

АНДАТПА

Әмірбек Динара Әмірбекқызының 8D07103 – «Электрэнергетика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған «Қосарлау және резервтеу арқылы электр станциялары сұлбаларының сенімділігін арттыру» тақырыбындағы диссертациясына

Өзектілігі

Релелік қорғанысты қоса алғанда, электр станцияларының басты схемаларының сенімділігін арттыру электр энергиясын жеткізуді (ЭЭЖ) арттыруға, схемалардың сенімсіздігінен болатын залал мен шығындардың азаюына әкелуі мүмкін, міне сондықтан бұл өзекті тақырып. Сенімділік теориясының басты схемаларға қатысты бөлігіне Гук Ю.Б., Мисриханов М.Ш., Непомнящий В.А., Синьчугов Ф.И., Федосеев А.М., Смирнов В.А., Фигурнов Е.П., Шалин А.И. үлес қосты.

Бұл схемалардың сенімділігін арттырудың негізгі әдісі ретінде ауалық (АА) және майлық ажыратқыштарын неғұрлым сенімді элегаздық (ЭА) және вакуумдық ажыратқыштарға алмастыру, ал олардың релелік қосылыстарында - микропроцессорлық элементтік базаға көшу бірнеше ондаған жылдар бойы өзгеріссіз қалып отыр. Ажыратқыштардың сенімділігін анықтау бойынша көптеген мақалалар бар. Бұл ретте элегаздық ажыратқыштар ауалық ажыратқыштарға қарағанда 10-90% - ға сенімдірек деп тұжырымдалған. Алайда, мұқият зерттелгеніне қарамастан бұл электр энергиясын жеткізуге (ЭЭЖ), залал мен шығындарға қалай әсер ететіні жайлы Scopus и Web of Science журналдарында, сондай-ақ Ресей мен Қазақстанда жарияланған мақалаларда көрсетілмеген. Және мұны тек 2023 жылы біз [1] алғаш болып көрсеттік. Сонымен қатар, бұл журналдарда ЭА-ға қарағанда неғұрлым сенімді ажыратқыштарды әзірлеу есебінен ЭЭЖ-ді одан әрі арттыру мүмкіндігі бағаланбады, сонда қандай жолмен жүру керек. Бәлкім, ЭЭЖ-ді одан әрі арттыру үшін генератор-трансформатор блоктары мен желілердің сенімділігіне ерекше назар аударған жөн шығар немесе ажыратқыштарды ауыстырмай, дәстүрліге қарағанда әлдеқайда сенімді жаңа негізгі схемаларды жасауға тырысу керек пе? Соңғы сұраққа КЭС және ГЭС-дың 330-750 кВ кернеуіндегі үшбұрыш-алтыбұрыштың негізгі схемалары үшін 2022 жылы А.Ж. Дінмұханбетованың докторлық диссертациясында жауап берілді. Бірақ, неғұрлым кең таралған басты схемалар үшін (қосылуға арналған ажыратқыштың 3/2 және 4/3) осы немесе басқа сұрақтарға жауап жоқ.

[1] Barukin, A.S., Kletzel M.Ya., Dinmukhanbetova A.Zh., Amirbek, D.A. Introduction of an Auxiliary Breaker into the Generator-Transformer Block for Energy Saving in Open Switchgear Circuits of Power Plants. // Energetika. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations. - Vol. 66. - № 4 (2023). - P. 333–343.

[2] Гуревич В. И. Микропроцессорные устройства релейной защиты: настоящее и будущее: // Электричество. – 2007. - №4, С. 30 - 36.

Басты схемалардың қосылыстарының релелік қорғанысына келер болсақ, бұл жерде сенімділікті арттыру тұрғысынан микропроцессорлық базаға көшуге үлкен үміт артылды, және соңғы 20 жыл көрсеткендей, ол үміт ақталмады [2]. Бұл ретте пайдаланудағы қашықтықтан қорғау және нөлдік реттілікті қорғау сенімділігі жақсартылмайды, бірақ олардың резервтік ретінде істен шығуы резервке қосылмайды.

Оның үстіне, апаттар, соның ішінде техногендік апаттар саны артты. Мысалы, 2005 жылы Мәскеуде және Испанияда, 2015 жылы Беларуссияда, 2018 жылы АҚШ-та, 2019 жылы Ұлыбританияда және 2023 жылы Қырғызстан мен Қазақстанның бір бөлігін қамтыған Өзбекстандағы апаттар. ТМД-да жабдықтардың тозуына байланысты (Қазақстанда 75% өз мерзімін өтеген) олардың саны тек артады деп күтуге болады. Қазір Қазақстанда қорғаудың сенімділігін арттыру үшін, бүкіл әлем сияқты, қарапайым қосарлау қолданылады. Ол іске қосу сенімділігін жақсартады, бірақ іске қосылмауды нашарлатады. Екеуі де мажорлауды жақсартады (үшеуінің екеуі негізінде қосарлау). Алайда, оны енгізуге аса жоғары кернеуде ток трансформаторларының құны және әртүрлі жұмыс принципінің жеткіліксіз қорғанысы кедергі келтіреді. Сондықтан, ток трансформаторларынсыз осындай қорғаныстарды әзірлеу, жоғарыда келтірілген барлық сұрақтарға жауаптар сияқты, электр станцияларының негізгі схемаларының сенімділігін арттыруға ықпал етеді.

Зерттеу нысаны электр станцияларының схемалары болып табылады.

Зерттеу пәні - КЭС және ГЭС-те кернеуі 330-750 кВ қосуға арналған ажыратқыштың 3/2 және 4/3 бас схемаларының сенімділігі.

Диссертация тақырыбының жалпы ғылыми (мемлекеттік) бағдарламалармен байланысы. Жұмыс CIGRE халықаралық ұйымының B5 «Релелік қорғау және автоматика» кіші комитетінің ғылыми бағыттарына және «Энергетика және машина жасау» ғылымын дамытудың басым бағытына сәйкес және 2021-2023 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру шеңберінде «Электр станцияларының ашық тарату құрылғыларының жаңа схемаларын әзірлеу арқылы энергия үнемдеу» (IRN AP09058249) бойынша 24.02.2021 жылғы №66-кму-2/1 FЗЖ М/Б нәтижелерін алуға байланысты орындалды.

Жұмыстың мақсаты - қосарлау және резервтеу жолымен кернеуі 330-750 кВ КЭС және ГЭС-терде 3/2, 4/3 басты схемалардың сенімділігін арттыру.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды және шешілді:

- КЭС және СЭС схемаларының сенімділігін арттыру жолдарын табу;
- электр энергиясымен қамтамасыз етілмеудің ажыратқыштардың істен шығуының $\lambda_{\text{В}}$ жиілігіне тәуелділігін құру арқылы 3/2 және 4/3 схемалары үшін ЭС-да ажыратқыштарды неғұрлым сенімді түрлеріне ауыстырудан электр энергиясын жеткізудің артуын болжау;
- Ажыратқыштарды қосарлау арқылы 3/2 және 4/3 схемаларына негізделген ЭС схемаларын жасау;

- Кернеуі 330-750 кВ 4/3 схемасының қосылыстарын жалпы ресурс үнемдейтін резервтік релелік қорғаудың әрекет алгоритмін әзірлеу;
- Мажоризацияны қолдана отырып, осындай қорғаныс моделін жасау;
- Осындай қорғаныстар үшін ток трансформаторларын пайдаланбай геркондағы өлшеу органдарын әзірлеу.

Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен ұсынымдардың негізділігі мен дұрыстығы расталады келесідей расталады: сенімділік теориясының негіздерін, релелік қорғанысты және логика алгебрасын сауатты пайдаланумен; РФ Патенттері № 2739971, № 2744255, № 2768976, № 2769277, ҚР Патенті № 35987 енген апробациямен; «Вестник Торайгыров университет» ғылыми журналы; Scopus-та жарияланған өнеркәсіптік инжиниринг, қосымшалар және өндіріс жөніндегі Халықаралық конференцияның (ICIEAM) (Ресей Федерациясы, Сочи қаласы, 2021 ж.), «Электротехникалық кешендер мен жүйелер» Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының (Ресей Федерациясы, Магнитогорск қаласы, 2021 ж.) материалдары; мақала «Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ» Халықаралық техникалық журналында (Республика Беларусь, г. Минск, 2023 г.) Scopus-та Q3 квартилімен (процентиль 36) жарияланған.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

1. Есептеулер арқылы 3/2 және 4/3 басты схемаларының сенімділігін арттыруға болатындығын дәлелденді және олардың көмегімен ажыратқыштарды әлдеқайда сенімді гипотетикалыққа ауыстырудың нәтижесінде электр энергиясын жеткізудің (ЭЭЖ) артуын болжауға болатындығын көрсетті. Алғаш рет электр энергиясының жеткіліксіз жеткізілуінің (ЭЭЖЖ) ауыстырылатын ажыратқыштардың істен шығу жиілігіне тәуелділігі табылды.

2. Ажыратқыштарының саны артқан 3/2 және 4/3 схемаларынынан ерекшеленетін КЭС және ГЭС жаңа схемалары құрылды.

3. ЭС басты схемаларының сенімділігін арттыру үшін қосылу фазаларынан қауіпсіз қашықтықта орнатылатын және ток трансформаторларының (ТТ) және ток релесінің функцияларын бір уақытта орындау үшін және қуат бағыты релесінің ток орамасын қуаттандыру үшін қолданылатын орамалары бар геркондардың көмегімен қосылыстардың жалпы резервтік қорғанысын құру ұсынылды. Қосылыстардағы токтарды салыстыру принципі бойынша 4/3 схемасы үшін геркондармен ортақ микропроцессорлық қорғаныстың жұмыс істеу алгоритмі жасалды.

4. ТТ орнына герконды өлшеу органының мажорлануымен ерекшеленетін алтыбұрыш схемасының барлық қосылыстарына ортақ резервтік қорғаныс моделдері және геркондарды 330-750 кВ кернеулі фазаларға жақын бекіту конструкциясының моделдері тұрғызылды.

Жұмыстың жаңа ғылыми нәтижелері:

1. 3/2 және 4/3 схемаларына негізделген ЭС басты схемалары және ажыратқыштарды неғұрлым сенімді ажыратқыштарға ауыстырған кезде электр

энергиясын жеткізуді ұлғайтуды есептеу әдістемесі жасалған. КЭС және ГЭС үшін ЭЭЖЖ-нің ажыратқыштар мен блоктардың істен шығу жиілігіне тәуелділігі алынды және ұсынылған схемалардың дәстүрлі және соңғы ажыратқыштарды неғұрлым сенімді ажыратқыштарға ауыстырумен салыстырғанда ЭЭЖ қаншалықты ұлғаятыны анықталды.

2. ТТ және ток релесінің орнына геркондары бар 4/3 схемасын жалпы қорғау алгоритмі жасалды; сондай-ақ алтыбұрыш схемасы үшін мажорланған құрылғы моделі және кернеуі 330-750 кВ фазаларға жақын геркондарды бекітуге арналған конструкциясы тұрғызылды.

Ғылыми нәтижелердің практикалық маңыздылығы:

1. ЭА-тары бар 3/2 және 4/3 схемаларына негізделіп әзірленген ЭС схемалары бірқатар КЭС-ке енгізу кезінде АА-ын ЭА-қа ауыстырғанда қол жеткізуге болатын дәрежедегі электр энергиясын жеткізуді арттыруға мүмкіндік береді, ал ГЭС-ке - тек кейбіреулерінде ғана;

2. Алынған ЭЭЖЖ-нің ажыратқыштардың істен шығу жиілігіне тәуелділіктері бойынша, оларды неғұрлым сенімді ажыратқыштарға ауыстырған кездегі ЭЭЖ мөлшерін болжауға болады;

3. Кернеуі 330-750 кВ ЭС схемаларын қосудың релелік қорғанысының сенімділігін арттыру жолы белгіленген. Енді ұсынылған әдістемені пайдалана отырып, мажорлау мен геркондарды қолдана отырып, ток трансформаторларынсыз ЭС схемалары үшін барлық қосылулардың жалпы резервтік қорғанысын құруға болады.

Жұмыстың практикалық құндылығы:

1. Жүргізілген есептеулер негізінде алынған λ_B ажыратқышы мен $\lambda_{БЛ}$ блогының істен шығу жиілігіне ЭЭЖЖ-нің тәуелділігі Ресей мен Қазақстанда кернеуі 330-750 кВ электр станцияларының көптеген белгілі 3/2 және 4/3 схемалары үшін АА-ты ЭА-қа және ЭА-ты неғұрлым сенімді гипотетикалық ажыратқышқа ауыстыру кезінде ЭЭЖ-дің артуын, сондай-ақ, дәл сондай нәтижеге жету үшін $\lambda_{БЛ}$ жиілігін қаншалықты төмендету керектігін анықтауға мүмкіндік береді. АА - ты ЭА-қа ауыстыру КЭС-да ЭЭЖ-ді 4-9% - ға және ГЭС-да 15-44% - ға, ал жаңа схемаларды енгізу КЭС-ның көпшілігінде -2-7% - ға және барлық ГЭС-ның жартысына жуығында 1-7% - ға арттыруы мүмкін;

2. Басты схемалардың қосылыстарын жалпы қорғаудың ұсынылатын өлшеу органдары жоғары сапалы мыс, болат және оқшаулау материалдарын үнемдей отырып, ток трансформаторларын (ТТ) пайдаланбауға мүмкіндік береді. Олар қорғанысты ғана емес, сондай-ақ қазіргі уақытта жасалмайтын ТТ-ын қайталай отырып, басты схемалардың сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді;

3. Сынақтар мен енгізуден кейін жаңа өлшеу органымен жасалған модель бойынша құрылған жалпы қорғаныс қазіргі уақытта қолданылатын және әзірленетін барлық автономды қорғаныстардың жұмысын резервтеуге мүмкіндік береді, осылайша басты схемалардың сенімділігін арттырады.

Қорғауға ұсынылады: 1. Өзірленген ЭС схемалары, ЭЭЖЖ-нің λ_B және λ_T -ға тәуелділігі, сондай-ақ оларды пайдалану кезінде және $3/2$ және $4/3$ дәстүрлі схемалар үшін ажыратқыштарды неғұрлым сенімді ажыратқыштармен ауыстыру кезінде шығындарды, залалдарды және ЭЭЖЖ-ін салыстыру нәтижелері;

2. Герконды жаңа өлшеу органдары бар ЭС $4/3$ басты схемасының қосылыстарын жалпы релелік қорғаудың жұмыс істеу алгоритмі және алтыбұрышты схемалар үшін осындай қорғау моделі.

Жұмыстың апробациясы. Диссертацияның негізгі мазмұны өнеркәсіптік инжиниринг, қосымшалар және өндіріс жөніндегі Халықаралық конференцияда (ICIEAM) (Ресей Федерациясы, Сочи қ., 2021ж.), "Электротехникалық кешендер мен жүйелер" Халықаралық ғылыми – техникалық конференциясында (Ресей Федерациясы, Магнитогорск қ., 2021ж.), "Ш.Шокиннің VII оқылымдары" Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының пленарлық отырысында (Павлодар қ., 2023ж.) және Торайғыров университеті КЕАҚ "Электронергетика" кафедрасының отырысында баяндалды.

Жарияланымдар. Жұмыс нәтижелері 9 ғылыми еңбекте жарияланды, оның ішінде: КОКСОН ұсынған басылымдарда 6 жарияланым, оның ішінде 1-уі Қазақстан патенті, 4-уі Ресей Федерациясының патенті, "Вестник Торайғыров университет" ғылыми журналындағы мақала; халықаралық конференция материалдарында (Scopus-та) 2 жарияланымдар, "Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ" журналындағы Scopus-та квартилі Q3 мақала. 7 жұмыста менің салымымның үлесі – кемінде 70%, ал екеуінде – 25-30% құрайды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және екі қосымшадан тұрады. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 74 бетінде көрсетілген, 16 сурет, 7 кесте бар. Пайдаланылған дереккөздердің тізімі 73 атаудан тұрады.

Бірінші тарауда "Электр станцияларындағы аса жоғары кернеулер схемаларының сенімділігі (ЭС) және оларды релелік қорғау" тақырыбында $3/2$ типті ЭС дәстүрлі басты схемалары - екі қосылысқа (бір жарым) үш ажыратқышы бар екі шина жүйесі, $4/3$ - үш қосылысқа төрт ажыратқышы бар екі шина жүйесі және олардың сенімділігі, сондай-ақ ықтимал, логикалық - ықтимал (істен шығу ағашы) сияқты ЭС схемаларының сенімділігін есептеудің негізгі әдістері; Ю.Б. Гуктың логикалық-талдамалық, топологиялық және кестелік-логикалық әдісі қарастырылды. Олардың ерекшеліктері мен кемшіліктері талданды. ЭС схемаларының сенімділігін салыстырмалы бағалау үшін біз таңдаған, жақсы сыналған кестелік-логикалық әдіс егжей-тегжейлі сипатталды.

Аса жоғары кернеулі ЭС схемаларының қосылыстарын релелік қорғаудың сенімділігін бағалау үшін дәстүрлі негізгі және резервтік қорғаныстардың түрлері және олардың ерекшеліктері қаралды.

Зерттеу нәтижесінде келесі тұжырымдар жасалды:

1. Ажыратқыштың дәстүрлі $3/2$ және $4/3$ басты схемаларында олардың сенімділігіне айтарлықтай әсер ететін кемшіліктер бар. Электр станцияларының (ЭС) басты схемасының сенімділігін арттыру жолдары қазіргі уақытта ажыратқыштарды неғұрлым сенімді элегазға ауыстыру арқылы жүзеге асады. Бұл жоспарда $3/2$ және $4/3$ схемаларындағы W энергияның жеткізу жеткіліксіздігін, залалды 3 және шығындарды III қаншалықты азайтатыны бағаланбады. Элегазды ажыратқыштарды неғұрлым сенімді ажыратқыштарға ауыстыру кезінде W , 3 , III болжау бойынша және қосарлау және резервтеу сияқты жалпыға белгілі әдістердің сенімділігін арттыру үшін пайдалану мүмкіндіктерін бағалау бойынша жұмыстар жоқ.

2. ЭС басты схемасының сенімділігін есептеудің ең көп сыналған әдісі кестелік-логикалық әдіс болды. Сонымен қатар, онда басқа әдістердің кемшіліктері жоқ. Осы себептерге байланысты ол осы жұмыста қолданылады. Бұл ретте, ол есептеу бағдарламасындағыдай жойылды (А. С. Барукиннің анықтаушылық қатысуымен).

3. ЭС-тің басты схемаларын қосудың релелік қорғанысының (РҚ) сенімділігі ЭС-да жарамдылық мерзімі өткен жабдықтардың санының көптігінен (Қазақстанда 75%) болатын ірі апаттардағы релелік қорғаныстардың істен шығуында схеманың өзінің сенімділігіне үлкен әсер етуі мүмкін.

4. Бас схемалардың релелік қорғаныстарында қосарлау және резервтеу қолданылады, бірақ аталған апаттарға байланысты жеткіліксіз дәрежеде. Сөйтіп қосарлау кезінде ток трансформаторлары қайталанбайды, ал резервтеу кезінде резервтік қорғаудың істен шығуы ескерілмейді.

5. Жоғарыда айтылғандардан: осы диссертация арналған сұрақтар мен міндеттерге жауаптар мен шешімдер $3/2$ және $4/3$ схемаларының сенімділігін арттыруға ықпал ететін болады.

Екінші тарауда «Ажыратқыштарды қосарлау, резервтеу және ауыстыру жолымен ЭС-дағы $3/2$ және $4/3$ бас схемалардың сенімділігін арттыру» тақырында схемалардың сенімсіздігінен электр станциясының электр энергиясын жеткілікті жеткізбеуі болжанады, электр энергиясын жеткілікті жеткізбеуге схемалар элементтерінің үлестік қатысуы айқындалады және қосымша ажыратқыштарды енгізудің әсері бағаланады. Блок трансформаторы мен оның ажыратқыштары арасында қосымша ажыратқышты қосу, қосымша ажыратқышты дәстүрлі үлгідегі әрбір ажыратқышқа дәйекті түрде қосу және сөндіргішті алдыңғы тәсіл бойынша екі қатарлас ыстық резервке қосу арқылы схемалардың сенімділігін арттыру үшін жаңа схемалар қаралды. Олардың жұмыс істеу режимдері сипатталған және электр энергиясының жетіспеушілігін азайту, осы жетіспеушіліктен келтірілген залал және электр станцияларын салуға жұмсалған шығындар есебінің нәтижелері ұсынылған. Генераторлық ажыратқыштың ЭС басты схемаларындағы электр энергиясын жеткізуге әсері бағаланады. Электр энергиясын жеткізу жеткіліксіздігінің λ_B ажыратқыштары мен $\lambda_{БЛ}$ блоктарының істен шығу жиілігіне

тәуелділігі құрылды. Алынған нәтижелерді талдай отырып келесі қорытындылар жасалды:

Кернеуі 330-750 кВ электр станцияларының (ЭС) 35 бас схемалары, $\lambda_{ВВ}$, $\lambda_{ЭВ}$, $\lambda_{ГВ}$ және $\lambda_{БЛ}$ - ауа, элегаздық, гипотетикалық ажыратқыштардың (АА, ЭА, ГА) және блоктың істен шығу жиілігі қарастырылды және цифрлардың барлық мәндері блоктардың қуаты, схемалардың түрі мен кернеуіне тәуелді.

1. Элегаздық ажыратқышты схемалардағы сенімсіздік салдарынан болатын электр энергиясын жеткіліксіз жеткізуден келтірілген залалға едәуір әсер ететін $\lambda_{БЛ}$: КЭС (ГЭС) 73-93% (33-86%); $\lambda_{В}$ ажыратқыштарда 4-14 есе (2-10 есе) аз; ал $\lambda_{ВЛ}$ желісінде 7-7600 есе (4-318 есе). Генераторлық ажыратқышты блоктарға енгізу электр энергиясын жеткізуді $7 \div 9$ ($4 \div 9$) есеге арттыруға және ЭС құрылысына шығындарды $1,2 \div 6,5$ есеге азайтуға мүмкіндік береді.

2. Тұрғызылған электр энергиясын жеткіліксіз жеткізудің $\lambda_{ЭВ}$ және $\lambda_{БЛ}$ тәуелділігі ажыратқыштарды әлдеқайда сенімді түріне ауыстырған кезде оның төмендеуін болжауға мүмкіндік береді. Осы тәуелділіктерден алынған формула ажыратқыштардың істен шығу жиілігінің төмендеуіне байланысты ΔW есептеуді жеңілдетеді.

3. Ауалық ажыратқыштарды $\lambda_{ЭВ} = (0,65 \div 0,7) \lambda_{ВВ}$ болатын элегаздық ажыратқыштарға ауыстыру ГЭС-ғы электр энергиясын жеткіліксіз жеткізуді 9-44% - ға, АЭС мен КЭС-да 4-9% - ға азайтады. Қайта құру кезіндегі залал және құрылысқа жұмсалатын шығындар ГЭС-да - 4,4-31% және 0,4-2%, ал АЭС пен КЭС-да 1-9% және 1-7% (КЭС-да 20 схеманың 10 -5 5-7%). $\lambda_{БЛ}$ азайту арқылы да ГЭС-да 22-93% - ға, КЭС-да және АЭС-те 4-10% алуға болады.

4. $\lambda_{ЭВ} = (0,65 \div 0,7) \lambda_{ВВ}$ болатын элегаздық ажыратқышты неғұрлым сенімді $\lambda_{ГВ} = 0,7 \lambda_{ЭВ}$ ($\lambda_{ГВ} = 0,1 \lambda_{ЭВ}$) болатын ажыратқышқа ауыстыру электр энергиясын жеткізуді КЭС және АЭС-да 2-4% (5-11%) және 2-3% (7-9%), ал ГЭС-да 1-10% (13-27%) арттыруы мүмкін. Мұны $\lambda_{БЛ}$ төмендету арқылы алуға болады. Мысалы, егер $\lambda_{ГВ} = 0,7 \lambda_{ЭВ}$ болса, онда $\lambda_{БЛ}$ бастапқы деңгейден 2-20% төмен болуы тиіс. Егер ажыратқышты элегаздық ажыратқышқа қарағанда 100 есе сенімді жасайтын болсақ, онда КЭС-да электр энергиясын жеткізудің ұлғаюы 12% -дан, ал ГЭС-те 30% -дан аспайды.

5. Ұсынылған блок трансформаторы мен оның екі ажыратқышы арасында жоғары кернеу жағынан ЭС-ның дәстүрлі басты схемаларына элегазды ажыратқышты енгізу КЭС-да электр энергиясын жеткізуді 1-7% -ға ұлғайтуы, ал ГЭС-да азайтуы мүмкін. Элегазды ажыратқышты гипотетикалық ажыратқышқа ауыстырудан осындай әсер алу үшін $\lambda_{ГВ} = (0,9 \div 0,4) \lambda_{ЭВ}$ болатындай ажыратқышты әзірлеу қажет.

6. 3/2 және 4/3 схемаларында бар элегаздық ажыратқыштардың әрқайсысына тізбектей және ыстық резервке тағы бір параллель қосылған элегаздық ажыратқышы бар жаңа схемалар электр энергиясын жеткізуді ауалық

ажыратқышты элегаздық ажыратқышқа ауыстырудан болатын молшердегідей арттырады.

7. Осы жұмыстың нәтижелері мен оларды алу әдістемесі кез-келген бастапқы деректермен бірге қарастырылған және ұқсас электр станцияларының негізгі схемаларында электр энергиясын жеткіліксіз жеткізудің төмендеуін болжау кезінде ғана емес, сонымен қатар ажыратқыштарды жетілдіру стратегиясын анықтауда да пайдалы болуы мүмкін.

Үшінші тарауда «Сенімділігін арттыру үшін ЭС схемаларының қосылуларының ресурс үнемдейтін жалпы қорғауды құру» тақырыбында барлық қосылулар үшін ортақ ресурс үнемдейтін резервтік қорғаныстарды құру қағидаты мен жұмыс істеу алгоритмі қаралды. Олардың басты айырмашылығы - тоқ трансформаторлары (ТТ) мен тоқ релесінің орнына орамы бар геркондарды пайдалануда. 4/3 схемасын жалпы қорғаудың жұмыс істеу алгоритмдерінің синтезі ұсынылған. Олар мұндай қорғанысты микропроцессорларда немесе кез-келген сипаттағы логикалық элементтерде, ток релесінде және электромеханикалық элементтердегі қуат бағытының релесінде құруға мүмкіндік береді. Бұл екі тәсілді пайдалана отырып, ток трансформаторларын пайдаланбай, онда орнатылған автономды қорғаныстарды мажорлау қағидаты бойынша жалпы резервтейтін болса, электр станцияларының басты схемасының релелік қорғанысының барлық жүйесінің сенімділігін барынша арттыруға (сенімділік теориясына сәйкес) мүмкіндік береді. Зерттеулер нәтижелері мынадай қорытындыларға әкелді:

1 Осы жұмыста ұсынылған ЭС басты схемаларының қосылыстарын жалпы қорғауды құру кезінде орамдары бар геркондарды пайдалану, олардың релелік қорғаныс сенімділігін қосылыстарды автономды қорғауды резервтеу есебінен ғана емес, сондай-ақ олардың ТТ резервтеу және жалпы қорғауды орындауды оңайлату есебінен де арттыруға мүмкіндік береді. Оның үстіне мыс, болат және жоғары вольтты оқшаулау үнемделеді. Жалпы қорғаудағы ТТ-ны алып тастау есебінен алты қосылысты 4/3с схемасы үшін мажорлаусыз орындалғанда үнемдеу мөлшері шамамен 500 мың долларды, ал мажорлаумен 1 млн долларды құрайды.

2 Шахаевпен бірлесіп әзірленген ТТ орнына геркондармен 4/3 (мажорлаусыз) схемасының қосылыстарын жалпы қорғау алгоритмдері екі жақты әрекет ететін қуатты бағыттау релесінің және кез келген логикалық элементтерде немесе микропроцессорлардағы блоктың көмегімен қорғаныс жасайтын мүмкіндік береді, соңғысы барлық қосылыстардағы қуат бағытын реттеген кезде.

3 Осы жұмыста әзірленген модель мажорлаудың арқасында алты бұрыш үшін геркондармен және микропроцессорлармен жалпы резервтік қорғау іске асырудан, сынаулардан және пайдаланудың оң тәжірибесінен кейін электр станцияларда барлық релелік қорғаныс жүйелерінің сенімділігін арттыру үшін кеңінен қолданысқа енгізуге ұсынылуы мүмкін.

4 Электр қондырғысының фазаларынан қауіпсіз қашықтықта геркондарды бекітуге арналған конструкциялардың ұсынылған моделі 330-750 кВ кернеулерге арналған геркондары бар өлшеу органын әзірлеу үшін негіз бола алады.

Жұмыс нәтижелері келесі тұжырымдарға әкелді:

1. 3/2 және 4/3 схемаларынан бір типті ажыратқыштардың көбейтілген санымен ерекшеленетін кернеуі 330-750 кВ ЭС басты схемаларының модельдері тұрғызылды. КЭС-да жаңа схемаларды енгізу кезінде дәстүрлі схемалармен салыстырғанда электр энергиясын жеткізу жеткіліксіздігі, залал мен шығындар ауалық ажыратқыштарды элегаздық ажыратқыштарға ауыстыру кезіндегіден (1-9%-ға) кем емес дәрежеде азайтылатыны көрсетілген. ГЭС-да ауалық ажыратқыштарды элегаздық ажыратқыштарға ауыстыру кезінде сандар 44%-ға жетеді, ал жаңа ажыратқыштарды енгізу орынсыз.

2. Анықталған электр энергиясын жеткізу жеткіліксіздігінің түзу желілер болып табылған ажыратқыштар мен блоктың істен шығу жиілігіне тәуелділігі КЭС, және ГЭС-да ауалық ажыратқыштарды элегаздық ажыратқыштарға және элегаздық ажыратқыштарды неғұрлым сенімді гипотетикалық ажыратқыштарға ауыстыру кезіндегі электр энергиясын жеткізу жеткіліксіздігін - ΔW , залал мен шығындардың азаюын болжауға, сондай-ақ осындай төмендетуді алу үшін блоктың $\lambda_{\text{бл}}$ жиілігі қандай болуын айқындауға мүмкіндік береді. Осы тәуелділіктер негізінде шығарылған формула ΔW -ды оңай есептеуге мүмкіндік береді.

3. Ток трансформаторларын (ТТ) пайдаланбай әзірленген моделдер геркондар негізіндегі өлшеу органдарын және оларды бекітуге арналған конструкция мажорлауды қолдана отырып, жалпы қорғанысты құруға мүмкіндік береді. Бұл аса жоғары кернеулер үшін релелік қорғаныстың (РҚ) барлық жүйесінің сенімділігін арттырады, бұл ретте РҚ үшін жоғары сапалы мысты, болатты және жоғары вольтты оқшаулауды бұрын-соңды болмаған мөлшерде үнемдейді.

4. Зақымдалған қосылыстағы токты қолданыстағы басқа қосылыстардың барлық ток сомасымен салыстыру қағидатында алты бұрышты сызба үшін ТТ-сыз геркондармен осындай жалпы қорғаныстың моделі жасалды. Қуат бағытын салыстыру қағидатында 4/3 схемалар үшін жалпы қорғаныстың әрекет ету алгоритмі ұсынылды. Осы қорғаныстарды құру әдістемесі қарапайым және ЭС-дың кез келген басты схемалары үшін осындай қорғаныстарды жасау үшін қолданыла алады.

