондықтан бұл әдіс сандық РҚ пайда болғанға дейін тиісті бөлінуді табалмайды. Сандық РҚ үшін мұндай міндеттер өте қарапайым алгоритмдерді іске асыруға байланысты. а - электр қозғалтқышы іске қосылған кезде сандық реле арқылы кесуге арналған тізбек 15.8 – суретте көрсетілген. Бұл схемада ток кесу КА1 және КТ1 өлшеу органдары негізінде жүзеге асырылады.

КА1 негізгі ток органымен бірге ағы үш (КА2 ... КА4) токтарымен іске қосылатын сәйкесінше, $0,1/n$, $1,5/n$, $1,25/n$, мұндағы 1_n - қорғалған желідегі тұрақты ток жүктемесі режимі. Іске қосу режимі ток өсуінің нөлден бастап іске қосу режиміне сәйкес келетін мәнге дейін көтерілгеннен кейін анықталады. Бұл $0,1 / n$ және $1,5 / n$ орнатуларында ток органдарының кезектілікпен іске қосылуымен белгіленеді. Белгіленген шамалар арасындағы ағымдағы ток көтерілім 60 мс-тан аспайтын уақыт ішінде орын алса, КТ2 уақыт элементі токтық орган КА3 сигналымен бұғатталмай тұрып шығу сигналын жүзеге асыруға үлгереді. КТ2 уақыт элементінің шығу сигналы DD1 триггерін негізгі коэффициентінің КА1 коэффициентінің 2 мәнімен белгіленген жүктелуін қамтамасыз ететін жағдайға алып келеді. Іске қосу режимінің соңында желінің тогы төмендейді, ол $1,25 / n$ белгіленген нүктеге ие КА4 ток органының жоғары деңгейлі сигналының пайда болуына әкеледі. Егер тұрақты сигнал белгілі бір уақыт (мысалы, 100 мс) ішінде жасалса, DD1 триггерінің Л-кірісінде сигнал пайда болады және триггер бастапқы күйіне оралады.

Қорғаныс құрылғыларында әдетте зерттелген функцияны орындаудан бас тартуға мүмкіндік бар. Бұл үшін S бағдарламалық кілтін тізбеге енгізіледі. (15.8, а - суретті қараңыз.).



15.8. сурет. Функционалды сызба (a) және шығу тогын кесудің графигі (b)

Электр қозғалтқышының іске қосу тогына сәйкес кесудің тоқтатылуын түсіндіретін сызба 15.8- суретте көрсетілген.

Қорғаныс құрылғыларында әдетте зерттелген функцияны орындаудан бас тартуға мүмкіндік бар. Бұл үшін S бағдарламалық кілтін тізбеге енгізіледі. (15.8, a - суретті қараңыз.).

15.9. Фаза аралық қысқа тұйықталудан ҚТ сандық қорғау

Сандық РҚ түрін және фаза аралық ҚТ жою үшін оның жұмыс істеу параметрлерін таңдағанда, негізгі міндет фаза аралық ҚТ аумағын сөндіру үшін барынша аз уақытты қамтамасыз ету болып табылады.

Энергетикалық жүйелердегі фаза аралық ҚТ қысқа тұйықталудың фазалық сатыларын тездету электр жабдығына келтірілген зиян мөлшерін және қалпына келтіру жұмыстарының құнын төмендетеді, АҚҚ және АВР-ның табысты әрекеттерінің пайыздық үлесін арттырады және электр қуатын өшірудің ықтималдығы мен ұзақтығын төмендетеді. Қысқа тұйықталуымен секцияның өшіру уақытын азайту арқылы металды тұтынудың айтарлықтай төмендеуі сымдар мен қималар кіші кабельдерді таңдау мүмкіндігімен байланысты. Сандық РҚ сияқты функцияларды қолдану, АҚҚ ға дейін немесе одан кейінгі сөндірулерді жылдамдату, шиналарды логикалық қорғау және т.б. жағдайларда тиімді болады.

Фаза аралық қысқа тұйықталуды жылдам селективті сөндіру үшін сандық РҚ толық мүмкіндіктерін пайдалану үшін төмендегілерді ескеру қажет:

- бірқатар сериялы байланыс желілерінен тұратын желілер үшін үш сатылы жоғары МТҚ бар реле қолданылуы тиіс;

- іске қосылу аумағын таңдағанда, үшінші (сезімтал) МТҚ сатысын кері уақыт-ток сипаттамасымен бірге қолдану мүмкіндігін қарастыру қажет. Бұл бірқатар жағдайларда, қысқа тұйықталу ақауларын МТҚ қолдану нұсқасымен салыстырғанда іске қосылу тогының уақытына тәуелсіз, қалпына келтіру уақытын төмендетеді ;

- қысқа тұйықталу учаскелері үшін қысқа уақытты өшіру уақытын, сондай-ақ стандартты отандық электромеханикалық және статикалық релелер негізінде қорғауыштармен өзара әрекеттесу кезінде ең жақсы селективті қамтамасыз ететін сандық РҚ (қалыпты деп аталады) үшінші сатылы кері әсерін пайдалану ұсынылады;

- үшінші кезеңді тіркелген жауап беру уақытымен, сондай-ақ екінші кезеңде (уақытты кешіктіруді тоқтату) пайдаланған кезде селективтік қадамдардың уақытын 0,15 ... 0,20 секундқа қысқарту керек, бұл сандық РҚ дайындаушыларымен ұсынылады;

- АҚҚ Желілерді, шиаларды, трансформаторларды қалпына келтіруді жүзеге асыру кезінде, АҚҚ кейін РҚ жылдамдатып пайдалану, ал тиісті жағдайларда – РҚ жылдамдығын АҚҚ –ға дейін пайдалану керек;

- шиалардағы қысқа тұйықталу аумағында өшіруді жеделдету үшін, сандық РҚ схемаларында қарастырылған логикалық шиаларды қорғауды қолдану қажет.

Фаза аралық қысқа тұйықталудан РҚ реакциясының әрекет ету мерзімінің төмендеуімен қатар, іріктеу тогының рационалды таңдауы есебінен сезімталдықты арттыру маңызды міндет болып табылады: ағымдық үзілістер үшін - сандық регулярлық тогы бар электронды жүктемені автоматты түрде жүктеу арқылы қолдана отырып; сезімтал кезең үшін - сандық РҚ-мен тіркелген, сондай-ақ басқа да төтенше үрдістердің тіркеулері арқылы АҚҚ кейін жүктеменің максималды жүктемесі мен өздігінен іске қосу ағындарында жұмыс істейтін токтардың мәндерін жүйелі талдау арқылы.

Егер сандық РҚ жұмыс істеуі үшін екі орнату жиынтығын пайдалану қажет болса, жоғарыдағы барлық ұсыныстарды екі жиынтықтың орындауды таңдау кезінде де пайдалану керек. Алайда, орнатудың бір жиынтығына екіншісіне іске қосудағы көшу әдісін ескеру қажет. Өткізу резервтік қуат көзінен беру (кернеудің жоқтығы немесе қашықтан басқару жүйесінен байланыс арнасы арқылы келетін сигнал арқылы) немесе кернеуді резервтік қоректендіру көзінен кейін (кернеу, қуат немесе кернеудің өзгеруіне байланысты) қолданғаннан

кейін орындалады. телеконтроля жүйесінен байланыс арнасы арқылы келетін сигнал). Бұл әсіресе автоматты резервтеу және бөлу (АВР желілерімен) бар желілер үшін өте маңызды.

Сандық РҚ құрылғыларының аталған артықшылықтары фаза аралық ҚТ аумағындағы тез, сенімді және селективті сөндіруді қамтамасыз етеді. Жаңартылған электрмен жабдықтау жүйелері бойынша сандық РҚ-ды пайдалану қосымша экономикалық негіздемелерді талап етеді.

15.10. Релелік қорғаудың сандық құрылғыларын пайдалану

Сандық РҚ –ды функцияландырудағы сенімділік. Цифрлық РН құрылғыларының ерекшеліктерінің бірі аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің дұрыстығын бақылаудың салыстырмалы түрде қарапайым ұйымдастырылуы болып табылады. Бұл енгізілген бағдарламаға сәйкес микропроцессордың циклдік жұмысына оң ықпалын тигізеді. Бұл бағдарламаның бөлек фрагменттері қорғаныс құрылғысының өзін-өзі тексеруін қамтамасыз етеді.

Сандық РҚ кезінде өзін-өзі бақылау белгілі бір әдістерді қолданады. Осылайша, аналогтық-сандық туындау жолының дұрыс жұмыс істемеуі оған кіретін түйіндердің үлкен тереңдіктегі қамтуымен анықталады (уақыт бойынша өзгермейді). Егер микропроцессор соңғы және бұрын алынған нәтиже арасындағы сәйкессіздікті анықтаса, ол ақаулық сигналдарын шығарады.

Әрине, тестілеу өнімнің ішкі ақауларын 100% анықтай алмайды. Шын мәнінде тестілеу өнімнің барлық элементтерінің 70-80% -ын қамтиды.

Кез-келген құрылғы жұмысының сенімділігі екі аспектіде қарастырылуы тиіс: құрылғының өзіндік сенімділігі және осы құрылғыны қамтитын бүкіл жүйенің сенімділігі. Құрылғының аппараттық бөлігінің сенімділігі, бірінші кезекте, оны өндіру үшін пайдаланылатын компоненттердің саны мен сапасы бойынша анықталады. Аналогтық құрылғыларда аппараттық құралдардың саны іске асырылатын функциялардың санының өсуіне және олардың күрделілігіне пропорционалды түрде өседі, ал сандық құрылғыларға арналған аппараттық құралдар жеткілікті түрде кең ауқымда алгоритмнің күрделілігіндегі өзгерістермен іс жүзінде өзгермейді.

Сонымен қатар, сандық құрылғылар аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етуді үнемі автоматты түрде басқарумен сипатталады. Өзіндік бақылау сандық РҚ жүйесінің сенімділігін арттырады, себебі аппараттық қамтамасыз етуді бұзу туралы қызметкерлерді дер кезінде хабарлау қажет. Бұл РҚ жүйесінің тиімділігін қалпына келтіру үшін тез арада шаралар қабылдауға

мүмкіндік береді. Осындай РҚ жүйелерінде, әдетте, аппараттық қамтамасыз етудің мерзімді тестілеу қадағалауы ғана қамтамасыз етіледі және ол адамның қатысуымен жүзеге асырылады. Мерзімдік бақылау кезінде ақаулы РҚ жүйесін жеткілікті түрде ұзақ уақыт бойы басқаруға болады - келесі жоспарлы тексеруге дейін. Осылайша, сандық құрылғылардың жұмыс істеуінің жоғары сенімділігі туралы айтуға болады.

Электр энергетикасының қазіргі заманғы дамуы сандық РҚ жұмыс сенімділігі деңгейіне әсер ететін бірқатар факторлармен сипатталады. Олардың ең негізгілері болып саналатындар:

- электр энергиясының нарығын ырықтандыру, жүйенің жиі өзгеруіне және тор және электр желісін конфигурациялауға әкеліп соғады, демек, қорғаныштық функциялар мен РҚ параметрлерін өзгертуге;
- алдыңғы нұсқаларға қарағанда, сандық РҚ –ға функционалды неғұрлым күрделі енгізу;
- РҚ –ның бұрынғы нұсқалараның жабдықтарының ескіруі.

Сандық РҚ-ны іске қосу кезінде қателер, жұмыс істемеу салдарынан орын алған ықтимал РҚ істен шығуы, бағдарламаның сәтсіздігінен немесе басқа себептермен, соның ішінде техникалық қызмет көрсету қызметкерлерінің біліктілігінің жеткіліксіздігімен байланысты факторлар, бастапқы кезеңдерде сандық РҚ алдыңғы нұсқаларына қарағанда төмен болуы мүмкін.

Сандық РҚ ықтимал сәтсіздіктерін жою үшін оның жасырын кемшіліктерін анықтайтын қауіпсіздік сынақтары жүргізіледі. Бұдан басқа, РҚ, оның орындаулары мен параметрлерінің түрін және функцияларын, сондай-ақ электрмен жабдықтау схемаларында ықтимал өзгерістерді таңдауды таңдау қажет. Сандық РҚ бірнеше жүзге дейін орнатулар мен параметрлерін, дискретті кіріс және шығыс сигналдарына ие болуы мүмкін және көптеген түрдегі хабарлар жасайды. Мұндай жағдайларда көптеген параметрлер мен орнатуларды дұрыс орналастыруды қамтамасыз ету маңызды. Көптеген сандық РҚ компьютерлерден қызметтік порт арқылы параметрлер мен орнатуларды енгізуге мүмкіндік беретін қызметтік бағдарламалармен толықтырылған.

Сандық РҚ алдыңғы нұсқаларына қарағанда әлдеқайда сенімді, РҚ-лар алдың нұсқаларының ескіруне байланысты жабдықтар жұмыс жасауға қабілетсіз болады.

Сандық РҚ кедергіден қорғанысы. Кедергіден қорғаныста электромагниттік кедергі жағдайында жабдықтың дұрыс жұмыс істеу қабілеті түсіндіріледі. Қажетті кедергіден қорғаныс келесі шарттарды орындаған кезде беріледі:

- кедергі деңгейінен жоғары ақпараттық сигналдар деңгейінің қажетті асып кетуінің болуы. Осыған байланысты энергетика 1 А және одан жоғары, 100 В және одан жоғары номиналды сигналдарды қолданады;

- РҚ құрылғылары бар ақпараттық белгі бергіштердің байланыс желілерін дұрыс жабу, қажет болғанда - байланыс желілерін кедергіден қорғау және кедергілерді болдырмау;

- РҚ құрылғыларының жабдықтарын дұрыс жобалау;

- Энергетикалық жүйелерді дұрыс енгізу;

- РҚ құрылғыларының конструкцияларын жерге орналастыру үшін қажетті шараларды сақтау;

- байланыс кабельдерін экрандау және т.б.

Энергетикалық қондырғыларға кедергі келтірудің негізгі себептері:

- жерлендірілген бейтарапты жоғары вольтты желідегі қысқа тұйықталу тізбектері. Ерекше жерге тұйықтау құрылғыларында қысқа тұйықталу кезіндегі ағымдар, әсіресе (сапасыз жерге қосу кезінде), жерге тұйықталған құрылғылардың тең емес потенциалдарын тудырады. Нәтижесінде, негізгі жиіліктің басым компоненті бар токтар мен кернеулер қайталама кабельдерде және қорғаныс құрылғыларына енгізіледі;

- найзағай разрядтары, жоғары вольтты кернеулердің жұмысына байланысты құбылыстар. Жарықтандырудың жоғары жиіліктік сипаты қысқа тұйықталу кезіндегі магистральді жиіліктегі ток ағындарға және, демек, жерлендіргіш элементтердің тең емес потенциалдарынан туындаған қайталама тізбектердегі үлкен жиілікті (импульстік) кедергіге карағанда, жер үсті қарсылығының әлдеқайда көп болғандығын анықтайды;

- коммутация кезінде бастапқы ажыратқыштардағы өтпелі процестер, сөндіргіштер және бөлгіштер;

- төмен вольтты жабдықты ауыстырған кезде қосалқы тізбектердегі өтпелі процестер;

- радиожиіліктегі құрылғылармен, қуат көздерімен және т.б. құрған жоғары жиілікті өрістер;

- электростатикалық разрядтар.

Кедергі көздерінің кернеуі үлкен мәнге жетеді. Жерлендіру жүйесінің жекелеген элементтері арасындағы кернеу құлауы жердегі қысқа тұйықталу және найзағайдан шығатын ондаған киловольт, қуат қондырғысын қосу үшін киловольт бірліктерін құрайды. Жерге келетін ағымдардың жоғары жиілікті компоненттері жерлендіргіш құрылғылар арасында жоғары жиіліктегі кернеу құлауларын (төмендеуін) құрайды. Осының салдары жерлендірілген қосалқы

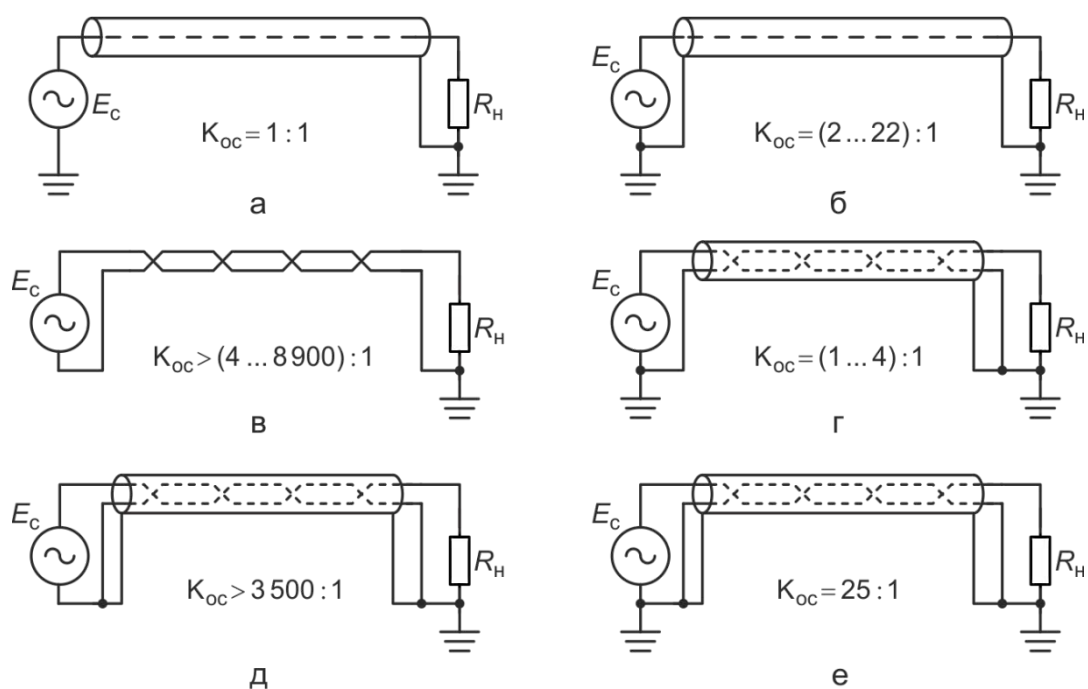
жабдықтардың әлеуетін арттыру және оны оқшаулауға арналған жүктеменің артуы.

Екінші тізбектерге кедергі ену жоғары жиілікті қорғаныс пен байланыс жабдығын қосу арқылы екінші жабдықты бір-біріне және бастапқы жабдыққа қосатын басқарушы тізбектер арқылы өлшеу ТТ және ТК және тиісті кабель қосылымдары арқылы жүзеге асырылады. Сонымен қатар, кедергі қосалқы станциядан өтетін кабельдерге жоғары кернеу шиналарының токтарынан және жерлендіргіш құрылғылар арасындағы теңестірілген токтардан индукция арқылы жіберіледі.

Арнайы шараларды қабылдасаңыз, бұл кедергі рұқсат етілген кернеулердің төменгі деңгейі бар сандық РҚ-дың электр қуатының төмен электрлік компоненттеріне зиян келтіруі мүмкін. Кедергі әсерінің тағы бір салдары - әсер ету кезінде санды РҚ жұмыс істемеуі: іске қосу кезінде шамадан тыс әрекеттер немесе сәтсіздік.

Байланыс кабельдерін экрандаудың тиімділігі. Нашар жерге тұйықтау тізбектерімен электромагниттік кедергілер деңгейінің жоғарылауы жағдайында, экрандалған кабельдер қолданылады. Металл кабелінің қабықшасының экрандау әсері, оларда туындаған сыртқы өрісті өтейтін өрісті құрайтын токтар құралатындығымен түсіндіріледі. Тиімді экрандау үшін экран қабырғаларының қалыңдығы экрандық материалдағы электромагниттік өрістің толқын ұзындығымен теңестірілуі тиіс. Мысалы, 50 Гц өндірістік жиілікте мыс қорғанышы қабырғаның қалыңдығы 6 см ғана, ал болат қалқан - 4,5 мм қалыңдығында ғана тиімді болады. Ферромагниттік экрандардың айтарлықтай маңыздылығына қарамастан, тәжірибелі түрде жоғары өткізгіш материалдардан жасалған экрандар қолданылады, себебі ферромагниттік заттардың магнит өткізгіштігі сыртқы өрістің беріктігіне байланысты. Ферромагниттік экран қаныққан кезде оның қорғағыш қасиеттері күрт нашарлайды.

Электр магниттік емес және жоғары жиілікті электромагниттік өрістерден қорғау үшін магниттік емес материалдан жасалған қалқандар бар кабельдер тиімдірек. Төмен жиіліктегі электромагниттік өрістерден қорғау үшін қалың қабырғалы ферромагниттік қалқандар талап етілетін болады, бұл ұзартылған тарату жолдары арқылы іс жүзінде мүмкін емес. Осы өрістерден тамырлармен қалыптасқан контурдың ауданын азайтатын кабельдік тамырлардың бұралуымен қорғалады және сымдар арасындағы өзара сыйымдылықты және өзара индуктивтілікті теңестіреді.



15.9 сурет. Нұсқалар (а ... е) R_H жүктеме арқылы E_c сигналдық көзі байланысы:

Кедергі көбінесе найзағай болып табылады және қысқа мерзімді импульстар және жоғары жиілікті тербелістер болып табылатын аса жоғары кернеулерді ауыстырғандықтан, магниттік қалқандарды пайдалану негізді болып табылады, өйткені мұндай кедергінің негізгі энергиясы жоғары жиілікті аймақта шоғырланған.

Экрандардың тиімділігі кедергі жиілігінің спектріне ғана емес, сонымен қатар экранның ішіндегі кабельдік тамырлардың орналасу сызбасына да байланысты. 15.9. -Суретте. сигнал көзін E_c қабылдағышына (Y_n жүктемесіне) қосудың әртүрлі нұсқаларын және кедергілерді азайту коэффициенттерін келтірілген. Кабельде бір сигнал сымы бар болса, қарапайым нұсқа бастапқы ретінде таңдалады (15.9-сурет, а). Жүргізу деңгейінде төмендету, 15.9- суретте көрсетілген, б ... г, жұмыс сигналдық тізбектің тиімді аймағының төмендеуіне байланысты. Осы себепті бірдей басқару кабеліне жататын өткізгіштер өлшеу тізбегінің өткізгіштері ретінде пайдаланылады және ешбір жағдайда әр түрлі кабельдердің сымдарын қолдануға болмайды. Негізсіз көздер немесе жүктеме (15.9, с, d) -мен пайдаланған кезде пайдалы сигнал кері сым немесе кабельді экран арқылы таралады, бұл схеманың тиімді аймағын азайтады және осылайша кедергі деңгейін төмендетеді. Егер экран тоғи жұмыс сигналын бұрмаласа, экран бір нүктеде жерге тұйықталуы керек: сәулелену кедергісін азайту немесе қабылданған кедергіні азайту үшін жүктеме кезінде. Жоғары жиілікті сигналдардың кабельдерінің қалқандары ұштарда жайғастырылады, сондай-ақ ұзындығы бойынша 0,21-ден кем емес, мұнда 1 - электромагниттік өрістің толқын ұзындығы.

Жақсы жерге тұйықталған өткізгіштегі (жер үсті шинасы, металл конструкциялары және т.б.) маңындағы бақылаусыз кабельмен байланыс желілерін төсеу жүргізілген кедергі деңгейін төмендетуге көмектеседі.

Энергетикада қауіпсіздік талаптары кабельдік экрандарға жерлендіруге (орналастыру, қондыру) қатысты өз нормаларын белгілейді. Электр станциялары мен қосалқы станциялардың импульстік кедергі әсерінен қайталама тізбектерін қорғау бойынша тәжірибелік ұсыныстар тиісті нұсқаулықтарда қамтылған.

Сандық РҚ техникалық қызмет көрсету. Техникалық қызмет көрсетудің барлық түрлері, олардың бағдарламалары және жүріс-тұрыс жиілігі РҚ құрылғыларын ұстау ережелерімен реттеледі. Арнайы РҚ құрылғысын (көлемі, жиілігі және қызмет көрсету әдісі) ұстауға қойылатын талаптар оны өндірушімен анықталады және техникалық сипаттамаға, пайдалану нұсқауларына енгізіледі. Әдетте, сандық РҚ құрылғысын пайдалану үшін сыртқы бақылау, оқшаулауға төзімділікті тексеру, параметрлерді орнату және тексеру, жөндеуге сәйкес тексеру сынағы қарастырылған.

Сандық қорғаныс құрылғылары аналогтық ұқсастықтарынан өздерінің құрылымдық орындалуында анағұрлым ақпараттылықпен ерекшеленеді. Кіріктірілген өзін-өзі диагностикалау және бақылау жүйелері, әдетте, дисплейде бүлінген түйінді іздеуді жеңілдететін ақаулық кодын көрсетеді. Дегенмен, тіпті ең дамыған қағидаларда 100% өзін-өзі бақылауды қамтамасыз ете алмайды. Демек, микропроцессорға негізделген құрылғылар персоналдың (қызметшілердің) қатысуымен техникалық қызмет көрсетуі керек.

Сандық РҚ құрылғыларының жоғары ақпараттық мазмұнын, олардың дұрыс жұмыс істемеуін, сондай-ақ өлшеу трансформаторларының тізбектеріндегі ақаулардың салдарынан ажыратқыштардың жетегі жанама түрде анықталуы мүмкін. Іс жүзінде барлық сандық құрылғылар басқарылатын шамалар, кіріс және шығыс сигналдары туралы ақпарат бере алады. Бұл деректерді талдай отырып, кіріс және шығыс тізбектеріндегі үзілістерді уақтылы анықтауға болады. Төтенше режимде сақталған ақпаратқа (қысқа тұйықталу токтарының мәндері, әртүрлі өлшеу құралдарының іске қосу уақыты және т.б.) сәйкес, РҚ құрылғысының және іргелес аумақтардың параметрлері дұрыс үйлесімді екенін тексеруге болады.

РҚ релелік қондырғылардың негізгі параметрлерін (шекті, қайтару коэффициенті, жауап беру уақыты және т.б.) бақылауымен сынақ құрылғысынан сыртқы сигналдарды беру арқылы дәстүрлі РҚ тексеру әдісі де микропроцессорлық құрылғыға негізделген жағдайда жеңілдетіледі.

Ток және кернеу тізбектерінде тұтынудың төмендігі тексеруді және есептілікті тексеруге қатысушының қатысуын барынша азайтатын арнайы жабдықталған жабдықтың көмегімен тексеру процесін автоматтандыруға

мүмкіндік береді. Тексеру нәтижелерін файл түрінде сақтау әр түрлі уақытта өткізілген тексерулердің нәтижелерін салыстыруға мүмкіндік береді. Сандық орнату мәндері компьютердің көмегімен алынуы мүмкін және қажет болған жағдайда құжат түрінде рәсімделеді.

Микропроцессорлық құрылғы жұмыс істеген кезде статикалық электр электрондық компоненттері зақымдануын болдырмау үшін РҚ барлық шараларды қабылдайды. Жөндеу кезінде аппарат ток орнатылған өткізгіш үстелге орналастырылады. Қызметкердің денесі кесте әлеуетіне ие болуы керек, ол әдетте орнықтырылған сақинамен немесе білезікпен қамтамасыз етіледі. Байланысты сандық құрылымын құрту қабілетті, адам ағзасына электр заряд қызметінің нәтижесінде-dyaschiysya, бұл шын мәнінде Мұндай қорғаныс шаралары адам денесіндегі электр зарядын сандық құрылымдарды бұзуға қабілетті екендігімен түсіндіріледі, ал статикалық электр қуаты өнімі дереу сөніп қалмауы мүмкін, бірақ бұл өнімді болашақта сәтсіздікке бейімдейді.

Микропроцессорға негізделген құрылғыларға қызмет көрсету кезінде құрылғының блоктары ажыратылған қосылыстарын кернеу болған кезде алып тастау мүмкін емес. Бұл ереже қауіпсіздік факторларына ғана емес (микропроцессорлық құрылғылардағы кернеулердің деңгейі, әдетте, 36 В аспайды), сонымен бірге сыртқы тізбектердің тәртібі сақталмаған кезде интегралды схемалардың істен шығу ықтималдығы қаншалықты жоғары болуына да байланысты. Микросхемаға алдымен қуат көзі берілу керек, содан кейін сигналдарды енгізу керек.

15.11. Сандық РҚ бағалау

Өртүрлі жобалау нұсқаларына қарамастан, электромеханикалық, жартылай өткізгіш және интегралдық релелерде жасалған РҚ құрылғылары жалпы сипаттамаға ие – ол қатаң логика. Бұл құрылғылар ұзақ уақыт пайдаланылады, әсіресе оларды қарапайым зақымданудан қорғау үшін, бірақ ерте ме, кеш пе, олар ақпаратты жаңа сандық өңдеу арқылы жаңа түрдегі қорғанысымен алмастырылады.

Сандық РҚ элементтердің бірігуінің жоғары деңгейі, икемділік, зиянды анықтаудың күрделі алгоритмдерін енгізу мүмкіндігі, функционалдық бақылаудың озық жүйесі және техникалық қызмет көрсетудің төмен шығындары. РҚ-ды ақпаратпен қамтамасыз ету кіріс сигналдарының параметрлеріне негізделген. Бұл параметрлер амплитудасы, фазалық ығысуы және жиілігі, сондай-ақ сигналдардың интегралдық мәндері.

Өтпелі кезеңмен туындаған және апериодтық және гармоникалық компоненттердің пайда болуына кедергі келтіретін сигналдардағы кателер, кіріс токтарының және кернеулердің алдын ала сүзгілеуі арқылы азаяды.

Сандық РҚ электромеханикалық және статикалық релелерде жасалған дәстүрлі РҚ-мен салыстырғанда келесі артықшылықтарға ие:

- сенімділік, жылдамдық, техникалық қызмет көрсету және диагностиканың үздіксіз автоматтандырылған бақылауы;
- күрделі және күрделі басқару алгоритмдерін енгізу, реттеу, қалпына келтіру және пайдалану мүмкіндіктері;
- төтенше процестердің осциллографтар мен параметрлерін есте сақтау мүмкіндігі;
- біртұтас қорғалатын объектіде терминалды құруға мүмкіндік беретін жедел және автоматты басқару жүйелерін интеграциялау (біріктіру);
- күрделі алгоритмдерді енгізу кезінде қызметкерлердің тиісті біліктілігін талап ететін жағдайларды қоспағанда, цифрлық радиохабарлауын пайдаланудың қызметкерлерге тәуелділігінің дерлік толық болмауы, сандық РҚ жұмыс істеу параметрлерін дұрыс таңдау үшін қажет;
- ТК және ТТ жүктемелерін азайтатын ток және кернеудің кіріс тізбектерінде төмен тұтыну сандық РҚ автоматтандырылған тексеру үшін қазіргі заманғы жабдықты пайдалануға мүмкіндік береді;
- сапалы жаңа қорғаныс функцияларын енгізу мүмкіндігі.

Сандық РҚ бірнеше артықшылығы бар, оның ішінде ең маңыздысы автоматты түрде үздіксіз өзін-өзі диагностикалау, бұл РҚ-ның жоғары сенімділігін қамтамасыз етеді және қорғаныс құрылғыларының мерзімді профилактикалық тексерулерінің көлемдерін және кезеңдерін айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді.

Сандық қорғаныс электромеханикалық қорғанысқа қарағанда қысқа тұйықталу секцияларын жылдам өшіруді қамтамасыз етеді. Электрлік жабдық үшін, сандық РҚ қысқа тұйықталудың пайда болуын болдырмау үшін қауіпті қалыпты режимдерге қарсы профилактикалық қорғауды қамтамасыз етеді. Цифрлық РТ-ны пайдалану электр энергиясын тұтынуынан шығындарды және электр жабдықтарын техникалық қызмет көрсету мен жөндеуге кететін шығындарды азайтады.

Сандық РҚ дәстүрлі электромагниттік ток және кернеу трансформаторларын ретінде қорғалатын элементтің кернеулер мен токтар туралы ақпарат алу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, сондай-ақ шағын көлемді ауада (датчик) трансформаторлық Роговский катушкалары сияқтыларынан. Бұл белгі бергіштерде сызықты емес ферромагниттік ядро (магниттік тізбектің) болмауы бастапқы мәндерді және екінші деңгейдегі ток өлшеудің кең

ауқымдарына айналдыруда кішігірім катені тудырады. Роговский катушкалардың негізгі кемшіліктері электр қуатын беру релелерімен үйлестіруде кедергі болып табылатын төмен шығыс қуаты мен төмен шығу сигналының деңгейі болып табылады.

Сандық РҚ-ның артықшылықтарымен қатар кемшіліктер бар: кішкене кедергітұрақтылық, арнайы күшейткіштерді қолдануды қажет ететін, сондай-ақ сөндіргіштің жетегі бар аралық электромеханикалық релелерді қолданатын сигналдың әлсіздігі.

РҚ-да сандық құрылғыларға көшу, немесе керісінше, ақпаратты өңдеудің сандық әдістері электр жабдығын қорғаудың жаңа қағидаларының пайда болуына алып келмеді, бірақ реле өнімділігін едәуір жақсартты.

Өзін-өзі бақылау сандық РҚ сенімділігін едәуір жақсартты, өйткені қызметкерлерді аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету бөліктеріндегі сәтсіздік туралы уақытында хабардар етуге мүмкіндігі болды, бұл РҚ жұмыс қабілетін қалпына келтіру жөніндегі дереу шараларды қабылдау мүмкіндігін береді.

Сандық РҚ құрылғыларының пайда болуы дәстүрлі электромеханикалық құрылғыларды пайдаланудан толық бас тартуды білдірмейді. Соңғысы қажетті сезімталдығын, жылдамдығын, сенімділігін және селективтілігін қамтамасыз етсе, олар толық көлемде қолданылуы керек, өйткені РҚ электромеханикалық құрылғылары үнемді және қарапайым. Бұдан басқа, олардың қызмет көрсетуде үлкен тәжірибесі жиналған.

Бақылау сұрақтары

1. Микропроцессорлық (сандық) қорғауды қолданудың негізгі қағидалары қандай?
2. Микропроцессорлық қорғаудың қандай кемшіліктері бар?
3. Микропроцессорлық қорғауға арналған датчиктер (белгі бергіш) дегеніміз не?
4. Роговский катушкасы қалай орнатылған?
5. Токты микропроцессорлық қорғау қалай жұмыс істейді?
6. Электромеханикалық реледе орындалған, артық жүктемеден қорғалтқышты микропроцессорлық қорғаудың аналогтық қорғаудан артықшылығы қандай?
7. Сандық РҚ кедергіден қорғанысы немен қамтамасыз етіледі?

ҚОСЫМША

Цех трансформаторларының релейлік қорғанысын есептеу

Тапсырма: қорғаныс типін таңдау және ТМ типті цех трансформатор релелерінің және қорғаныстарының іске қосу тоқтары анықтау керек. Трансформатордың негізгі деректері: шартты қуаты $S_{\text{т.ном}} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; шартты бастапқы және қосалқы кернеулердің қатынасы $U_{1\text{т.ном}}/U_{2\text{т.ном}} = 6,3/0,4$; трансформатордың КЗ-ның салыстырмалы кернеуі $u_k = 5,5 \%$; нөлдік шығыстары бар «үшбұрыш»-«жұлдыз» орамаларының қосылу сұлбалары; шартты бастапқы ток $I_{1\text{т.ном}} = 57,8 \text{ А}$; шартты қосалқы ток $I_{2\text{т.ном}} = 910 \text{ А}$.

ВН шығысындағы және орамадағы, сондай-ақ артық жүкетеке кезінде фазааралық КЗ-да цех трансформаторларын қорғауды қарастырайық.

ВН шығысындағы және орамадағы фазааралық КЗ-да цех трансформаторларын қорғау үшін РТ-40 типті релені қолдана отырып, уақыт кідірісі жоқ ТО қабылданады. ТТ қосылулар сұлбасы – толық емес «жұлдыз».

Қорғаудың (бөлу) әрекет ету тоғы келесі формула бойынша анықтаймыз

$$I_{\text{с.з}} = k_{\text{отс}} I_{k \text{ max}},$$

мұндағы $k_{\text{отс}}$ – салу коэффициенті ($k_{\text{отс}} = 1,4$ қабылданады); $I_{k \text{ max}}$ – НН жағындағы үшфазалы КЗ кезінде ТТ қорғанысы арқылы өтетін ток,

$I_{k \text{ max}}$ келесі формула бойынша табамыз

$$I_{k \text{ max}} = I^{(3)} = \frac{I_{1\text{т.ном}}}{u_k} = \frac{57,8 \cdot 100}{5,5} = 1050 \text{ А},$$

мұндағы $I^{(3)}$ – үшфазалы КЗ тоғы.

Бұдан $I_{\text{с.з}} = 1,4 \cdot 1050 = 1470 \text{ А}$.

Реленің әрекет ету тоғы $I_{\text{с.р}} = \frac{k_{\text{сх}} I_{\text{с.з}}}{k_{\text{ТТ}}} = \frac{1 \cdot 1470}{150:5} = 49 \text{ А}$.

Алынған мәндердің негізінде РТ-40/100 ток релесін және РТ-26 аралық релені таңдаймыз.

Артық жүктеме кезінде цех трансформаторларын қорғау үшін ток фазасына қосылған және уақыт кідірісі бар сигналға әсер ететін бір ток релесі арқылы орындалатын ВН трансформатыны жағынан орнатылатын МТЗ қабылданады. Максималды ток қорғанысын трансформатордың номиналды тоғынан құрамыз.

Қорғаныстың әрекет ету тоғы $I_{\text{с.з}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} I_{1\text{т.ном}} = \frac{1,05}{0,8} 57,8 = 75,8 \text{ А}$.

Реленің әрекет ету тоғы $I_{\text{с.р}} = \frac{k_{\text{сх}}}{k_{\text{ТТ}}} I_{\text{с.з}} = \frac{1 \cdot 75,8}{150:5} = 2,53 \text{ А}$.

МТЗ уақыт кідірісін КЗ-дан трансформаторларды қорғау уақытына қарағанда көбірек таңдаймыз.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Александров А. М.* Выбор уставок срабатывания защит асинхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ / А. М. Александров. — М.: НТФ «Энергопрогресс». — Вып. 2. — 1998.
2. *Андреев В. А.* Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В. А. Андреев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1991.
3. *Барзам А. Б.* Системная автоматика / А. Б. Барзам. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Энерго атомиздат, 1989.
4. *Беркович М.А.* Основы автоматики энергосистем / М. А. Беркович, А. Н. Комаров, В. А. Семенов. — М.: Энергоиздат, 1981.
5. *Гельфанд Я. С.* Релейная защита распределительных сетей / Я. С. Гельфанд. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. *Киреева Э.А.* Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения: справочные материалы и примеры расчетов / Э. А. Киреева, Т. Юнес, М. Айюби. — М.: Энер- гоатомиздат, 1998.
7. *Киреева Э. А.* Автоматизация управления промышленным энерго- снабжением / Э.А.Киреева, Э.А.Соскин. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
8. *Киреева Э. А.* Расчеты релейной защиты и автоматики / Э. А. Киреева, С. С. Бодрухина. — М.: Изд-во МЭИ, 1985.
9. *Киреева Э.А.* Проектирование релейной защиты автоматики и те- лемеханики / Э.А.Киреева, С. С. Бодрухина. — М.: Изд-во МЭИ, 1982.
10. *Кривенков В. В.* Релейная защита и автоматика систем элект- роснабжения: учеб. пособие для вузов / В. В. Кривенков, В. Н. Новелла. — М.: Энергоиздат, 1981.
11. *Овчинников В. В.* Автоматическое повторное включение / В. В. Овчинников. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
12. Правила устройства электроустановок. — 7-е изд. — СПб. : Изд- во ДЕАН, 2004.
13. *Федосеев А.М.* Релейная защита электроэнергетических систем: релейная защита сетей: учеб. пособие для вузов / А. М. Федосеев. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
14. *Чернобровов Н. В.* Релейная защита энергетических систем: учеб. пособие для техникумов / Н. В. Чернобровов, В. А. Семенов. — М.: Энергоатомиздат, 2007.
15. *Шабад М.А.* Защита трансформаторов распределительных сетей / М.А. Шабад. — Л.: Энергоиздат, 1981.
16. *Шабад М.А.* Автоматизация распределительных электрических сетей с использованием цифровых реле / М.А. Шабад. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000. — Вып. 9 (21).
17. *Шуин В. А.* Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6—10 кВ / В.А.Шуин, А.В.Гусенков. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. — Вып. 11 (35).

МАЗМҰНЫ

Алғысөз.....	3
Қабылданған акронимдердің тізімі.....	4
1 тарау. Электр энергетикалық жүйелердегі зақымдар және қалыпсыз жұмыс режимдері.....	6
1.1. Жалпы ақпарат.....	6
1.2. Зиянның түрлері.....	7
1.3. Анормалсыз режимдер.....	9
2 тарау. Релелік қорғаныс принциптері.	11
Электромеханикалық реле.....	
2.1. Релелік қорғаныстың жалпы принциптері.....	11
2.2. Релелік қорғаныс схемасы бойынша реле және олардың контактілері.....	14
2.3. Электромеханикалық релелер туралы жалпы ақпарат.....	16
2.4. Электромагниттік релелер.....	16
2.4.1. Электромагниттік релелердің құрылысы және жұмыс принципі.....	16
2.4.2. Реле өшіру және кері ағымдар, қайтару коэффициенті.....	18
2.4.3. Электромагниттік ток релесі.....	19
2.4.4. Электромагнитті кернеу релесі.....	20
2.4.5. Аралық электромагниттік реле.....	21
2.4.6. Оқшауланған магнитті басқарушы түйіндермен реле.....	25
2.4.7. Электромагнитті көрсеткіш релелер.....	26
2.4.8. Электромагнитті уақыт релелері.....	27
2.4.9. Электромагнитті поляризацияланған реле.....	29
2.5. Индукциялық реле.....	30
2.5.1. Индукциялық релелердің жұмыс принципі.....	30
2.5.2. Индуктивті өлшеу ток релесі.....	32
2.5.3. Индукциялық қуат реле бағыты.....	35
3 тарау. Релелік қорғау туралы жалпы ақпарат.....	38
3.1. Операциялық ток көздері және олардың сипаттамалары.....	38
3.1.1. Ағымдағы көздерді тағайындау.....	38
3.1.2. Тұрақты жедел ток.....	39
3.1.3. Айнамалы жедел ток.....	42
3.1.4. Түзетілген жедел ток.....	44
3.2. Реле қорғанысына қойылатын негізгі талаптар.....	47
4 тарау. Жоғары тоқтық қорғаныс және тоқтық ажыратулар.....	52
4.1. Жоғары тоқтық қорғаныс.....	52
4.1.1. Ағымдағы көздерді тағайындау.....	52
4.1.2. Іске қосылу тогын таңдау.....	53
4.1.3. Кешігу уақытын таңдау.....	55
4.1.4. ЖТҚ схемалары.....	55
4.1.5. Сезімталдығы бойынша қорғаныстарды келісу.....	58
4.1.6. ЖТҚ бағалау.....	59
4.2. Тоқтық ажырату.....	60

4.2.1. ТА тағайындау және әрекет ету қағидаты.....	60
4.2.2. Біржақты желілерде лездік ТА қоректендіруі.....	61
4.2.3. Екі жақты қоректі желілерде тоқты бір сәтте ажырату.....	63
4.2.4. Уақыт ұстап токтан айыру.....	64
4.2.5. Қысым бойынша іске қосылатыны (бұғатталатыны) бар ТО.....	66
4.2.6. ТО бағалау.....	67
5 тарау. Токты бағытталған қорғаныстар.....	69
5.1. Қорғаныстың тоқтық бағытталған мақсаты және жұмыс істеу принципі	69
5.2. Каскадты әрекеттер аймағы және бағытталған МТЗ өлі аймағы	71
5.3. Бағытталған МТЗ іске қосу тоғы.....	72
5.4. Бағытталған МТЗ уақытының үзіндісі.....	73
5.5. Қуаттың бағыттау релесі.....	75
5.6. Бағытталған МТЗ бағалау.....	76
6 тарау. Электр желілерінде жерге тұйықталудан қорғау.....	78
6.1. Жердегі тұйықталудан атаулы қорғау.....	78
6.2. Изоляцияланған нейтраль жүйесіндегі бір фазалы жерге тұйықталудан сақтау.....	79
6.3. Жерге бір фазалы тұйықталудан қорғауға қойылатын талаптар.....	84
6.4. Қорғаныстарды орындау.....	84
6.5. Бейтарап оқшауланған желіде нөлдік тізбектелген тоқтық қорғауды бағалау.....	88
6.6. Жерлендірілген бейтарапты желіде жерге бір фазалық тұйықталудан қорғау.....	90
6.6.1. Жерлендірілген бейтарапты желілердің ерекшеліктері	90
6.6.2. МТҚ нөлдік тізбектің әрекет еті қағидасы және сызбасы.....	90
6.6.3. МТҚ нөлдік тізбектің әрекет еті қағидасы және сызбасы.....	92
6.6.4. Нөлдік тізбектің тоқты бағытталған қорғаныстары.....	93
6.6.5. Нөлдік тізбек қорғанысың басқа түрлері туралы.....	95
6.7. Нөлдік тізбекті тоқты қорғанысты желідегі жерлендірілген бейтарапта бағалау.....	95
7 тарау. Желілердің дифференциалды, қашықтық және жоғары жиілікті қорғаныстары.....	97
7.1. Желілердің дифференциалды қорғанысының мақсаты және түрлері.....	97
7.2. Желілердің бойлық дифференциалды қорғанысы.....	98
7.2.1. Қорғаныстың әрекет ету қағидаты.....	98
7.2.2. Қорғаныстың іске қосылу өлшемін анықтау.....	99
7.2.3. Желілердің бойлық дифференциалды қорғанысын орындау және оны бағалау.....	101
7.3. Желілердің көлденең дифференциалды қорғанысы.....	104
7.3.1. Қорғаныстың әрекет ету қағидаты.....	104
7.3.2. Токтық көлденең дифференциалды қорғаныс.....	105
7.3.3. Бағытталған көлденең дифференциалды қорғаныс.....	106
7.3.4. Қорғанысты бағалау және оның қолданылу аясы.....	109
7.4. Желілердің қашықтық қорғанысы.....	110

7.4.1. Қашықтық қорғаныстың мақсаты және әрекет ету қағидаты.....	110
7.4.2. Қашықтық қорғанысты орындау және оның жұмысы.....	113
7.4.3. Қашықтық қорғанысты бағалау.....	115
7.5. Жоғары жиілікті қорғаныстар.....	116
7.5.1. Жоғары жиілікті қорғаныстардың мақсаты және түрлері.....	116
7.5.2. ЖЖ-бұғаттауы бар бағытталған қорғаныстың әрекет ету қағидаттары.....	116
7.5.3. Қорғаныстың жоғары жиілікті бөлігінің орындалу және жұмыс істеу қағидаттары.....	118
7.5.4. Жоғары жиілікті қорғаныстарды бағалау және олардың қолданылу аясы.....	119
8 тарау. Күш трансформаторларын қоршау.....	121
8.1. Трансформаторлардың жұмыс бейнормал тәртіптері мен зақымданудың негізгі түрлері.....	121
8.2. Орамдардағы және олардың шығысындағы азааралық КЗ-дан трансформаторлардан қорғау.....	122
8.2.1. Қоршау түрлері.....	122
8.2.2. Трансформаторлардың дифференциалды қорғанысындағы теңгерімсіз токтар.....	124
8.2.3. Трансформатордың дифференциалдық қорғанышының есептеу.....	126
8.3. Сыртқы КЗ-дан трансформаторлады қорғау.....	129
8.4. Трансформаторларды артық жүктемеден қорғау.....	135
8.5. Трансформаторлардың газ қорғанысы.....	135
8.5.1. Газ қорғанысының әрекет ету қағидасы және тағайындалуы.....	135
8.5.2. Газ реле құрылымын жетілдіру.....	138
8.6. Цех траннсформаторларын қорғау сұлбасы.....	140
9 тарау. Электр қозғалтқыштарын және құрсымдарын қорғау.....	144
9.1. Электр қозғалтқыштардың негізгі зақымдану түрлері және бейнормал режимдері.....	144
9.2. Фазааралық ҚТ-дан электр қозғалтқыштарын қорғау.....	149
9.3. Электр қозғалтқыштарын шамадан тыс тиеуден қорғау.....	154
9.4. Статор орамынан бір фазалық жерге тұйықталудан электр қозғалтқышын қорғау.....	158
9.5. Желдеткіш қасбеттердің технологиясы, оларды жылыту және қаптау.....	161
9.6. Синхронды (үндескен) электр қозғалтқыштарын қорғау ерекшеліктері.....	166
9.7. Кернеуі 1кВ- ға дейін электр қозғалтқыштрды қорғау.....	169
9.8. Жиналмалы шиналарды қорғау.....	174
10 тарау. Автоматты түрде қайта қосу және Резервті автоматты түрде қосу.....	179
10.1. АҚҚ құрылғыларының тағайындалуы және оларға қойылатын негізгі талаптар.....	179
10.2. АҚҚ құрылғыларының жіктелімі және сипаттамасы.....	183
10.3. АҚҚ барысында релелік қорғау әрекеттерін жеделдету.....	187
10.4. Сызықтардағы АҚҚ әрекетінің принципі және сызбасы.....	188

10.5. Шиналардың АҚҚ әрекеттерінің және сызбасының принциптері.....	190
10.6. АҚҚ қозғалтқыштарының әрекеті мен сызбасының принципі.....	192
10.7. Біржақты қуаттауы бар сызықтарға арналған бір рет АҚҚ тағайындамаларын іріктеу.....	195
10.8. РАҚ қондырғыларының негізгі міндеттері және оларға қойылатын талаптар.....	196
10.9. Бөлімдік ажыратқыш АВР сұлбалары және жұмыс істеу қағидалары.....	201
10.10. АВР желілерінің сұлбалары және жұмыс істеу қағидалары.....	203
10.11. АВР трансформаторлары және жұмыс істеу қағидасы.....	204
10.12. Синхронды жүктеме болған кездегі АВР орындалу ерекшеліктері. Жылдам әрекет етуші АВР.....	206
11 тарау. Автоматты жиілікті босату және жиілікті автоматты қайта қосылу.....	209
11.1. АЖБ пайдаланылу мақсаты және АЖБ құрылғыларына қойылатын негізгі талаптар.....	209
11.2. АЖБ орындау принципі.....	211
11.3. ЖАҚҚ пайдаланылу мақсаты және ЖАҚҚ құрылғыларына қойылатын негізгі талаптар.....	214
11.4. АЖБ және ЖАҚҚ схемалары.....	219
12 тарау. Сөндіргіштер істен шыққан кезде қолданылатын резервтік құрылғылар.....	222
12.1. Резервтеудің қолданылуы және әдістері.....	222
12.2. САРҚ тізбегі және әрекет ету қағидасы.....	225
12.3. САРҚ параметрлерін таңдау.....	231
13 тарау. Апатқа қарсы автоматика.....	232
13.1. Апатқа қарсы автоматика құрылғыларының мақсаты мен түрлері.....	232
13.2. Апатқа қарсы автоматика құралдарын орындау қағидалары.....	233
13.3. Апатқа қарсы автоматика құрылғыларына қойылатын, негізгі техникалық талаптар.....	234
13.4. Апатқа қарсы автоматика құрылғысы сұлбаларының мысалдары.....	234
14 тарау. Қосалқы станцияларды дабыл жүйесімен және электр аппараттарымен басқарудың түрлері және қағидалары.....	238
14.1. Электр қондырғыларымен басқарудың жалпы қағидалары.....	238
14.2. Басқару түрлері.....	239
14.3. Телемеханикалық жүйелер.....	241
14.4. ТБ-ТД жүйелері.....	245
14.5. Телемеханикаландыру және диспетчерлеу.....	247
15 тарау. Микропроцессорлық (сандық) релелік қорғаныс.....	251
15.1. Жалпы түсінік.....	251
15.2. РҚ сандық құрылғысының негізгі түйіндерінің сипаттамалары.....	255
15.3. Байланысты жүргізу арналары.....	261
15.4. Сандық РҚ-да аппаратты өңдеу.....	263
15.5. Сандық қорғаныстың бағдарламалық қамтамыз етілуі және өлшеу органдары.....	264

15.6. Токты сандық қорғау.....	265
15.7. Артық жүктеуден сандық қорғау.....	266
15.8. Сандық токты кесу.....	269
15.9. Фаза аралық қысқа тұйықталудан ҚТ сандық қорғау.....	270
15.10. Релелік қорғаудың сандық құрылғыларын пайдалану.....	272
15.11. Сандық РҚ бағалау.....	278
Қосымшалар.....	281
Әдебиеттер тізімі.....	282

Оқулық басылым

**Киреева Эльвира Александровна,
Цырук Сергей Александрович**

Релелік қорғаныс және электр энергетикалық жүйелерді автоматтандыру

Оқу құралы

5-ші басылым, стереотипті

Рекдактор Е.М. Зубкович, И.В. Мочалова

Техникалық редактор Е.Ф. Коржуева

Компьютерлік беттеу Р.Ю. Волкова

Корректорлар Г.Е. Форысенкова, Т.В. Кузьмина

№ 105113398 басылым. 19.04.2016 басылымға қойылды. 60х90/16 формат.

«Ньютон» гарнитурасы. №1 кеңсе қағазы. Офсетті басылым. №1, Беттерді басу шарты 18,0.
1 000 тираж. Тапсырыс №

«Издательский центр «Академия» ЖШҚ, www.academia-moscow.ru

129085, Мәскеу қ., Мира даңғылы, 101 уй, 1

Тед. 8(495)548-05-07, факс 8(495)616-00-29

Санитарлық-эпидемиологиялық қорытындысы № РОСС RU, АЕ51. Н.166679 25.05.2015
бастап

АҚҚ «Первая образцовая типография» басылыммымен ұсынылған электронды тасығышпен
басылған