

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій

Освітній ступень «Магістр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕСТ

_____ В.П. Квасніков

« _____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту (роботи) студента

Огороднійчук Олег Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломної роботи «Система релейного захисту розподільчих мереж 6-10кВ з ізольованою нейтраллю»

затверджена наказом ректора від „ 21 ” _____ 09 _____ 2022 р. №1608/ст.

2. Термін виконання роботи: з _____ 21.09 _____ 2022 р. до _____ 30.11 _____ 2022 р.

3. Релійний захист (РЗ) здійснює безперервний контроль за станом усіх елементів електроенергетичної системи і реагує на виникнення несправностей та ненормальних режимів. У разі виникнення пошкоджень, РЗ повинен виявити несправну ділянку і відокремити її

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Загальна частина: В даний час терміном «реле» позначається широка група автоматичних приладів і пристроїв, використовуваних у релейного захисту, автоматики, телемеханіки, телефонії і інших галузях техніки. Ще в кінці хіх сторіччя з'явилися перші плавкі запобіжники, які потім змінила електромеханічна і статична (аналогова) релейний захист.

5. Перелік графічного матеріалу Аркуш №1 – Цифрове (числове) багатофункціональне реле захисту для розподільчих мереж. Один з таких пристроїв, може замінити багато одноманітних електромеханічних реле, а також забезпечує самоперевірку та зв'язкові

6. Календарний план-графік

ор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
	Ознайомитись з об'єктом проектування	21.09.22	Виконано
	Провести аналіз силового навантаження на реле	21.09.22-23.09.22	Виконано
	Провести аналіз виникнення збоїв енергомережі	28.09.22	Виконано
	Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою до 1 кВ	29.09.22-02.10.22	Виконано
	Розподіл електричної енергії за радіальною схемою	05.10.22	Виконано
	Оформити реферат, висновки, перелік посилань.	07.10.22-10.10.22	Виконано
	Виконання ілюстративного матеріалу. Підготовка доповіді.	13.10.22-10.11.22	Виконано

7. Дата видачі завдання « 05 » вересня 2022 р.

Керівник дипломного проекту (роботи) _____ Стахова А.П.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Огороднійчук О.Г.
(підпис студента) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка:

77 сторінок, _11_ рисунків, _7_ таблиць, _20_ посилань

Об'єкт дослідження: процес управління системою релейного захисту 6-10кВт з ізольованою нейтраллю, процес відображення роботи на графіку.

Предмет дослідження: принцип роботи системи релейного захисту, доцільність використання ізольованої нейтралі на мережах 6-10кВт, забезпечення постійності вихідного каналу при активному захисті.

Мета дослідження: розробка мікропроцесорного захисту від ОЗЗ, сумування реактивної потужності задля правильної і стабільної роботи всіх елементів системи в подальшому.

Методи дослідження: базуються на результатах математичного моделювання, лабораторних випробувань

Магістерська робота присвячена проектуванню Система релейного захисту розподільчих мереж 6-10квт з ізольованою нейтраллю. У загальній частині вибрано рівень напруги мережі цеху, обрано місце розташування трансформаторної підстанції, визначені силові навантаження на трьох рівнях, освітлювальні навантаження. Це дало змогу визначити сумарні навантаження цеху та обрати трансформатор цехової підстанції. Розраховані перерізи провідників цехової мережі, вибрані електричні апарати та уставки пристроїв релейного захисту. Запропоновані заходи з охорони праці. Здійснено техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень.

У спеціальній частині виконується розрахунок складових струму короткого замикання від ЕРС вибігу електродвигунів багатомашинного електротехнічного комплексу з використанням комп'ютерного моделювання.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	
1 РОЗДІЛ.....	8
1.1 Загальна характеристика.....	8
1.2 Вимоги до захисту.....	10
1.3 Основне призначення релейного захисту.....	11
1.4 Пристрої релейного захисту.....	13
1.4.1 Причини і наслідки несправностей РЗА.....	15
1.4.2 Налагодження пристроїв релейного захисту та автоматики систем електропостачання.....	16
1.5 Недоліки та переваги пристроїв РЗА.....	17
1.6 Нормативні документи.....	20
1.7 Ізольована нейтраль.....	21
2 Розділ 2. Схеми приєднання до енергосистеми.....	25
2.1 Призначення та схеми електричних з'єднань підстанцій.....	25
2.2 Конструктивне виконання розподільних пристроїв заводських та цехових підстанцій.....	30
2.3 Схеми розподільних мереж 6-10 кв.....	36
2.4 Захист в системах електропостачання.....	38
2.5 Висновок до розділу.....	45
3 Розділ 3. Математичне моделювання.....	46
3.1 Актуальність проблеми і її зв'язок з задачами.....	47
3.2 Основний матеріал та отримані результати.....	48
3.3 Висновки до розділу.....	57
4 Розділ 4. Охорона праці.....	58
4.1 Створення служби охорони праці.....	52
4.2 Функції служб охорони праці.....	68

4.3	Права працівників.....	69
5	Розділ 5. Екологія.....	71
5.1	Електроенергетика в Україні.....	71
5.2	Сучасна Екологія.....	72
5.3	Висновки по розділу Екологія.....	75
	Загальні висновки.....	76
	Список використаних літературних джерел.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ОЗЗ – однофазні замикання на землю

РП – розподільні пункти

ТП – трансформаторні підстанції

ВРП - вузлові розподільні підстанції

ПГВ - підстанції глибоких вводів

ГПП - головні понижуючі підстанції

ВРП - відкритим розподільним пристроєм

КРУЗ - Комплектний розподільний пристрій зовнішньої установки

КТП - Комплектні трансформаторні підстанції

НН – мережа низької напруги

ВН – мережа високої напруги

РЗ - Релійний захист

РЗА - релейного захисту

ВСТУП

Собівартість продукції, що випускається промисловим підприємством, багато в чому визначається енергоефективністю функціонування системи електропостачання силових споживачів. Підвищенню якості проектування систем електропостачання промислових об'єктів має приділятися найбільша увага, оскільки якісний проект дозволяє забезпечити необхідні показники надійності та енергоефективності функціонування мережі.

Безвідмовність системи електропостачання та необхідні показники якості електричної енергії забезпечуються коректним вибором оптимальної схеми, типів силових апаратів, трансформаторів та інших елементів. Зокрема, при виборі електричних апаратів необхідно враховувати не тільки усталені значення струмів у нормальному режимі роботи, а і можливі струмові перевантаження. Перевантаження за струмом можуть бути як короткочасними через особливості технологічного процесу, так і спричинені виникненням коротких замикань. Під час коротких замикань має бути врахована не тільки складова струму к.з., що підтримується ЕРС трансформаторної підстанції, а і складова, що спричинена ЕРС вибігу асинхронних двигунів. Дослідженню цього питання присвячена спеціальна частина бакалаврської роботи.

РОЗДІЛ 1

РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ

1.1 Загальна характеристика

Релéйний зáхист (РЗ) здійснює безперервний контроль за станом усіх елементів електроенергетичної системи і реагує на виникнення несправностей та ненормальних режимів. У разі виникнення пошкоджень, РЗ повинен виявити несправну ділянку і відокремити її від електричної мережі, шляхом впливу на первинне комутаційне обладнання, призначене для розмикання струмів аварійного режиму.

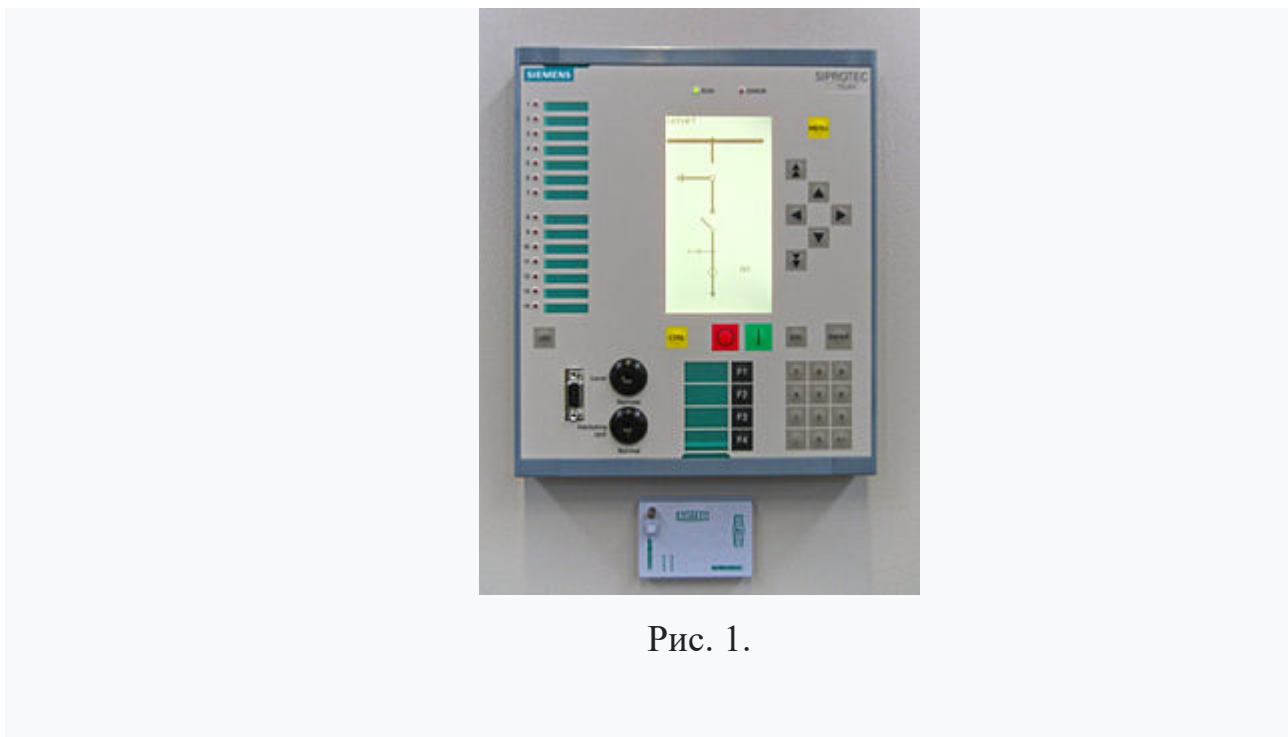


Рис. 1.

Цифрове (числове) багатофункціональне реле захисту для розподільчих мереж. Один з таких пристроїв, може замінити багато одноманітних електромеханічних реле, а також забезпечує самоперевірку та зв'язкові завдання. □

Призначення

За виникнення збоїв енергомережі, релейний захист, повинен виявляти їх і, залежно від характеру порушення, або вимикати обладнання, якщо виникла небезпека його пошкодження, або проводити автоматичні операції, потрібні для відновлення нормального стану (наприклад, увімкнення після аварійного вимкнення, з надією на самоусунення аварії чи під'єднання резервного живлення), або здійснювати сигналізацію оперативним працівникам, які повинні вживати заходи для виправлення неполадок.

Релейний захист, є основним видом електричної автоматики, без якої неможлива нормальна робота енергосистем.

Складові захисту

Системи релейного захисту, зазвичай, мають п'ять складників:

- Трансформатори струму (рис.1.2) та напруги - для відповідного зниження високої напруги і струмів системи електроживлення, до зручних для реле рівнів;
- Захисні реле - для визначення несправностей і початку виконання блокування або вимкнення;
- Автоматичні вимикачі з приладами - для вмикання / вимикання або перезапуску системи на основі команд реле;
- Батареї - для забезпечення живлення релейного захисту, під час зникнення / зниження напруги у системі;

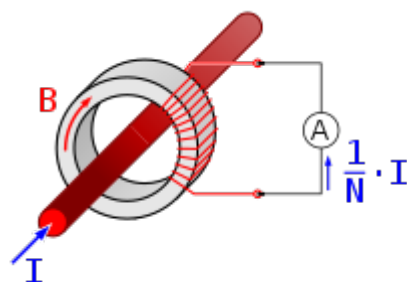


Рис. 1.2 Схема трансформатора струму

- Лінії зв'язку - дозволяють визначати струм і напругу на віддалених ділянках ліній електропередач та забезпечують оперативні дії з обладнанням на відстані.

Для визначення та вимкнення несправностей деяких частин розподільних систем, використовують запобіжники.

На будь-якій ділянці мережі, можуть виникати збої, такі як: пошкодження ізоляції зіпсовані або впалі лінії електропередач, неправильна робота вимикачів, короткі замикання і розімкнені кола. До збоїв в енергосистемі, можуть призводити хакерські кібератаки на електромережі. Пристрої захисту можуть встановлюватися задля збереження обладнання та забезпечення безперервного постачання електроенергії.

Комутаційний пристрій - є будовою з електричних роз'єднувачів, запобіжників або автоматичних вимикачів, які використовуються для керування, захисту та відокремлення електрообладнання. Перемикачі, можуть бути безпечними для вимкнення, звичайного струму навантаження, натомість захисні пристрої, здатні вимкати значні струми пошкодження, наприклад короткого замикання.

1.2 Вимоги до захисту

Швидкодія

Швидке вимкнення несправного устаткування або ділянки електричного кола, котре запобігає пошкодженню обладнання або зменшує його наслідки, дозволяє зберегти нормальну роботу споживачів неушкодженої частини мережі, та не допускає порушень паралельної роботи генераторів

Селективність (вибірковість)

селективність - здатність релейного захисту виявляти місце пошкодження, та вимкати його лише найближчими до нього, вимикачами. Це дозволяє виокремити пошкоджену частину електричного кола, і не переривати нормальну роботу інших ділянок мережі.

Чутливість

Під чутливістю релейного захисту, мається на увазі, його здатність відповідати на можливі найменші порушення у станах роботи системи електропостачання, коли зміна впливає на показники мережі малопомітно.

Надійність

Коли виникають несправності, пристрої захисту повинні працювати надійно, незалежно від того, що можливо, до цього, вони простоювали місяцями або роками. Захисту належить правильно і безвідмовно відповідати на усі пошкодження ділянок, котрі ним захищаються, та порушення звичайного режиму роботи, для дії за яких, його призначено, і не діяти під час нормальних умов мережі, а також за таких пошкоджень і порушень нормального стану роботи, за яких, дію даного захисту не передбачено, і тут повинен працювати інший захист. Ця вимога забезпечується досконалістю принципів релейного захисту та будови пристроїв захисту, якістю складників, простотою виконання й рівнем обслуговування.

Економічність

Пристрої мають забезпечувати найбільший захист за найменших витрат.

Простота

Пристрої повинні мати найпростіші захисні схеми та обладнання.

Пускові органи, безперервно відстежують стан і режим роботи захищеної ділянки кола, та реагують на виникнення коротких замикань і порушення нормальних умов роботи. Виконуються переважно, за допомогою реле струму, напруги, потужності та інше.

Вимірювальні органи з'ясовують місце та характер пошкодження і визначають потребу дії захисту. Вимірювальні органи також, виконуються з використанням реле струму, напруги, потужності тощо. Можливості пускового і вимірювального пристрою, може бути об'єднано в одному приладі.

Логічна частина - це схема, яка запускається пусковими органами, досліджує дії вимірювальних органів, та виробляє передбачені дії (вимкнення вимикачів, запуск інших пристроїв, подача сигналів та інше). Логічна частина

складається, в основному, з реле часу, логічних елементів, проміжних і вказівних реле, дискретних входів і виходів аналогових чи мікропроцесорних пристроїв захисту.

1.3 Основне призначення релейного захисту

При проектуванні й експлуатації електричної системи необхідно враховувати вірогідність виникнення аварій, які в першу чергу можуть призвести до виходу з ладу дорогого обладнання, що, крім усього іншого, супроводжується недоотпуском електроенергії споживачам, неприпустимим погіршенням її якості і тягне за собою додаткові втрати коштів на компенсації споживачам.

Аварії виникають внаслідок обриву і схлестування проводів, помилки обслуговуючого персоналу, старіння обладнання, заводських дефектів або забруднення ізоляції. Електрична дуга в місці короткого замикання здатна викликати пережоги, оплавлення і руйнування електрообладнання.

Ступінь руйнування залежить від струму в дузі і від часу її існування. Щоб КЗ не викликало великого збитку, пошкоджене електрообладнання необхідно якомога швидше відключити.

Цілком очевидно, що людина обслуговує установку, не в змозі за такий короткий час відреагувати на виникнення пошкодження і усунути його. Тому електричні установки забезпечуються спеціальними електричними автоматами – релейним захистом.

Щоб КЗ не викликало великого збитку, пошкоджене електрообладнання необхідно якомога швидше відключити, що і являє собою основне призначення релейного захисту.

1.3.1 Додаткове призначення релейного захисту

До ненормальних режимів відносять, насамперед, перевантаження, коротке замикання на землю в мережі з ізолюючою нейтраллю однієї фази, зниження або підвищення напруги відносно граничних нормативних значень, гойдання в енергосистемі, пониження рівня масла в трансформаторі, виділення в ньому газу та ін.

У таких випадках пошкодження не загрожує негайним знищенням об'єкта, що захищається, не порушує безперервності електропостачання і не представляє загрози за умовами техніки безпеки, пристрої захисту можуть діяти не на відключення, а на сигнал, застережливий черговий персонал про несправність що являє собою додаткове призначення релейного захисту.

Налагодження (настройка) пристроїв релейного захисту (РЗА)

Релейний захист і автоматика налаштовується для спрацьовування в тому числі і від коротких замикань, а також перевантажень і пошкодження ізоляції. На жаль, при експлуатації електрообладнання неминучі позаштатні ситуації та пошкодження електромереж, тому налаштування релейного захисту має своєю метою не повністю усунути неполадки в електромережі, а звести їх до мінімуму.

1.4 Пристрої релейного захисту РЗА

В даний час терміном «реле» позначається широка група автоматичних приладів і пристроїв, використовуваних у релейного захисту, автоматики, телемеханіки, телефонії і інших галузях техніки. Ще в кінці XIX сторіччя з'явилися перші плавкі запобіжники, які потім змінила електромеханічна і статична (аналогова) релейний захист.

У нашій країні з початку 1990-х років такі пристрої поступово замінюються цифровими. На даний момент більша частина пристроїв релейного захисту в Росії ще належить до техніки минулих поколінь, але на нових об'єктах або після реконструкції в переважній більшості випадків ставиться тільки цифрова релейний захист.

Якісні цифрові пристрої релейного захисту випускаються як вітчизняним виробником, так і зарубіжними компаніями.

Пристрої релейного захисту закордонного виробництва:

- «Silirotec» («Siemens»);
- «Seliam» («SchneiderElectric»);
- «SliAC», «REF» («ABB»).

Грамотна налагодження релейного захисту також вимагає відповідного обладнання. Важливо, щоб налагодження релейного захисту проводили тільки кваліфіковані фахівці, що мають досвід роботи, і вміють якісно і в терміни виконати цю серйозну задачу.

1.4.1 Причини і наслідки несправностей РЗА

Нормовані значення і періодичність перевірок, вимоги до релейного захисту, основні методи налагодження РЗ, приклади розрахунку перераховані і описані в нормативних документах: РД «Інструкції з перевірки пристроїв релейного захисту», ПТЭЭП, ПУЕ 7-е изд. Гл. 1.8.

РЗ. Вони визначають, що перш ніж електроустановка буде допущена до експлуатації, необхідно провести пусконаладжувальні роботи, а для обладнання до 1000В необхідні приймально-здавальні випробування. Короткі замикання, пошкодження ізоляції і перевантаження виникають із-за ряду причин, деякі з них не піддаються прогнозуванню, – це дії персоналу, пробій або відшарування ізоляції, обрив проводів з-за природних явищ або антропогенних впливу, включення заземленого обладнання під напругу і так далі. Для того, щоб мінімізувати наслідки таких ситуацій і потребує налагодження релейного захисту після монтажу та перевірки релейного захисту в експлуатації.

Для того, щоб зрозуміти принцип настроювання релейного захисту, необхідно знати, що відбувається під час короткого замикання. Зазвичай до місця короткого замикання підходять великі струми в десятки тисяч ампер

протягом дуже малого часу. Вони викликають не тільки пробій, але і сильний нагрів і перегрів струмоведучих частин.

У цьому випадку можливе займання ізоляції та виникнення пожежі електроустановки. Налагодження релейного захисту дозволяє автоматично відключити частину енергосистеми з тим, щоб знеструмити пошкоджену в результаті аварійної ситуації частина електроустановки або ділянка мережі. Правильно налаштована релейний захист своєчасним спрацюванням зменшує наслідки аварії, а також падіння напруги в іншій мережі, зупинку електродвигунів і генераторів, підключених паралельно, пошкодження технологічного обладнання.

Автоматичні вимикачі 0,4 кВ теж відносяться до релейного захисту, при прийнятно-здавальних випробуваннях перевіряються їх характеристики перевантаження (з витримкою часу) і відсіченні (миттєво або з мінімальною витримкою часу). Спрацювання апаратів захисту до 0,4 кВ дозволяє швидко відключити ушкоджена ділянка мережі і запобігти аварії без участі персоналу: в момент припинення подачі струму електрична дуга гасне, і інша частина електромережі працює в штатному режимі.

Це, в свою чергу, запобігає збої в роботі основного обладнання, його псування і зупинку виробництва. Втрати підприємства при правильній налагодженні релейного захисту мінімізуються.

Короткі замикання – найбільш часто зустрічаються проблеми енергосистем, оскільки мають безліч різних причин. Також, виробляючи налагодження релейного захисту, необхідно враховувати, що можливі такі ситуації:

- замикання на землю фази мережі з ізолюваною нейтраллю;
- перевантаження;
- пониження рівня масла в розширнику трансформатора;
- виділення газу в результаті розкладання масла в трансформатор і так далі.

Згідно з вимогою ПТЭЭП: «силове обладнання електростанцій, підстанцій та електричних мереж повинні бути захищені від коротких замикань і порушень нормальних режимів пристроями РЗА та електроавтоматики.

Пристрої РЗА повинні бути постійно включені, крім пристроїв, що повинні виводитись з роботи відповідно до призначення і принципу дії, режимом роботи енергосистеми та умовами селективності. Пристрої аварійної і попереджувальної сигналізації повинні бути завжди готові до дії». Таким чином, можна зробити висновок, що другим призначенням системи релейного захисту є виявлення порушень режиму роботи електрообладнання та сигналізація про це персоналу, що знаходиться на відстані – у випадках, якщо персонал присутній, відключення за допомогою налагодженої релейного захисту також проводиться, але з затримкою часу, що дає можливість використовувати людський фактор.

1.4.2 Налагодження пристроїв релейного захисту та автоматики систем електропостачання

Нормативні документи встановлюють, що «налагодження пристроїв релейного захисту та автоматики систем електропостачання проводиться підготовленими працівниками з числа електротехнічного персоналу, що мають кваліфікацію та досвід роботи.

Робота здійснюється за затвердженим керівником підприємства методиками.

На великому підприємстві у службі головного енергетика існують ділянки або групи релейного захисту, автоматики і телевимірювань. Якщо на підприємстві такої служби немає, налагодженням релейного захисту займається спеціалізована організація, яка має у штаті ліцензовану електролабораторію.

Оперативний персонал повинен перевіряти РЗА згідно зі складеним графіком, шляхом візуального огляду та зчитування інформації з блоків релейного захисту. Якщо сигнали про несправності, аварії або помилки

надходять регулярно, то перевірки і налагодження релейного захисту повинні проводитись регулярно; за відсутності такої можливості, викликаються сторонні оперативні виїзні бригади електролабораторий.

Результати огляду заносяться в журнал релейного захисту і карти РЗА. У них повинні відображатися всі роботи, виконані за минулий після останнього огляду період, зміни в уставках, схемах, пристроях РЗА, знову введених або виведених з роботи, Також виробляються записи в оперативному журналі. Фіксуються всі зміни в електричних принципових схем вторинної комутації осередків.

Відсутність виконавчої документації на пристрої РЗ, карт уставок у службі головного енергетика є серйозним порушенням вимог законодавства та НД в галузі енергетики і тягне покарання або великі штрафи. В експлуатації у споживача персонал проводить настроювання релейного захисту згідно ПТЭЭП: «проводиться перевірка на справність аварійної і попереджувальної сигналізації, сигналізації положення вимикачів, наявність напруги на шинах оперативного струму, всіх джерел постійного і змінного струму і режим роботи подзарядних пристроїв». В настроювання релейного захисту входить також перевірка опору ізоляції ланцюгів оперативного струму, наявність оперативного струму, справність запобіжників, справність джерел АВР, справності кіл керування вимикачами, ланцюгів сигналізації а також управління комутаційними апаратами. Важливо також перевірити «правильність положення автоматичних вимикачів, рубильників і інших комутаційних апаратів в схемі АВР та відповідність їх положень первинної схемою.

1.5 Недоліки та переваги пристроїв РЗА

Переважає більшість пристроїв РЗА виконано на електромеханічному та мікроелектронному принципі. Такі пристрої мають у порівнянні з мікропроцесорними ряд переваг :

- меншу вартість;
- за багаторічну практику накопичено значний досвід їх використання та обслуговування;
- існує досить великий об'єм запасних частин для ремонту та є можливість проведення ремонту власними силами персоналу (наявність принципових схем пристрою);
- існують спеціальні інструменти для ремонту і регулювання характеристик таких пристроїв. Але пристроям на традиційній елементній базі притаманні і досить суттєві недоліки, які перешкоджають або ускладнюють комплексну автоматизацію електричних мереж:
 - великі трудозатрати на обслуговування;
 - значні витримки часу вимкнення міжфазних КЗ, особливо поблизу джерел живлення із-за великих ступенів селективності, відсутності в більшості електроустановок прискорення РЗ після АПВ та відсутності логічного захисту шин;
 - неможливість виконання багатократного АПВ, в першу чергу, із-за неможливості реалізації прискорення РЗ після кожного циклу АПВ;
 - відсутність ефективного захисту від замикань на землю розподільних мереж;
 - відсутність можливості автоматичної зміни уставок пристрою РЗ або при раптовій зміні режиму живлення мережі, або при плановому виведенні частини обладнання в ремонт.

У табл. 1.1. наведені результати порівняльного аналізу пристроїв РЗА різних поколінь. Використання сучасних, відносно недорогих, але потужних мікропроцесорних засобів дозволяє підвищити швидкодію і закласти в реле функції, повністю недоступні електромеханічним і частково мікроелектронним пристроям.

Таблиця 1.1.

Таблиця 1 Переваги і недоліки, властиві різним поколінням пристроїв

РЗА

	Електромеханічні	Мікроелектронні	Мікропроцесорні
Точність вставок	Низька, потрібні додаткові вимірювальні прилади	Низька (крім продуктів останнього десятиліття), потрібні додаткові вимірювальні прилади	Висока, додаткові вимірювальні прилади не вимагаються
Характеристики спрацьовування	Великий розкид характеристик, низький коефіцієнт повернення	Більш точні характеристики і більш високий коефіцієнт повернення, що дозволяє зменшити вставки по струму, напрузі, часу	Практично не мають розкиду характеристик, високий коефіцієнт повернення, що дозволяє зменшити значення вставок захистів
Споживання	Велике	Середнє	Низьке
Діапазон уставок	Малий, є модифікації з різними діапазонами виміру	Більший, тому потрібно менше число модифікацій	Великий, не потрібні модифікації з різними діапазонами виміру
Стійкість до завад	Пристрої завадостійкі	Пристрої недостатньо завадостійкі, вимагаються заходи для підвищення завадостійкості	Пристрої завадостійкі в межах норм МЕК
Трудозатрати на обслуговування	Високі, відсутність убудованих функцій. контролю	Середні, за рахунок убудованого тестового і функціонального контролю, але він недостатній	Низькі, за рахунок повного автоматичного самоконтролю
Швидкодія	Низька	Середня, висока	Висока
Реєстратор	Відсутній	Відсутній	Є у більшості пристроїв
Контроль силового устаткування	Відсутній	Відсутній, крім продуктів останнього десятиліття.	Є у більшості пристроїв
Обмін інформацією	Відсутній	Відсутній	Є у більшості пристроїв
Індикація	Тільки спрацьовування	Індикується тільки спрацьовування захистів. У продуктах останніх десятиліть індикується робота РЗА, положення вимикача, інформація про КЗ на цифровому	використовується РКІ, де індикуються вставки, параметри аварійного і нормального режимів, результати самодіагностики й ін.

		індикаторі.	
--	--	-------------	--

У продуктах останніх десятиліть індикується робота РЗА, положення вимикача, інформація про КЗ на цифровому індикаторі. використовується РКІ, де індикуються вставки, параметри аварійного і нормального режимів, результати самодіагностики й ін.

1.6 Нормативні документи

Нормативні документи дають перелік несправностей РЗА, які персонал може виправити самостійно. Це:

- Включення автоматичних вимикачів або заміна плавких вставок в ланцюгах ТН або живлення пристроїв релейного захисту.
- Вивід з роботи пристроїв РЗА при обриві ланцюгів відключення вимикача чи іншого комутаційного апарату, з подальшим виконанням диспетчером заходів, передбачених для приєднання, повністю відключене від релейного захисту;
- Визначення місця пошкодження при появі у колах оперативного струму замикання на землю;
- Відключення пристроїв, діючих на автоматичне включення вимикача, при пошкодженні випрямлячів, що живлять ланцюга включення електромагнітних приводів.

Нормативні документи, відповідно до вимог яких проводиться настроювання релейного захисту:

- ПУЕ 7-е видання розділ 1, гол. 1.8 « Норми приймально-здавальних випробувань»
- РД 34.45-51.300-97 «Обсяг і норми випробувань електрообладнання»
- Проектна документація на апаратуру і блоки релейного захисту.
- ПТЭЭП

- РД 34.35.302-90. «Типова інструкція по організації і виконання робіт в пристроях релейного захисту і електроавтоматики електростанцій і підстанцій».
- РД 153-34.0-35.617-2001 «Правила технічного обслуговування пристроїв релейного захисту, електроавтоматики, дистанційного керування та сигналізації електростанцій і підстанцій 110-750кВ»

1.7 Ізольована нейтраль

Це нейтраль генератора або трансформатора, не приєднана до заземлювального пристрою або приєднана до нього через прилади сигналізації, вимірювання, захисту, заземлювальні дугогасні реактори і подібні до них пристрої, що мають великий електричний опір.

Опір заземлювального пристрою R , Ом, який використовують для захисного заземлення відкритих провідних частин в електроустановках з ізольованою нейтраллю, у разі одиничного замикання струмовідної частини на заземлену, має відповідати умові:

$$R \leq U_d / I,$$

де

U_d - допустима напруга дотику, значення якої в приміщеннях без підвищеної небезпеки приймають для електроустановок змінного струму - 50 В, а для постійного - 120 В

I - повний струм замикання на землю (на заземлену провідну частину), А.

Виконання зазначеної умови можна не перевіряти, якщо опір заземлювального пристрою R не перевищує:

- **4 Ом** в електроустановках змінного струму в разі потужності джерела живлення більше ніж 100 кВА;
- **10 Ом** в електроустановках змінного струму в разі потужності джерела живлення або сумарної потужності паралельно працюючих джерел живлення до 100 кВА і у всіх електроустановках постійного струму.

Залежно від характеру (величини) струму замикання на землю електричні мережі поділяються на мережі з ізолюваною і мережі з заземленою нейтраллю (глухозаземленою нейтраллю).

Якщо на трансформаторах однієї мережі заземлити (з'єднати з землею) нейтралі обмоток однієї напруги, то електрична мережа цієї напруги і буде мережею з **заземленою нейтраллю**.

Якщо ж все нейтралі обмоток однієї напруги трансформаторів однієї мережі не мають зв'язку з землею, то ці мережі є мережами з **ізолюваною нейтраллю**.

Якщо на обладнанні в мережі з заземленою нейтраллю відбудеться замикання однієї фази (одного проводу) на землю, то виникне замкнуте електричне коло з малим опором - **замкнутий контур струму**. Опір даного контуру маленьке, то струм, що виникає в такому контурі «величезний». Він називається **струмом однофазного короткого замикання** і в лічені секунди нагріває дроти до такої міри, що вони розплавляються, а точніше випаровуються. Тому мережі з заземленою нейтраллю ще називають **мережі з великим струмом замикання на землю**. Для виключення пошкодження обладнання при виникненні однофазного короткого замикання це обладнання необхідно відразу ж відключати за допомогою пристроїв релейного захисту та автоматики (РЗА), тобто це пошкодження усувається з можливим перервою живлення споживачів.

Якщо така ж ситуація станеться в мережі з ізолюваною нейтраллю, то замкнутого контуру не буде, так як він розірваний в місці нейтраль - земля і струму великої величини в точці замикання не буде. Великого струму не буде, але струм, хоч і невеликий, все ж буде - це зарядний або ємнісний струм даної мережі. Величина його залежить від ємності даної мережі, яка в даному випадку працює як конденсатор, ємність якого залежить від протяжності ліній цієї мережі. Мережі з ізолюваною нейтраллю ще називають **мережі з малим струмом замикання на землю**.

Замикання на землю в мережі з ізолюваною нейтраллю становить небезпеку для людей, що знаходяться поблизу точки замикання. Оскільки напруга, що виникає на поверхні землі в точці зіткнення з фазою, різко зменшується при видаленні від цієї точки (повністю зникає на відстані приблизно 8 м), то людина, яка опинилася на відстані ближче 8 м до точки замикання, потрапить в зону напруги.

В енергетиці з ізолюваною нейтраллю працюють мережі напругою 6, 10 і 35 кВ. Мережі інших напруг працюють в режимі заземленою нейтралі.

Мережа 0,4 кВ на вимогу Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) повинна працювати в режимі глухозаземленої нейтралі для безпеки людей, оскільки при замиканні фази на землю в даному випадку вона буде відключатися захисними апаратами (автоматами або запобіжниками). Мережі 6-35 кВ економічно вигідніше робити з ізолюваною нейтраллю - не відбувається відключення обладнання, а значить і погашення споживачів при однофазному замиканні (а саме однофазні замикання найчастіше виникають на електрообладнанні) і є час у оперативного персоналу перевести споживачів на резервне живлення перш ніж відключити пошкоджену ділянку. Починаючи з 110 кВ вигідніше робити мережі з заземленою нейтраллю, тому що економляться кошти на дорогу ізоляцію, яка при одному і тому ж напрузі в мережі з ізолюваною нейтраллю повинна бути більше через тривалість часу замикання, ніж в мережі з заземленою нейтраллю, де режим замикання на землю триває менше секунди (основні захисту обладнання мають уставки по часу від 0 до 0,5 секунд). До того ж практично всі споживачі мають мінімум дві лінії живлення напругою 110 кВ, чого не скажеш про 6-10 кВ, і відключення однієї з ліній від захисту не призводить до погашення споживачів.

У мережах із заземленою нейтраллю в ідеальному випадку нейтралі всіх трансформаторів повинні бути заземлені, але на практиці це не так.

Вибір того чи іншого режиму заземлення нейтралі доцільний виключно при необхідності тривалої роботи мережі з однофазним замиканням на землю. Подібна потреба в тривалому збереженні такого аварійного стану мережі

виникає лише в разі відсутності резервування. При цьому ефективне застосування дугогасного реактора можливо тільки в симетричних мережах з мало що змінюється конфігурацією. В інших випадках краще виявляється ізольована нейтраль і іноді - нейтраль, заземлена через резистор.

При відключенні приєднання з однофазним замиканням релейного захистом у всіх випадках кращим виявляється резистивне заземлення нейтралі. Таке комплексне рішення ліквідує всі недоліки, властиві мереж з ізольованою і компенсованою нейтраллю, і виводить мережі середньої напруги на більш високий рівень надійності та електробезпеки, властивий мереж напругою 110 кВ і вище.

Висновки до розділу 1

Проведено теоретичний огляд загальних характеристик релейного захисту. Також визначено вимоги до захисту, основне і додаткове призначення реле. Приведені як переваги, так і недоліки пристроїв РЗА. Вказаний перелік нормативних документів, згідно яких обслуговуючий персонал може самостійно виправити недоліки автоматичного релейного захисту.

РОЗДІЛ 2
СХЕМИ ПРИЄДНАННЯ ДО ЕНЕРГОСИСТЕМИ. ПІДСТАНЦІЇ
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ. РОЗПОДІЛЬЧІ ПРИСТРОЇ 6-10 КВ
ГПП

2.1 Призначення та схеми електричних з'єднань підстанцій

Підстанцією називається електроустановка, що призначена для перетворення та розподілу електроенергії і складається з трансформаторів (трансформаторна підстанція) або перетворювачів (перетворювальна підстанція), а також розподільних пристроїв напругою до 1000 і вище. Трансформаторні підстанції є основною ланкою системи електропостачання.

Залежно від місця в енергосистемі, призначення, величини первинної та вторинної напруги їх можна поділити на районні підстанції, підстанції промислових підприємств, тягові підстанції та ін.

Районними називають підстанції, що живляться від районних (основних) мереж енергетичної системи. Вони призначені для електропостачання великих районів, де знаходяться промислові, міські, сільськогосподарські та інші споживачі електроенергії. Первинні напруги районних підстанцій становлять 750, 500, 330, 220, 150 і 110 кВ, а вторинні - 220, 150, 110, 35, 20, 10 або 6 кВ.

Різновидом районних підстанцій енергосистем є вузлові розподільні підстанції (ВРП), на яких основна потужність при напругі 110-220 кВ, що підводиться, розподіляється без трансформації по підстанціям глибоких введів (ПГВ) для живлення окремих об'єктів великої потужності. Розподільчим пунктом (РП) називається розподільна підстанція промислового підприємства, призначена для прийому та розподілу електроенергії на одній напрузі без перетворення.

Основними типами трансформаторних підстанцій промислових підприємств є:

1. Заводські підстанції, які виконуються як: а) головні понижуючі підстанції (ГПП) з відкритим розподільним пристроєм (ВРП), призначені для прийому електроенергії від енергетичних систем напругою 220 -110-35 кВ та перетворення її на напругу заводської мережі напругою 6-10 кВ для живлення цехових та міжцехових підстанцій; б) розподільні пункти (РП) та окремі трансформаторні підстанції (ТП) із закритими розподільними пристроями (РП) з установкою на них відповідного високовольтного обладнання та трансформаторів.

2. Цехові підстанції, призначені для живлення одного або декількох цехів, виконуються: а) вбудованими та прибудованими - з встановленням на них трансформаторів у закритих камерах та розподільчих щитів на напругу 0,4 -0,23 кВ; б) внутрішньоцеховими - як комплектні трансформаторні, випрямляючі та пічні підстанції.

2.1.1 Схеми електричних з'єднань підстанцій

На всіх рівнях електропостачання необхідно широко застосовувати блокові схеми електричних з'єднань підстанцій без збірних шин: «лінія 35-220 кВ – трансформатор ГПП»; «лінія 35 – 220 кВ – трансформатор ГПП – струмопровід 6-10 кВ»; "лінія 6-10 кВ - трансформатор ТП"; "лінія 6-10 кВ - трансформатор ТП - струмопровід 0,38-0,66 кВ".

Схеми електричних з'єднань ГПП.

Ці схеми повинні проектуватися, як правило, без збірних шин і без вимикачів на первинній напрузі 35-220 кВ при живленні від тупикових, так і від транзитних ліній електропередачі; при цьому рекомендується застосовувати схеми: з короткозамикачами, відокремлювачами та роз'єднувачами - для підстанцій, що приєднуються до відгалужень від транзитних ліній, що проходять, напругою 35-220 кВ.

Не рекомендується до однієї лінії приєднувати більше чотирьох однострансформаторних підстанцій за потужності трансформаторів до 25 МВА

кожен і більше двох-трьох трансформаторів за більшої потужності; з короткозамикачами (без відокремлювачів) - для підстанцій, де кожен трансформатор живиться від окремої радіальної кабельної або повітряної лінії за схемою блоку "лінія - трансформатор"; з роз'єднувачами та стріляючими запобіжниками - для підстанцій із трансформаторами потужністю до 40 МВА включно. Ці схеми забезпечують селективне відключення трансформаторів, прості в обслуговуванні та економічні; з роз'єднувачами або з глухим приєднанням на первинному боці для підстанцій із трансформаторами: а) потужністю до 6300 кВА включно (що не потребують газового захисту) з радіальним живленням за схемою «лінія – трансформатор»; б) будь-якої потужності з радіальним живленням при відносно близькому розташуванні джерела живлення (до 3 км), коли доцільно дистанційне управління вимикачами головної ділянки живильної лінії.

Схеми електричних з'єднань трансформаторних підстанцій 6-10 кВ.

Ці схеми повинні проектуватися без збірних шин первинної напруги як при радіальному, так і магістральному живленні. Глухе приєднання цехового трансформатора застосовують за радіальної схеми живлення «лінія - цеховий трансформатор», за винятком випадків, коли підстанції значно віддалені від живильного пункту і коли за умовами захисту необхідно встановити відключаючий апарат, наприклад перед трансформатором з живленням підстанції повітряної лінії.

Підстанції зі збірними шинами використовують лише за неможливості застосування блокових схем. При цьому слід застосовувати одну секційовану систему шин і передбачати автоматичне резервування живлення споживачів 1-ї категорії. Застосування двох систем шин допускається лише на потужних підстанціях відповідального призначення з великою кількістю приєднань. На всіх приєднаннях малої та середньої потужності при нарузі 6 -10 кВ рекомендується застосовувати вимикачі навантаження в комплекті з запобіжниками або без них, коли параметри цих апаратів задовольняють робочому та аварійному режиму установки.

Схеми підстанцій із вторинною напругою 6-10-20 кВ.

Розподільні пункти (РП), які зазвичай споруджуються в мережах напругою 6-20 кВ, є вузлом, що зв'язує районні підстанції системи з трансформаторними підстанціями одного або декількох підприємств (рис. 2.1). Тому часто РП поєднується з розподільним пристроєм однієї з підстанцій підприємства. РП дозволяють зменшити кількість вихідних ліній живлення енергосистеми, їх переріз і витрати на спорудження електричної мережі. Виконуються РП з однією системою шин, секційованої вимикачами або роз'єднувачами в залежності від числа та потужності ліній, що живлять підстанцію і відводять електричну енергію до електроприймачів.

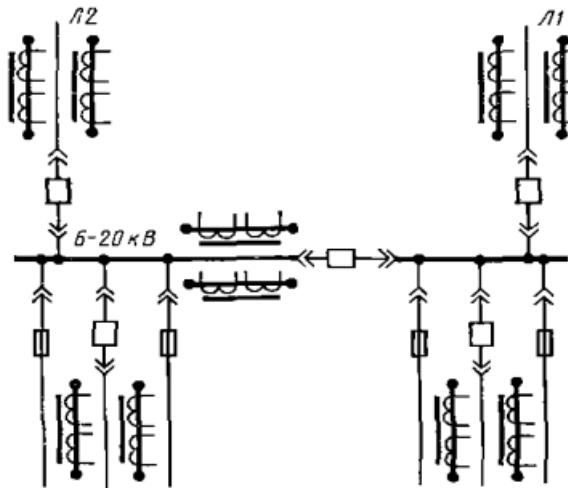


Рис. 2.1. Схема розподільного пункту напругою 6-20 кВ

На промислових підприємствах з великою територією і великою кількістю розкиданих споживачів у ряді випадків споруджують кілька РП і лінії живлення енергосистеми підводяться до кожного РП. При пошкодженні однієї з ліній живлення електропостачання відновлюється через перемичку, прокладену між ними.

Підстанції з вторинною напругою 6-10-20 кВ є головними понижуючими підстанціями ГПП. Вони отримують живлення від енергосистем напругою 35 - 220 кВ і перетворюють його на напругу 6-20 кВ, що подається на цехові трансформатори підстанції. На ГПП встановлюється один або два

трансформатори. При встановленні одного трансформатора резервування споживачів 1-ї категорії може бути забезпечене наявністю на боці нижчої напруги резервного джерела живлення; складський трансформаторний резерв допустимий для споживачів 2-ї та 3-ї категорій.

Можливі способи приєднання ГПП до мереж енергосистеми показано на рис. 2.2. На стороні нижчої напруги (6-10-20 кВ) трансформатора (рис. 2.2, а) вимикач встановлюється, якщо можливе живлення підстанцій від мережі 6-10-20 кВ. Установка вимикача на боці вищої напруги трансформатора недоцільна, тому що відключити трансформатор (при необхідності виведення його в ремонт) можна вимикачем на районній підстанції роз'єднувачем Р1 (рис. 2.2 б) на ГПП.

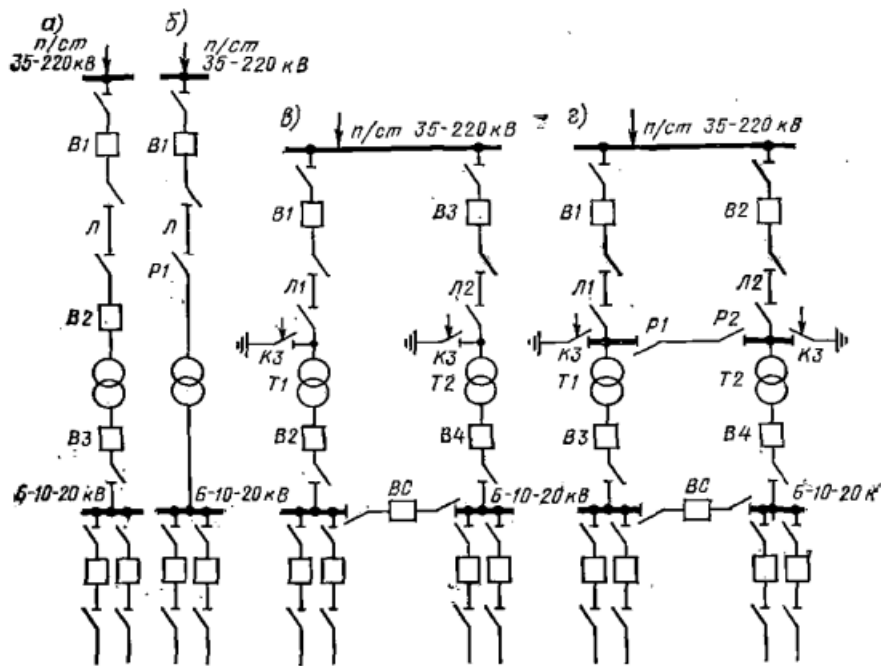


Рис. 2.2. Схеми приєднання ГПП до мереж енергосистеми напругою 35- 220/6-10-20 кВ

Більшість трансформаторів після зняття з них навантаження можна відключати роз'єднувачем або відокремлювачем без відключення вимикача на районній підстанції. У схемі, зображеній на рис. 2.2 б, з боку нижчої напруги до шин без комутаційної апаратури наглухо приєднаний трансформатор, що

значно спрощує схему підстанції. Найбільш раціональною та досить надійною вважається схема з короткозамикачами та відокремлювачами, встановленими на вищій стороні ГПП (рис. 2.2, в, г). При пошкодженні всередині трансформатора діє релейний захист, який замикає ланцюг приводу короткозамикача, та ножі короткозамикача включаються. Створюється коротке замикання на лінії, що приводить у дію захист, встановлений на живлячому кінці лінії, і вона відключається разом з трансформатором. Таким чином, короткозамикач замінює встановлення вимикача на стороні вищої напруги трансформатора. У схемі, зображеній на рис. 2.2 г, на стороні вищої напруги трансформаторів застосована перемичка з роз'єднувачами, які можуть бути замінені також відокремлювачами. У разі пошкодження однієї лінії після відключення вимикача на стороні вищої напруги трансформатора можна включити перемичку та здійснити живлення двох трансформаторів від однієї лінії.

2.2 Конструктивне виконання розподільних пристроїв заводських та цехових підстанцій

Кожна підстанція має розподільні пристрої, що служать для прийому та розподілу електроенергії та містять комутаційні апарати, пристрої захисту та автоматики, вимірювальні прилади, збірні та сполучні шини і допоміжні пристрої. За конструктивним виконанням всі розподільні пристрої поділяються на відкриті та закриті. Відкриті та закриті РУ можуть бути комплектними (складання на заводі) або збірними (складання на місці частково або повністю). Далі будуть розглянуті найпоширеніші на підстанціях промислових підприємств комплектні РУ.

Відкритим розподільним пристроєм (ВРП) називається розподільний пристрій, все або основне обладнання якого розташоване на відкритому повітрі; закритим розподільним пристроєм (ЗРП) – пристрій, обладнання якого розташоване в будівлі.

Комплектним розподільним пристроєм (КРП) називається розподільний пристрій, що складається з шаф, закритих повністю або частково, або блоків із вбудованими в них апаратами, пристроями захисту та автоматики, вимірювальними приладами та допоміжними пристроями КРП, що поставляються у зібраному або повністю підготовленому для збирання вигляді.

Комплектним розподільним пристроєм зовнішньої установки (КРУЗ) називається КРУ, призначений для зовнішньої установки. Комплектною трансформаторною (перетворювальною) підстанцією (КТП) називається підстанція, що складається з трансформаторів (перетворювачів) та блоків КРУ або КРУЗ, що поставляються у зібраному або повністю підготовленому для збирання вигляді.

Розподільний перемикаючим пунктом (РП) називається розподільний пристрій, призначений для прийому і розподілу електроенергії на одній напрузі без перетворення і трансформації.

Камерою називається приміщення, призначене для встановлення апаратів та шин. Закритою камерою називається камера, закрита з усіх боків і має суцільні (не сітчасті) двері.

Огородженою камерою називається камера, яка має прорізи, захищені повністю або частково несучільними (сітчастими або змішаними) огорожами.

2.2.1 Розподільні пристрої підстанцій напругою 110, 35, 20, 10, 6 кВ

Кожна підстанція має три основні вузли: розподільний пристрій вищої напруги, трансформатор, розподільний пристрій нижчої напруги. РП вищої напруги (110-35-10 кВ). На ГПП промислових підприємств РП напругою 110, 35, 10 кВ, як правило, виконують відкритими і лише у випадках сильного забруднення повітря виробничими викидами, відсутності вільної території, дуже низької температури навколишнього середовища або особливих вимог - закритими.

Застосування ВРУ зменшує вартість та скорочує терміни встановлення, заміни та демонтажу електрообладнання підстанцій. Проте обслуговування ВРУ дещо складніше, ніж закритих. Крім того, для зовнішньої установки потрібно більш вартісне електрообладнання. Для опорних конструкцій в ВРП використовують залізобетон або метал. Ошинівку в ВРП виконують найчастіше гнучким дротом, який за допомогою гірлянд ізоляторів кріпиться до опор. Контактні з'єднання здійснюють зварюванням або на затискачах, що опресовуються. Ізоляцію (опорну, підвісну, відтяжну) застосовують нормальну або грозостійку.

Конструкція ВРУ повинна забезпечувати вільний доступ до трансформатора під час експлуатації. З'єднують трансформатор з РУ нижчої напруги зазвичай гнучким дротом або пакетом шин (струмопроводом). При схемі блоку «трансформатор - струмопровід» струмопровід приєднують безпосередньо до виводів трансформатора і тоді РП нижчої напруги відсутня. Обладнання РП нижчої напруги (6-10 кВ). Може розміщуватись у закритому приміщенні або шафах зовнішньої установки КРУЗ. КРП напругою вище 1000 В. КРП, виконані на напругу до 10 кВ і струми до 3000 А широко застосовуються при спорудженні промислових та міських підстанцій, головних РП електростанцій середньої та малої потужності, РП власних потреб потужних електростанцій.

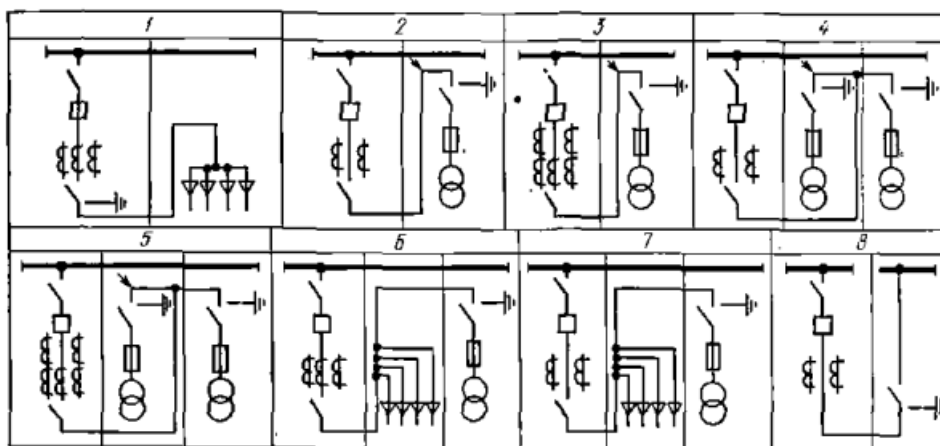


Рис. 2.3. Схема комплектування камер КСО-272.

КРП різних конструкцій виготовляють на заводах електропромисловості та заводах електромонтажних організацій. Камери та шафи КРП виготовляють різних серій з різними схемами первинних та вторинних ланцюгів. Наявність шаф з різними схемами первинних кіл дозволяє комплектувати їх згідно з прийнятою схемою електричних з'єднань установки. КРП внутрішньої установки виконують у вигляді камер типу КСО (камера стаціонарна, одностороннього обслуговування) або шаф типу КРП.

Комплектні трансформаторні підстанції.

Комплектні трансформаторні підстанції (КТП) поставляються із заводів повністю зібраними або підготовленими для збирання. КТП застосовують у постійних, а також у тимчасових електроустановках промислових підприємств, оскільки вони транспортабельні та прості для монтажу та демонтажу, що дозволяє перевозити їх на інші об'єкти. Комплектні трансформаторні підстанції виготовляють для внутрішньої (КТП) та для зовнішньої (КТПЗ) установок; вони можуть бути закритими та відкритими.

У КТП та закритих КТПЗ, у яких все електрообладнання та відкриті струмопровідні частини знаходяться всередині корпусу, передбачається встановлення одного-двох трансформаторів потужністю не більше 1 МВА напругою 6-10/0,4-0,23 кВ. У відкритих КТПЗ встановлюють трансформатори потужністю до 10 МВА з первинною напругою 220, 110, 35, 10 та 6 кВ та вторинною напругою 6 -10 або 0,4-0,23 кВ. Розміри КТП менші за розміри звичайних підстанцій тих же схем і потужностей, що дозволяє розміщувати їх близько до центру навантаження. У КТП комутаційна та захисна апаратура має звичайне виконання.

КТП внутрішньої установки.

КТП напругою 6-10/0,4-0,23 кВ найбільш широко застосовують безпосереднього електропостачання промислових об'єктів установок. Такі підстанції встановлюють у цехах та інших приміщеннях у безпосередній близькості від споживачів, що значно спрощує та здешевлює розподільну мережу, що йде до струмоприймачів, та дає можливість виконувати її

досконалыми (в конструктивному відношенні) магістральними (ШМА) та розподільними (ШРА) шинопроводами. Комплектні цехові ТП виконують напругою 6-10/0,4-0,23 кВ із трансформаторами до 2500 кВА. На порівняно невеликій площі, яку займає КТП, розміщують силовий трансформатор, комутаційну захисну та вимірювальну апаратуру і при необхідності секційний автомат для приєднання другого комплекту двотрансформаторної КТП. У КТП на стороні вищої напруги застосовують запобіжники ПК та вимикачі ВВП, на стороні нижчої напруги - запобіжники ПН-2 або автоматичні вимикачі АВМ. Для підключення підстанції до повітряних мереж 6-10 кВ на найближчій опорі встановлюють вступний роз'єднувач із заземлюючими ножами.

Підстанції серії КТПН в залежності від потужності трансформатора мають різні типи апаратів на стороні ВР та ПН. КТП-35 виготовляють напруги 35/6-10 кВ і виконують з одним або двома трансформаторами.

За типом апарату, що встановлюється на боці вищої напруги, розрізняють підстанції: а) із силовими запобіжниками ПСН-35 (СКТП-35) - застосовують для підстанцій потужністю 630-1000 кВА; б) з короткозамикачами КЗ-35 та відокремлювачами ОД-35 (СКТП-35) - застосовують для підстанцій потужністю 1600 -6300 кВА; в) з вимикачами ВМ-35 (СКТП-35-У) застосовують для підстанцій потужністю 2500-6300 кВА.

КТПН блочного типу КТПБ-110/6-10 кВ виконують без вимикачів на стороні 110 кВ, що спрощує схеми та конструкції ГПП та знижує їхню вартість. Вони розраховані на встановлення одного або двох трансформаторів типу ТМН потужністю 2500, 6300 кВА або типу ТД потужністю до 40 МВА.

На рис. 2.4 наведено загальний вигляд однострансформаторної підстанції типу 1КТПБ-110/6-10 з короткозамикачем та відокремлювачем. Підстанція являє собою відкрите РУ на 110 кВ, що комплектується силовими трансформаторами типів ТМН-2500/110, ТМН-6300/110, ТД-10000/110, ТД-16000/110, ТД-2500 і КРУН зовнішньої установки. 33, К-34, К-37, К-38 з вимикачами ВМПП-10. Три полюси відокремлювача ОД-110 з приводом ШПО та короткозамикач КЗ-110 з приводом ШПК встановлені на тристійковій

металоконструкції. Вмикання відокремлювача та відключення короткозамикача виконуються вручну. Відключення відокремлювача та включення короткозамикача виконується пружинами, вбудованими в ці апарати.

Схеми вторинних з'єднань КТП-110 (захист, сигналізація, управління та автоматика) виконані на оперативному змінному струмі 220 від трансформатора власних потреб потужністю 63 кВА, напругою 6-10/0,23 кВ, із ізольованою нейтраллю. На двотрансформаторних підстанціях зазначеного типу при відключенні живлячої лінії передбачено дію пристрою АВР секційного вимикача 6-10 кВ, що включається від реле мінімальної напруги, а також автоматичне повернення до початкового режиму роботи підстанції після відновлення напруги на лінії живлення.

При встановленні на ГПП двох потужних трансформаторів на 25 -40 МВА застосовують короткозамикачі та відокремлювачі на стороні ВН. Трансформатори та апаратуру напругою 35-110 кВ встановлюють на відкритій частині, а осередки КРУ 6-10 кВ - у закритій частині підстанції або виконують у вигляді шаф типу КРУН. Живлення ГПП виконується за блочною схемою ЛЕП - трансформатор або пристроєм додаткового моста (перемички) між відокремлювачами двох ліній живлення 110 кВ, що забезпечує живлення двох трансформаторів по одній лінії.

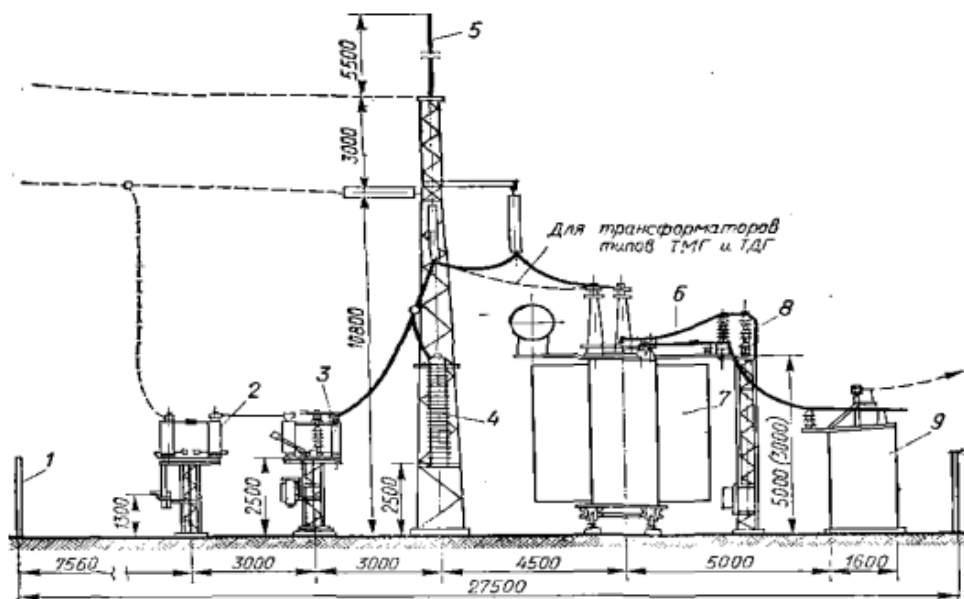


Рис. 2.4. Загальний вигляд однотрансформаторної підстанції типу 1КТП110/6-10 з відокремлювачем та короткозамикачем: 1 – огорожа; 2 – роз'єднувач; 3 – відокремлювач; 4 – розрядник; 5 – блискавковідвод; 6 – кронштейн трансформаторний; 7 – силовий трансформатор; 8 – заземлюючий роз'єднувач; 9 – шафи КРУЗ

2.3 Схеми розподільних мереж 6-10 кВ

2.3.1 Розподіл електричної енергії за радіальною схемою

Електричні мережі напругою 6-10 кВ, за допомогою яких електроенергія передається від ПП (ГПП, ПГВ) чи ЦРП-6(10) до цехових ГП 6-10/0,4-0,69 кВ, та до високовольтних електродвигунів і інших ЕП називаються розподільними мережами внутрішнього електропостачання. Характерною їх особливістю є розгалуженість та застосування великої кількості електричних апаратів, що має враховуватись при виборі схем розподілу електроенергії. В залежності від конкретних вимог щодо надійності та економічності електропостачання застосовуються одинарні і подвійні радіальні мережі та магістральні одинарні і подвійні за розімкненою або розімкнено-резервованою (петльовою) схемою.

Радіальні схеми (рис. 2.5) застосовують для подачі електроенергії до окремих споживачів (насосні і компресорні станції, електропечі, вентиляторні і підйомні шахтні установки, тощо), або до споживачів, що розташовані осторонь.

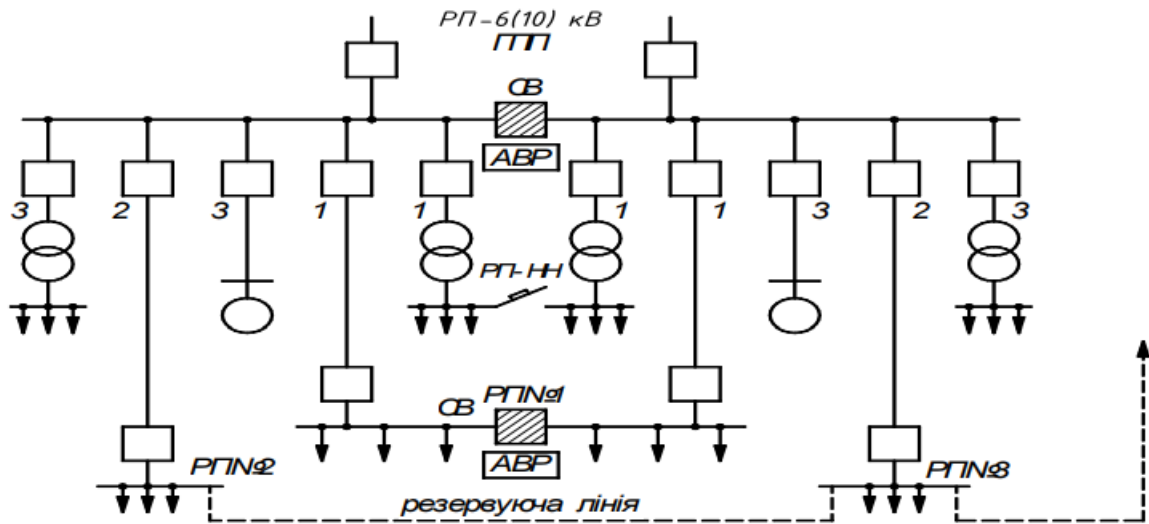


Рис. 2.5. Розподільна мережа 6-10 кВ за радіальною схемою.

Головні переваги радіальних схем – простота виконання і експлуатації, можливість застосування простого та надійного захисту і автоматизації. Недоліком такої схеми є те, що у разі аварійного знеструмлення лінії живлення у цеховому розподільному пункті (РП №2, №3) порушується електропостачання декількох цехових трансформаторних підстанцій. Для того, щоб уникнути цього недоліку радіальну схему доповнюють резервною лінією від РП ГПП, що заводитьься на цехові РП. Окрім того, для підвищення надійності і безперебійності електропостачання споживачів першої категорії застосовуються подвійні радіальні схеми з улаштуванням АВР на секційному вимикачі СВ (РП №1), як і на РП ГПП. У разі порушення живлення однієї з шин цехового РП №1 автоматично вмикається нормально вимкнений секційний вимикач і живлення обох секцій здійснюється по лінії, що залишилась в роботі.

Застосування розподільних мереж за радіальною схемою збільшує кількість високовольтних апаратів, витрати провідникового матеріалу і, як наслідок, збільшує капітальні витрати.

2.3.2. Розподіл електричної енергії за магістральною схемою

Розподільні мережі 6-10 кВ внутрішнього електропостачання за магістральною схемою застосовуються у разі, якщо групи споживачів зосереджені у певному напрямку, а радіальні схеми живлення стають нерациональними. Розподіл електроенергії за магістральною схемою здійснюється шляхом розгалужень (відпайок) від повітряної магістральної лінії до окремих підстанцій чи РП груп ЕП (рис. 2.6, а), або за допомогою одно- (дволанцюгової) магістральної кабельної лінії, що заводиться на шини РП (рис. 2.6, б).

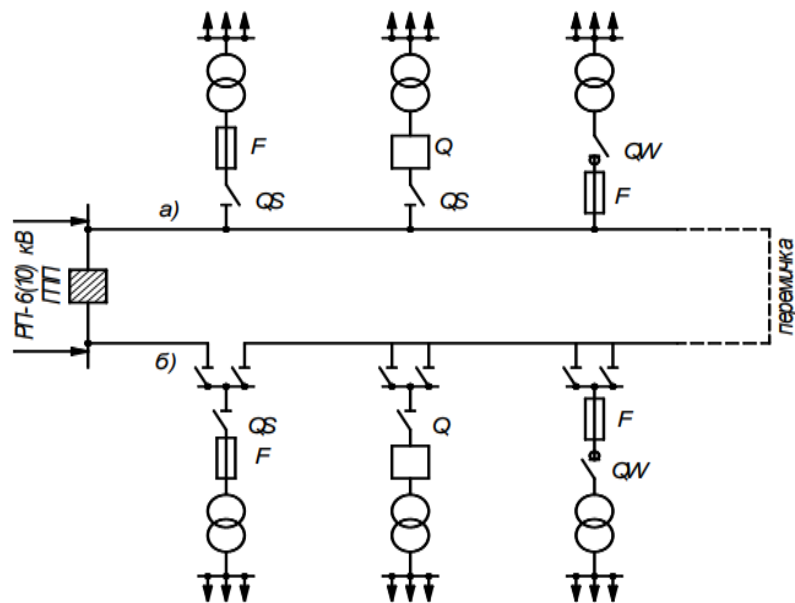


Рис. 2.6. Розподільна мережа 6-10 кВ за магістральною схемою.

2.4 Захист в системах електропостачання. Призначення та виконання

2.4.1 Загальні відомості та функції захисту

Захист елементів системи електропостачання – ліній, трансформаторів, машин та установок(у подальшому об'єкт захисту - ОЗ), має за мету обмежувати, або повністю усувати в ОЗ можливі порушення нормального режиму роботи та аварійні ушкодження. Ненормальні режими виникають

внаслідок електричних, теплових механічних перенавантажень, а також аварійних ушкоджень під дією надструмів багатофазних коротких замикань.

Для забезпечення захисту застосовують апарати і пристрої автоматичного вимикання(знеструмлення) живлення об'єктів захисту: а) в мережах низької напруги НН (до 1 кВ) – плавкі запобіжники, або автоматичні вимикачі з максимальними і тепловими розчеплювачами; б) в мережах високої напруги (ВН) – пристрої релейного захисту у сукупності з високовольтними вимикачами та плавкі запобіжники високої напруги;

Пристрої РЗ за функціональним призначенням являють собою автомати, що здійснюють обробку інформації про стан елементів об'єкта захисту, кінцевою метою функціонування яких є запобігання розвитку аварійної ситуації на ОЗ шляхом своєчасного автоматичного його вимикання. На відміну від захисту плавкими запобіжниками, релейний захист у взаємодії з пристроями автоматичного повторного (АПВ) та резервного (АВР) ввімкнення розширює можливості автоматизації поновлення напруги та підвищення надійності і безперервності електропостачання. В системах електропостачання в останні роки знаходять застосування пристрої захисту третього покоління – програмованих захистів, що використовують технічні засоби сучасної цифрової електроніки, зокрема мікропроцесори (МП) і мікрокомп'ютери. Проте, в експлуатації ще деякий час будуть залишатися пристрої РЗ попередніх двох поколінь на базі електромеханічних реле та напівпровідникових елементів і аналогових інтегральних мікросхем (ІМС), що за принципом виявлення ушкодження і алгоритмами функціонування відрізняються несуттєво.

2.4.2 Класифікація видів захисту

В залежності від того, за яким параметром здійснюється захист, розрізняють електричні і неелектричні засоби захисту. До електричних відносять засоби, що реагують на струм, напругу, потужність, частоту, до

неелектричних – газовий захист, що фіксує появу газу і швидкість його виділення у масляних трансформаторах.

Електричні захисти поділяють на максимальні, які фіксують перевищення контрольованого параметру понад номінальний и допустимий, та мінімальні, що реагують на зменшення параметра, що контролюється.

Серед максимальних розрізняють струмовий захист від аварійних надструмів багатофазних коротких замикань і від ненормальних режимів роботи. Надструмом прийнято називати струм, що виникає у аварійних режимах на відміну від струму нормального режиму.

Струмові захисти від багатофазних КЗ поділяють на захисти з відносною і абсолютною селективністю.

В залежності від способу забезпечення відносної селективності струмові захисти поділяють на максимальний струмовий захист (МСЗ) та струмову відсічку (СВ) з витримкою часу і СВ без витримки часу. У перших двох селективність досягається шляхом введення уповільнення спрацювання захисту за ступінчастим принципом, - тим більшого, чим ближче захист розташований до джерела живлення.

Селективність суміжних СВ без витримки часу досягається за принципом збільшення уставок струму спрацювання у напрямку до ДЖ. Витримка часу здійснюється шляхом введення в схему реле часу, або пускового реле з залежною характеристикою часу спрацювання від струму в реле, наприклад типу РТ-80.

До струмових захистів від КЗ з абсолютною селективністю належать повздовжній і поперечний диференційні струмові захисти, що діють на принципі порівняння струмів перед ОЗ і за ним. Д

о захистів від ненормальних режимів відносяться захисти від однофазних замикань на землю в мережах з ізольованою нейтраллю, захист від перевантаження, захист мінімальної напруги, газовий захист та інші.

2.4.3 Елементна база релейного захисту

Реле, що застосовуються в релейному захисті, класифікують за такими ознаками: за принципом дії - електромагнітні, індукційні, електродинамічні, теплові, електронні, магнітоелектричні та ін.; по параметру дії - струму, напруги, потужності, теплові та ін.; за способом впливу на відключення - прямої та непрямої дії.

Реле називаються апарати, які замикають або розмикають електричні ланцюги або механічно впливають на вимикачі при заданому значенні величин, на які вони реагують (струм, напруга, потужність, тиск, температура). Найбільшого поширення в релейного захисту мають головним чином електричні реле - електромагнітні та індукційні. Вимірювальне електромагнітне реле типу РТ-40 (рис. 2.7). Реле складається з електромагніту 1, обмоток з двох котушок 2, якоря 5, закріпленого на осі з рухомих контактним містком 3, і спіральної протидіючої пружини 4. Якщо електромагнітна сила більше механічної сили пружини, якорь притягується до електромагніту, при цьому рухливий контактний місток 3 замикає одну пару і розмикає іншу пару нерухомих контактів.

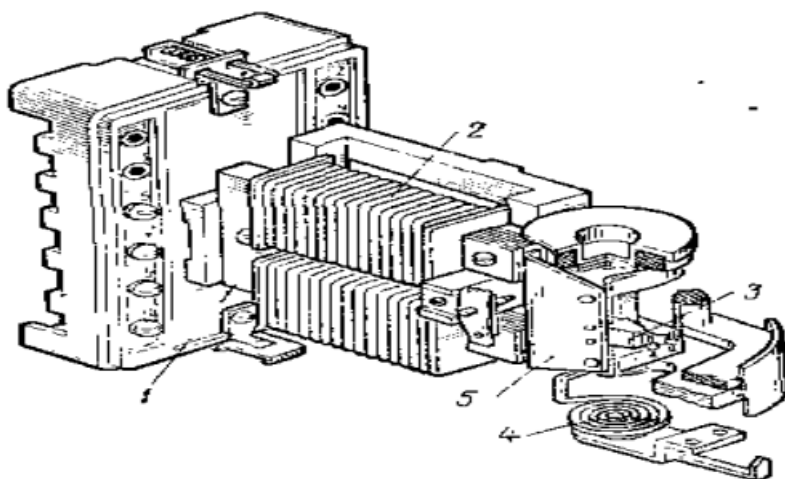


Рис. 2. 7 Електромагнітне реле типу РТ-40

Уставка спрацьовування реле струму РТ-40 регулюється натягом пружини і включенням котушок з послідовного з'єднання на паралельне, і шкала змінюється в два рази. Для реле РТ-40 межі уставок струму спрацювання при послідовному з'єднанні котушок становлять 0,5 - 25 А, при паралельному з'єднанні - 1 - 50 А. Вимірвальне індукційне реле струму типу РТ-80. Реле цієї конструкції (рис. 2.8. а) має два релейних елемента - індукційний і електромагнітний. Індукційний елемент складається з електромагніту 17 з короткозамкненими витками 13 і диска 6, вісь якого знаходиться в підшипниках 9, встановлених на рамці 4. Рамка повертається на осях 3 і пружиною 2 утримується в крайньому положенні, тобто, притиснутою до упору 1. На вісь диска насаджений черв'як 11. В крайньому положенні рамки сегмент 7, що має черв'ячні зубці, знаходиться поза зачеплення з черв'яком, і контакти 8 реле розімкнуті. При протіканні по обмотці реле струму $I_p \geq I_{сп.р}$ Диск повільно обертається, причому його обертання перешкоджає гальмівний момент, створюваний постійним магнітом 5. Під дією електромагнітного моменту, створюваного струмом реле, рамка повертається, черв'як входить в зачеплення з зубцями сегмента, починає поступово підніматися, долаючи зусилля пружини 12, і спеціальною планкою 10 замикає контакти реле.

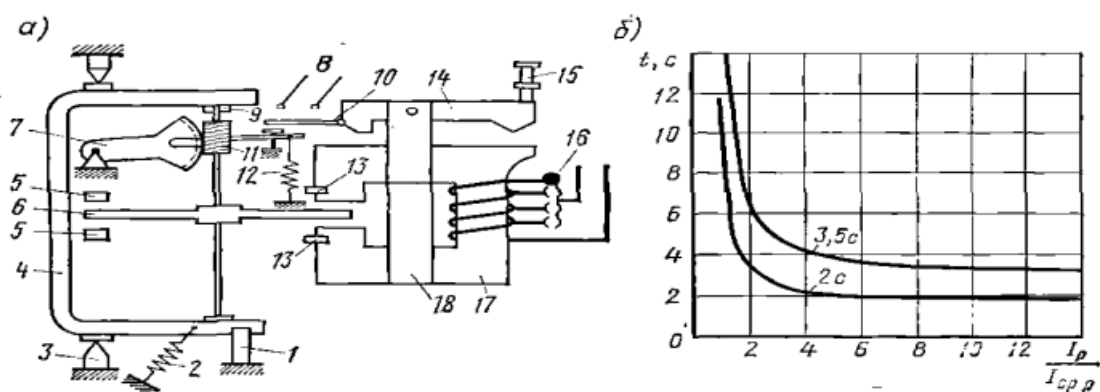


Рис. 2.8 Індукційне реле типу РТ-80: а - схема реле; б - характеристики спрацювання

Час спрацювання регулюється початковим положенням зубчастого сегмента за допомогою гвинта, укріпленого на шкалі часу. Чим більше сила струму I_p в обмотці електромагніту, тим швидше буде обертатися диск і з меншою витримкою часу будуть замикатися контакти реле, тобто, реле матиме залежну від струму характеристику часу спрацювання.

При значеннях струму $I_p = (6 \div 8) I_{ср.р}$ настає насичення сталі електромагніту і характеристика переходить в незалежну. Тому характеристики реле РТ-80 називають обмежено залежними (Рис. 2.8, б). Електромагнітний елемент реле РТ-80 складається з ярма електромагніту 18 і якоря 14, через які замикається частина потоків розсіювання електромагніту.

При протіканні по обмотці реле струму $I_p \geq 2I_{ср.р}$ яркір втягується і без витримки часу (відсічкою) замикає контакти реле. Струми спрацювання індукційного елемента $I_{ср}$ регулюються зміною числа витків обмотки (перестановкою контактного гвинта 16 на контактній колодці); $I_{ср} = 2 - 10$ А; час спрацювання 0,5 - 16 с. Таким чином, електромагнітний елемент може діяти або спільно з індукційним елементом, або самостійно, як би відсікаючи частину характеристики реле при великих токах. Тому електромагнітний елемент діє з відсіченням. При цьому $I_{відс} = (2 \div 8) I_{ср}$. Струми спрацювання електромагнітного елемента регулюються зміною кількості витків обмотки і положення регулювального гвинта 15.

Реле максимального струму типу РТМ, РТВ.

Приводи ряду вимикачів мають вбудовані реле миттєвої дії типу РТМ і реле з витримкою часу типу РТВ. Електромагнітні реле напруги типу РН. Реагують за зміну напруги та використовуються в захистах мінімальної та нульової напруги. Приєднуються до схем захисту через вимірювальний трансформатор напруги. Електромагнітні струмові диференціальні реле (РНТ). Реле серії РНТ-565 застосовують для диференціального захисту генераторів, трансформаторів. Індукційні реле потужності (РБМ). Такі реле реагують на величину і напрямок потужності, підведеної до його обмотці. Індукційне реле

потужності називається реле напрямку потужності і використовується в схемах релейного захисту для виявлення лінії, на якій сталося коротке замикання.

Допоміжні реле.

Ці реле призначені для створення необхідних витримок часу (реле часу), розмноження імпульсів (проміжне реле) і подачі відповідних сигналів спрацювання релейного захисту (вказівні реле). Реле часу типів EB-112 ÷ EB-144 випускають для роботи на постійному струмі на напругу 24, 48, 110, 220 В. Реле часу змінного струму типів EB-215 ÷ EB-245 випускають на напругу 100, 127, 220, 380 В. Як електромеханічних реле часу часто застосовують моторні реле часу РТ з синхронними мікродвигунами.

Проміжні реле (РП) призначені для розмноження контактів основного реле, наприклад для одночасного замикання або розмикання декількох ланцюгів, що живлять відключають котушки приводів вимикачів. Їх використовують також для посилення потужності сигналу основного реле (шляхом передачі його імпульсу на проміжне реле з більш потужними контактами).

Проміжні реле виконуються для роботи на постійному і змінному оперативному струмі і включаються як реле напруги або як реле струму. Для роботи на постійному струмі напругою 24, 48, 110, 220 В застосовують реле проміжні типів РП-210, РП-232. Всі зазначені реле працюють на електромагнітному принципі і мають п'ять контактів, які можуть використовуватися в різних комбінаціях як замикають і розмикають. Споживана потужність становить 6 - 8 Вт. Для роботи на змінному струмі напругою 100, 127, 220, 380 В застосовують проміжні реле типів РП-250, РП-256, які мають короткозамкнений виток на осерді електромагніту, призначений для усунення вібрації рухомий системи, Крім того, застосовують також проміжні реле типів РП -321 і РП-341.

Вказівні реле призначені для подачі сигналу про спрацювання відповідного захисту. Вказівні реле можуть включатися: послідовно в ланцюг інших реле або апаратів і реагувати на появу струму в них; паралельно в

ланцюг відповідних реле і апаратів і вказувати поява на них напруги. Джерелами живлення для реле слугують трансформатори власних потреб ТВП 6-10/0.4 кВ вторинною напругою яких (220 В) здійснюється живлення спеціальних блоків (випрямлячів, стабілізаторів на шинах живлення електромагнітних вимикачів та сигнальних кіл).

2.5.Висновки

Реле призначені для подачі сигналу про спрацювання відповідного захисту. Вказівні реле можуть включатися: послідовно в ланцюг інших реле або апаратів і реагувати на появу струму в них; паралельно в ланцюг відповідних реле і апаратів і вказувати поява на них напруги. Джерелами живлення для реле слугують трансформатори власних потреб ТВП 6-10/0.4 кВ вторинною напругою яких (220 В) здійснюється живлення спеціальних блоків (випря

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ У РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ 6 ТА 10 КВ

3.1 Актуальність проблеми і її зв'язок з прикладними задачами

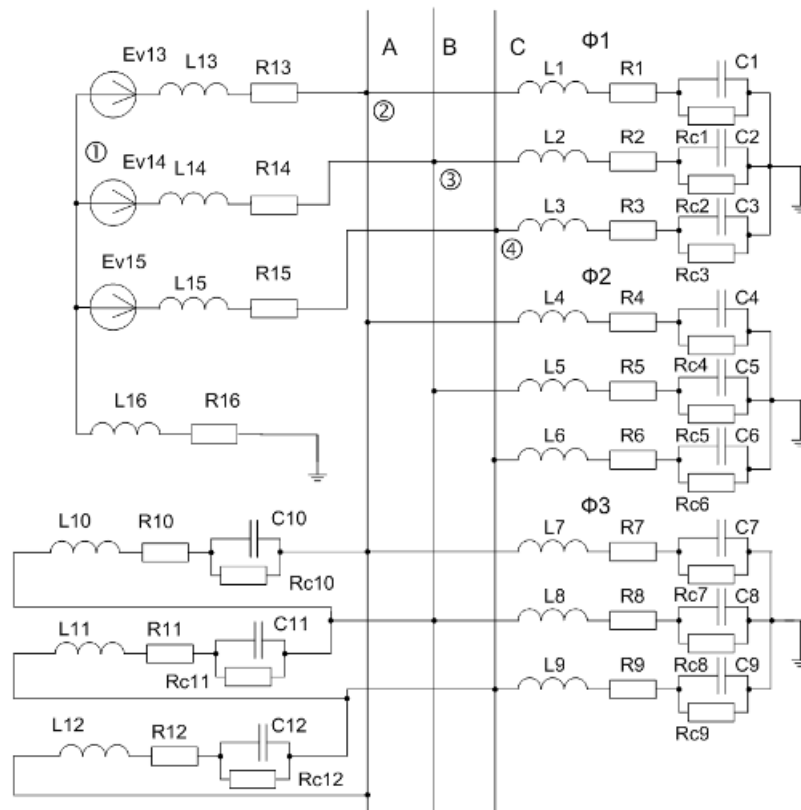
Розподільні електричні мережі напругою 6-35 кВ широко використовуються у більшості країн світу для електропостачання великих промислових підприємств (металургійних заводів, шахт, власних потреб електростанцій та ін.), міського та сільського господарства. Переважним видом ушкоджень у цих мережах є однофазне замикання фази на землю (ОЗЗ), яке становить близько 80% від загальної кількості ушкоджень ізоляції. Щоб при таких ушкодженнях зберегти електропостачання споживачів, нейтраль мережі виконують ізольованою, компенсованою, тобто. резонансно-заземленою через котушку Петерсена (називається також «дугогасний реактор»), заземленою через резистор або комбінованою (з паралельно підключеним до котушки Петерсена резистором). При цьому найбільшими перевагами мають мережі з компенсованою нейтраллю, так як за рахунок компенсації ємнісних струмів котушкою Петерсена обмежується величина і тривалість протікання струму в місці замикання, знижується ймовірність переходу однофазного замикання міжфазне коротке. Для підвищення надійності роботи зазначених мереж вони повинні бути оснащені захистами від замикань на землю, щоб обслуговуючий персонал міг вчасно вжити необхідних заходів щодо усунення пошкодження.

Принципи дії захисту розподільних мереж від ОЗЗ засновані на вимірюванні струмів і напруг нульової послідовності, які використовують для простих струмових захистів, спрямованих струмових або дистанційних. При цьому захисту реагують на параметри встановленого або перехідного режиму роботи. Однак через порівняно невеликі вимірювані струми ОЗЗ, а також нестабільність параметрів дугового замикання проблема забезпечення

селективної дії і необхідної чутливості захистів залишається досі невирішеною. Особливо це стосується компенсованих мереж, у яких знак потужності у пошкоджену приєднанні при ОЗЗ неоднозначний і залежить від співвідношення ємнісних струмів мережі та індуктивного струму котушки Петерсена. У зв'язку з цим для підвищення надійності роботи компенсованих мереж актуальним є розробка нових підходів та принципів дії захисту від ОЗЗ, що дозволяють забезпечити їх селективну дію за різного ступеня компенсації котушкою Петерсена ємнісних струмів мережі.

3.2 Основний матеріал та отримані результати

Так як на більшості споживчих підстанцій України встановлені трансформатори потужністю 32-80 МВА, а ємнісний струм замикання фази на землю на стороні 6-10 кВ становить близько 40-100 А, то для аналізу поведінки розроблюваного захисту при глухих та дугових ОЗЗ скористаємося фрагментами електричної мережі 6 кВ, принципова схема якої показано на рис.3.1 та параметри якої можна змінювати в широких межах.



Мал. 3.1 Схема мережі

Схема містить живильний трансформатор (гілки 13, 14, 15), три фідери, що відходять ($\Phi 1, \Phi 2, \Phi 3$) з фазними ємностями на землю відповідно рівними 3, 8 і 12 мкФ і сумарною міжфазною ємністю всіх фідерів (гілки 10, 11, 10 мкФ, а також котушку Петерсена (гілка 16) з резонансною індуктивністю 0,1416 Гн. Кожна фаза кабельної лінії та трансформатора представлена i -тою гілкою ($i=1 \dots 16$) з поздовжньо включеними активним опором R та індуктивністю L , а також паралельно з'єднаними та підключеними до заземлюючого контуру ємністю C та активним опором ізоляції R_c . Місткості фідерів прийняті різними у 3-4 рази, що вносить відомі труднощі з виконанням захисту від ОЗЗ. Опір ізоляції гілок фідерів до аварійному режимі приймалися рівними 1 МОм, а при глухому ОЗЗ для пошкодженої гілки (1, 4 або 7) приймалося 0,1-2 Ом. При дуговому замиканні опір в залежності від прийнятого значення напруги пробою ізоляції дискретно змінювалося від 0,1 до 1 МОм. Для аналізу перехідних процесів при ОЗЗ та поведінки захисту фідерів, що відходять, у схемі мережі на рис. 1 скористаємося математичною моделлю, докладний опис якої дано в .

Для заданої схеми формують вектори-стовпці параметрів гілок: активних опорів R , індуктивностей L , ємностей, опорів ізоляції на землю R_c , фазних ЕРС джерела живлення $e(t)$, струмів $i(t)$ і напруг $u(t)$ гілок, вузлів $U_{uz}(t)$, напруги на ємностях $u_c(t)$ і еквівалентних проти-ЕРС гілок – $E_{ekv}(t)$, а також матриці з'єднання гілок з вузлами P і опорів гілок Z_p . Захист від ОЗЗ моделюється згідно з розробленим і аналізованим далі алгоритмом, включеним до складу моделі.

Матрично-векторні рівняння математичної моделі, що використовуються для розрахунку процесів ОЗЗ методом вузлових напруг, мають вигляд для струмів і напруг гілок проводилося неявним методом другого порядку ($p=2$) при кроці розрахунку $h=0,0005$ с та коефіцієнтах поліномів, що апроксимують похідні. , $0a=1, 5$; $a=2$; $a=0,5$.

За рівняннями (3.1) – (3.5) були виконані розрахунки ефективних значень уявних складових струмів нульової послідовності у гілках мережі при ОЗЗ з

різним ступенем компенсації ємнісного струму за допомогою котушки Петерсена та при різних значеннях частоти напруги живлення в діапазоні від 50 до 30. При речових позитивних значеннях напруги $0 < U < U_0$ знайдені струми визначають напрямок реактивної потужності. Результати розрахунків наведено у таблиці 3.1.

$$Zp = \text{diag} \left[R + \frac{a_0}{h} L + \frac{h \cdot Rc}{a_0 \cdot C \cdot Rc + h} \right]; \quad Yuz = P \cdot Zp^{-1} \cdot P^T; \quad (1)$$

$$Uuz = Yuz^{-1} \cdot P \cdot Zp^{-1} \cdot (e(t) - Eekv); \quad Uv = P^T \cdot Uuz; \quad (2)$$

$$i(t) = Zp^{-1} (e(t) - Eekv - P^T \cdot Uuz); \quad (3)$$

$$uc(t) = \frac{h \cdot Rc \cdot i(t)}{a_0 \cdot Rc \cdot C + h} - \frac{Rc \cdot C}{a_0 \cdot Rc \cdot C + h} \sum_{s=1}^p a_s \cdot uc^{(n+1-s)}; \quad (4)$$

$$Eekv = \frac{L}{h} \sum_{s=1}^p a_s \cdot i^{(n+1-s)} - \frac{Rc \cdot C}{a_0 \cdot Rc \cdot C + h} \sum_{s=1}^p a_s \cdot uc^{(n+1-s)}. \quad (5)$$

Математичні моделі для вирішення диференціальних рівнянь проводилось неявним методом другого порядку ($p=2$)

Таблиця 3.1

Результаты расчетов

Lreak, Гн	2*Lrez=0,2832				Lrez=0,1416				0,5*Lrez=0,0708			
	50	85	150	300	50	85	150	300	50	85	150	300
Inpv2, A	-41,6	-72,9	-145	-563	-41,3	-72,5	-144	-557	-40,8	-71,6	-142	-546
Inpv1, A	-27,6	-48,3	-94,8	-346	-27,5	-48,0	-94,2	-342	-27,2	-47,4	-93,0	-335
Ipv, A	29,38	97,22	224,9	896	-10,3	72,74	208,5	873,7	-88,2	24,75	176,3	830,1
Ireak, A	39,84	24,05	15,1	13	79,14	47,77	29,9	26,5	156,2	94,26	59,0	52,0

Lreak, Гн	2*Lrez=0,2832				Lrez=0,1416				0,5*Lrez=0,0708			
	0	5	50	00	0	5	50	00	0	5	50	00
Inpv2, A	41,6	72,9	145	563	41,3	72,5	144	557	40,8	71,6	142	546
Inpv1, A	27,6	48,3	94,8	346	27,5	48,0	94,2	342	27,2	47,4	93,0	335
Ipv, A	9,38	7,22	24,9	96	10,3	2,74	08,5	73,7	88,2	4,75	76,3	30,1
Irea												

k, A	9,84	4,05	5,1	3	9,14	7,77	9,9	6,5	56,2	4,26	9,0	2,0
------	------	------	-----	---	------	------	-----	-----	------	------	-----	-----

З отриманих даних випливає, що у всіх режимах струми неушкоджених приєднань Inpv1 (фідер 2) і Inpv2 (фідер 3) мають ємнісний характер і спрямовані у бік шин, тоді як напрями струмів пошкодженого приєднання Irv (фідер 1) залежать від значення індуктивності котушки Петерсена частоти напруги. Так, при резонансному налаштуванні котушки Петерсена і при перекомпенсації лише за частоті вище 85 Гц забезпечується необхідний знак реактивної потужності.

Згідно з розрахунковими даними, для селективної дії захисту будь-якого пошкодженого приєднання центральна частота смугових фільтрів повинна бути обрана при дворазовому запасі не нижче 150 Гц – для виключення впливу котушки Петерсена та не вище 300 Гц – для спрощення апаратної реалізації захисту за рахунок зниження вимог до АЦП. Тоді частота дискретності вимірювання вхідних сигналів, згідно з теоремою Котельникова-Шенона, повинна бути не нижче 600-1000 Гц, а крок розрахунку h - не більше 0,001 с.

Зокрема, автори для виділення та посилення вибрали складові напруги та струму частоти 220 Гц та використовували смугові фільтри відповідно для напруги та струму з наступними передатними функціями:

$$H1(z) = \frac{(1-z) \cdot (1-z_0 z^{-1}) \cdot (1-\bar{z}_0 z^{-1})}{(1-z_1 z^{-1}) \cdot (1-\bar{z}_1 z^{-1})}; \quad H2(z) = \frac{(1+z) \cdot (1-z_0 z^{-1}) \cdot (1-\bar{z}_0 z^{-1})}{(1-z_1 z^{-1}) \cdot (1-\bar{z}_1 z^{-1})}, \quad (6)$$

$$z_0 = \exp(-w_0 \cdot T), \quad z_1 = \exp(-w_1 \cdot T), \quad \bar{z}_0 = \exp(w_0 \cdot T), \quad \bar{z}_1 = \exp(w_1 \cdot T). \quad (7)$$

При цьому пов'язані комплекси z_0 і z_0^* є нульовими точками для компонентів кругової частоти $w_0 = 2\pi \cdot 50 \text{ c}^{-1}$ а z_1 і z_1^* – точками полюсів для компонентів кругової частоти $w_1 = 2\pi \cdot 220 \text{ c}^{-1}$ T – період дискретизації, що приймається рівним кроку розрахунку h .

Результатами моделювання цього захисту при ОЗЗ виявлено низку недоліків. Один з них полягає в тому, що для посилення вихідних сигналів використано рекурсивні фільтри з позитивними зворотними зв'язками. У цих фільтрах після зникнення вхідного сигналу виникає самогенерація вихідного

сигналу, що призводить до помилкової роботи захисту за наявності «клювань» на землю в мережі. Порушення стійкої роботи фільтрів викликано тим, що модуль полюса $z=1$ і точка полюса знаходиться на одиничному колі z -площини. Відомі способи усунення цього недоліку шляхом зміни коефіцієнтів фільтра призводять до зменшення коефіцієнта посилення та необхідності врахування часу загасання вихідного сигналу. Тому запропоновано фільтри виконувати керованими, а як керуючий сигнал використовувати дискретне значення (уставку) амплітуди (модуля) напруги нульової послідовності U_m . Миттєве значення U_m визначається за:

$$U_m = \sqrt{u_n^2 + \left[\frac{u_n - u_{n-1} \cdot \cos(\omega_0 T)}{\sin(\omega_0 T)} \right]^2}$$

з використанням двох вибірок миттєвих значень напруги та її величина є ознакою наявності ОЗЗ. Якщо амплітуда напруги нижче заданої уставки, відбувається обнулення вихідного сигналу фільтра, якщо вище, то робота фільтра дозволяється. Уставка U_m вибирається з умови відбудови від напруги небалансу в нормальному режимі і становить близько 12-15% номінальної напруги

На рис. 3.2 показані результати моделювання вхідних (частота 50 Гц) та вихідних (частота 220 Гц) напруги при ОЗЗ для некерованого (рис. 3.2, а) та керованого (рис. 3.2, б) фільтрів. Як видно із рис. 3.2 при зникненні вхідної напруги в момент часу $t=0,005$ з самозбудження має місце тільки в некерованому фільтрі (рис. 3.2 а) і відсутня в керованому (рис. 3.2 б).

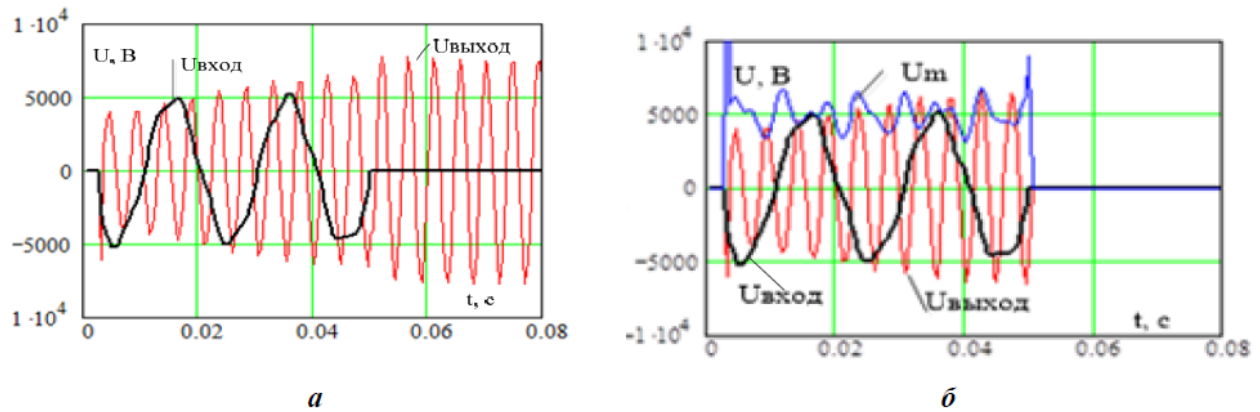


Рис. 2

Рис. 3.2 Результати моделювання вхідних та вихідних напруг

Наступним недоліком захисту є те, що при реалізації алгоритму захисту шляхом подання комплексно-сполучених передавальних функцій (6) різницевиими рівняннями в часовій області потрібно ще невідоме майбутнє дискретне значення вхідного сигналу x_{n+1} що ускладнює реалізацію алгоритму захисту. Тому в цій роботі запропоновані смугові фільтри другого порядку з передатними функціями (9), в яких перші множники в чисельниках прийняті

рівними відповідно $1 - z_0^{-1}, 1 + z_0^{-1}$ на відміну (6), де вони рівні $1 - z_0, 1 + z_0$

При цьому для всіх цих функцій базовою є функція $C(z)$ згідно з (10)

$$H1(z) = (1 - z^{-1}) \cdot C(z); \quad H2(z) = (1 + z^{-1}) \cdot C(z); \quad (9)$$

$$C(z) = \frac{(1 - z_0 z^{-1}) \cdot (1 - \bar{z}_0 z^{-1})}{(1 - z_1 z^{-1}) \cdot (1 - \bar{z}_1 z^{-1})} = \frac{z^{-2} - (z_0 + \bar{z}_0) \cdot z^{-1} + 1}{z^{-2} - (z_1 + \bar{z}_1) \cdot z^{-1} + 1}. \quad (10)$$

Різнісні рівняння (11), (12), отримані з (9), тепер уже не будуть містити складових x_{n-1} , що спрощує їх реалізацію при визначенні вихідних сигналів

фільтрів $y1_n, y2_n$

$$y1_n = -y1_{n-2} + (z_1 + \bar{z}_1) \cdot y1_{n-1} - x_{n-3} + (z_0 + \bar{z}_0 + 1) \cdot (x_{n-2} - x_{n-1}) + x_n; \quad (11)$$

$$y2_n = -y2_{n-2} + (z_1 + \bar{z}_1) \cdot y2_{n-1} + x_{n-3} - (z_0 + \bar{z}_0 - 1) \cdot (x_{n-2} + x_{n-1}) + x_n. \quad (12)$$

Розрахункові характеристики фільтрів, виконані за рівняннями (1) – (5), (9) – (12), показано на рис. 3.3. Амплітудно-частотні (АЧХ) та фазо-частотні (ФЧХ) характеристики (рис.3.3, а), а також вхідні та вихідні сигнали у часовій області (рис. 3.3, б) розраховані для параметрів:

$0 \omega = 50 \text{ Гц}$, $1 \omega = 220 \text{ Гц}$, $T = h = 0,0005 \text{ с}$, $0 z = 0,998 j0,156$; $1 z = 0,771j0,637$.

Вхідна напруга і ємнісний (індуктивний) струм нульової послідовності при ОЗЗ мають кутовий зсув 90° (рис. 3.3 б), а ФЧХ фільтрів обрані також зі зсувом по фазі на 90° їх вихідних сигналів між собою (рис. 3.3, а). Тоді при ОЗЗ добуток миттєвих значень струму та напруги на виході фільтрів дорівнюватиме реактивній потужності, яка для пошкоджених приєднань буде позитивною, а для непошкоджених – негативною.

Для селективної дії захисту при ОЗЗ необхідно, щоб реактивна потужність, обчислена за таким рівнянням:

$$Q_n = i_{\text{вих}}^{(n)} \cdot u_{\text{вих}}^{(n)} \geq Q_{\text{порог}} .$$

Добуток знайдених по (11) і (12) складових струму та напруги частоти 220 Гц , була позитивною і перевищувала задане граничне значення

$Q_{\text{порог}}$

$$Q_n = i_{\text{вих}}^{(n)} \cdot u_{\text{вих}}^{(n)} \geq Q_{\text{порог}} .$$

Характер зміни у часі реактивної потужності Q , розрахованої за наведеними на рис. 3.3 б миттєвими значеннями вихідних напруг і струмів фільтрів показаний на рис. 3.4 а. З останнього випливає, що при ОЗЗ мають місце проміжки часу, коли потужність Q не перевищує порогового значення $Q_{\text{порог}}$ і на вихідний орган надходитиме дискретний (переривчастий) сигнал, що ускладнює роботу вихідного органу.

Для усунення цього недоліку у роботі запропоновано захист виконати двоканальною, доповнивши її ще двома фільтрами, аналогічними (9)-(12), та одним блоком твору. При цьому до кожного з вхідних сигналів струму і напруги буде підключено по два різного типу фільтра з вихідними сигналами $1, 2 \text{ вих вих } u \text{ і } i$, $1, 2 \text{ вих вих } i \text{ і } u$, що мають частоту 220 Гц . За сет зсуву по фазі сигналів реактивних потужностей Q_1 і Q_2 (рис. 3.4 б) їх сума (різниця) буде мати практично тільки постійну складову. Це випливає з рис. 3.4 б, де

$$\begin{aligned}
 Q_{1_n} &= i_{\text{вых}}^{(n)} \cdot u_{\text{вых}}^{(n)} ; & Q_{2_n} &= i_{\text{вых}}^{(n)} \cdot u_{\text{вых}}^{(n)} ; \\
 Q_n^{\text{рез}} &= Q_{1_n} - Q_{2_n} = i_{\text{вых}}^{(n)} \cdot u_{\text{вых}}^{(n)} - i_{\text{вых}}^{(n)} \cdot u_{\text{вых}}^{(n)} \geq Q_{\text{порог}} .
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

З урахуванням результатів виконаних досліджень структурна схема розробленого захисту матиме вигляд, показаний на рис. 3. 5. Вона містить фільтри нульової послідовності струму ТА0 і напруги TV0, вихідні сигнали яких, пропорційні струму та напрузі нульової послідовності, надходять на аналогово-цифрові перетворювачі АЦП-І та АЦП-У. До виходу кожного АЦП приєднано по два фільтри: один з характеристикою $H1(z)$, інший – з $H2(z)$.

Вихідні сигнали 1вих і 2вих фільтрів $\Phi1$ -і і $\Phi2$ -у мають частоту 220 Гц, збігаються по фазі і надходять в блок перемноження БП-1, з виходу якого реактивна потужність першого каналу $Q1$ надходить у суматор. Аналогічно до суматора надходить потужність $Q2$ після БП-2, обчислена в ньому за сигналами 2вих і 1вих у з фільтрів $\Phi2$ -і і $\Phi1$ -у.

Знайдена в суматорі (14) реактивна потужність Q подається на компаратори $K1$ і $K2$. У першому з них за умови, що реактивна потужність позитивна і перевищує порогове значення P поріг Q подається сигнал на спрацьовування вихідного органу $B1$, який вказує на наявність ОЗЗ на цьому приєднанні. Вихідний орган $B2$ виконує допоміжні функції та здійснює самодіагностику реле. При зовнішньому ОЗЗ на «чужому» приєднанні власний ємнісний струм буде спрямований до шин, а реактивна потужність – негативна.

При її значенні менш порогового Q_P спрацьовує $B2$, що свідчить про справність всіх блоків захисту та її успішну перевірку натурними сигналами. Передбачена можливість виведення із роботи $B2$.

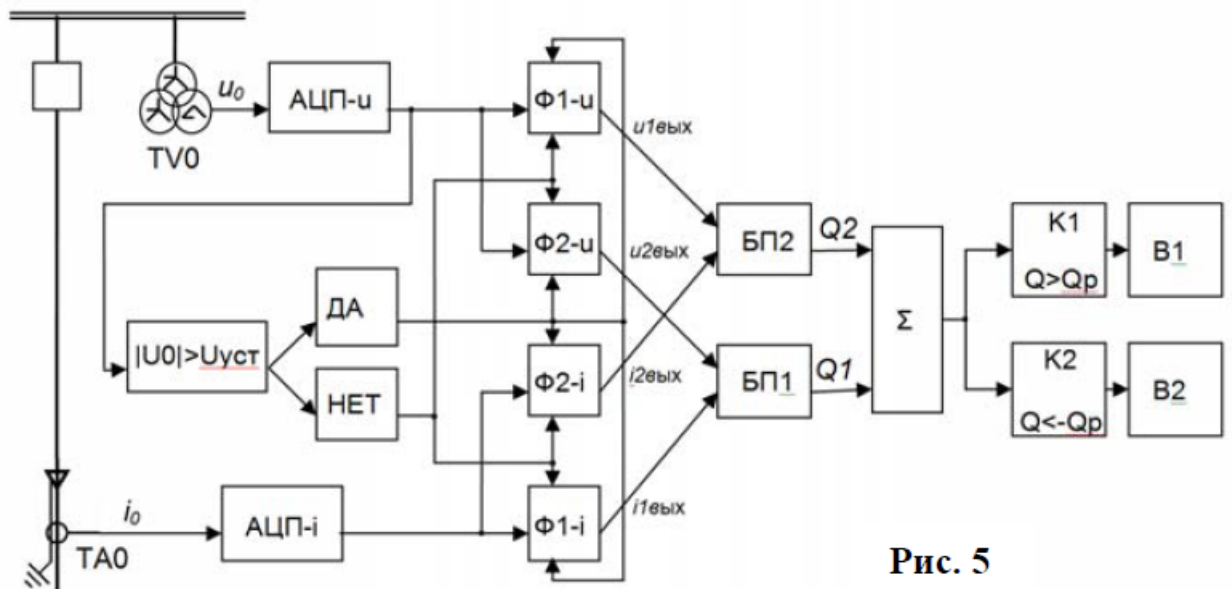


Рис.3.5 Структурная схема защиты

Результати математичного моделювання розробленого захисту підтвердили правильність її дії за зміни індуктивності котушки Петерсена у межах як із недокомпенсації, і при перекомпенсації ємнісних струмів мережі.

Позитивні результати також отримані для розгалужених мереж потреб електростанцій, що працюють із ізольованою нейтраллю. Лабораторний зразок захисту був реалізований на базі мікроконтролера STM32F4Discovery.

Для гальванічної розв'язки були використані датчики типу Lem, засновані на використанні ефекту Холла. Задовільну роботу зразка отримано на фізичній моделі мережі напругою 0,4 кВ. Вона складається з розподільчого трансформатора потужністю 15 кВА, котушки Петерсена, трьох фідерів з конденсаторами в кожній фазі на землю 5,10 або 25 мкФ, трансформаторів струму нульової послідовності типу ТЗЛМ.

Замикання фази на землю проводилося через активний опір 0,5 Ом. Реле правильно визначало пошкоджене приєднання у всіх випадках, крім значень ємностей на всіх фідерах 2 мкФ та опорі замикання на землю 10 Ом, що було пов'язано з недостатніми значеннями реактивної потужності та вимагало збільшення коефіцієнтів посилення фільтрів.

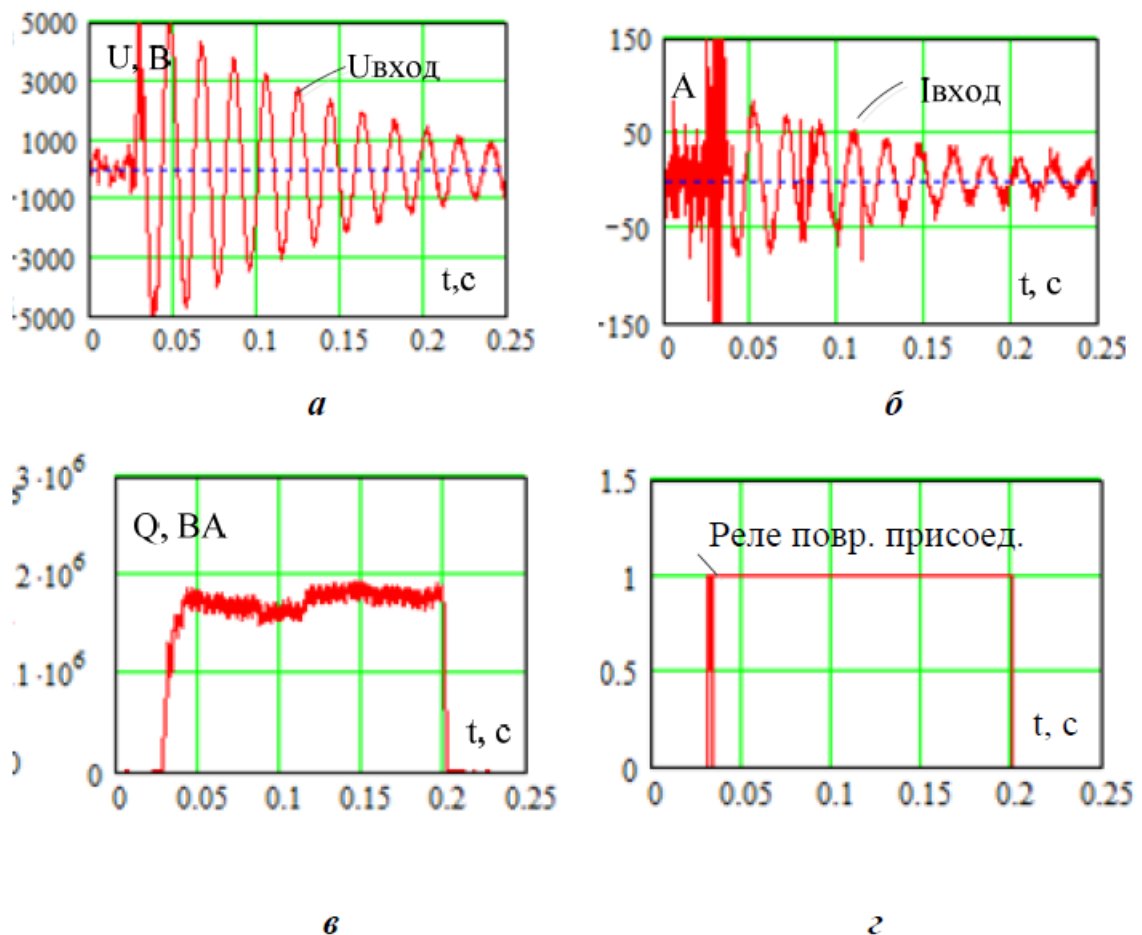


Рис. 6

Рис. 6 Показники осцилографа

Крім того, перевірка роботи захисту здійснювалася шляхом подачі на вхід захисту сигналів струму напруги нульової послідовності, записаних у реальній мережі цифровими реєстраторами. Як приклад нижче наведені осцилограми вхідної напруги (рис. 3.6 а) і струму (рис. 3.6, б) пошкодженого приєднання в мережі 6 кВ при резонансному налаштуванні котушки Петерсена.

Реакція пристрою на ці сигнали для реактивної потужності (рис. 3.6, в) і вихідного реле (рис. 3.6, г) підтверджує правильність та ефективність дії захисту при ОЗЗ. У цьому час роботи фільтрів і блоків перемноження з моменту виникнення ОЗЗ до перевищення реактивної потужності Q_r становить близько п'яти кроків розрахунку (2,5 мс), а вихідного органу – 10 мс. Результати

моделювання та експериментів можуть бути основою можливого впровадження розробленого захисту в електричних мережах з компенсованою нейтраллю.

Завданням подальших досліджень є оцінка можливості застосування розробленого захисту для мереж із ізольованою та комбінованою заземленою нейтраллю.

3.3 Висновки

Для гальванічної розв'язки були використані датчики типу Lem, засновані на використанні ефекту Холла. Задовільну роботу зразка отримано на фізичній моделі мережі напругою 0,4 кВ. Вона складається з розподільчого трансформатора потужністю 15 кВА, котушки Петерсена, трьох фідерів з конденсаторами в кожній фазі на землю 5,10 або 25 мкФ, трансформаторів струму нульової послідовності типу ТЗЛМ.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

На підприємствах ДТЕК, як приклад, функціонують системи управління охороною праці, що відповідають найкращим світовим практикам. Так усі підприємства з генерації та дистрибуції електроенергії сертифіковані на відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO 45001:2018. На вугільних підприємствах компанії, завдяки впровадженим стандартам, системи управління охороною праці максимально відповідають вимогам міжнародних стандартів.

4.1 Створення служби охорони праці

Служба охорони праці створюється на підприємствах з кількістю працівників 50 і більше. На підприємстві з кількістю працівників менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працівників менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку.

Зазвичай виокремлення служби охорони праці як такої в структурі підприємства не практикується. Її функції покладаються на традиційні структурні підрозділи - відділи охорони праці (відділи охорони праці та промислової безпеки, охорони праці та пожежної безпеки).

Підпорядковується служба охорони праці згідно із законодавством безпосередньо роботодавцеві. Проте роботодавець може доручити функціональне управління (кураторство) діяльністю служби іншій посадовій особі, скажімо, головному інженерові, заступникові директора з охорони праці тощо.

Покладення таких обов'язків потрібно закріпити наказом або відобразити в посадовій інструкції уповноваженої особи.

Робота служби охорони праці підприємства має здійснюватись відповідно до плану роботи та графіків обстежень, затверджених роботодавцем.

4.1.1 Функції служби охорони праці

Загальні питання

1. Підготовка проектів наказів (розпоряджень) з питань охорони праці і внесення їх на розгляд роботодавцю. Проведення спільно з представниками інших структурних підрозділів і за участю представників професійної спілки підприємства або, за її відсутності, уповноважених найманими працівниками осіб із питань охорони праці перевірок дотримання працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці.

2. Проведення з працівниками вступного інструктажу з питань охорони праці.

3. Ведення обліку та проведення аналізу причин виробничого травматизму, професійних захворювань, аварій на виробництві, заподіяної ними шкоди.

4. Забезпечення належного оформлення і зберігання документації з питань охорони праці, а також своєчасної передачі її до архіву для тривалого зберігання згідно з установленим порядком.

5. Складання звітності з охорони праці за встановленими формами.

6. Складання за участю керівників підрозділів підприємства переліків професій, посад і видів робіт, на які повинні бути розроблені інструкції з охорони праці, що діють в межах підприємства, надання методичної допомоги під час їх розроблення.

Служба охорони праці:

- складає за участю керівників підрозділів, служб головних спеціалістів (головного технолога, головного механіка, головного енергетика, головного

металурга, інших фахівців), служби організації праці та заробітної плати переліки професій і видів робіт, для яких повинні бути розроблені інструкції, надає методичну допомогу під час їх розроблення;

- бере участь у розробленні інструкцій, зокрема на основі нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечення якими підрозділів покладено на службу;

- реєструє інструкції, що вводяться в дію (переглядаються) в журналі реєстрації інструкцій з охорони праці на підприємстві;

- видає примірники інструкцій керівникам структурних підрозділів (служб) з реєстрацією в журналі обліку видачі інструкцій з охорони праці на підприємстві;

- систематично контролює своєчасність розроблення нових і відповідність чинних інструкцій вимогам законодавства, періодичність перегляду та своєчасність внесення змін і доповнень до них;

- забезпечує підрозділи стандартами, іншими нормативно-технічними та організаційно-методичними документами з охорони праці.

7. Інформування працівників про основні вимоги законів, інших нормативно-правових актів та актів з охорони праці, що діють в межах підприємства.

8. Розгляд:

- питань про підтвердження наявності небезпечної виробничої ситуації, що стала причиною відмови працівника від виконання дорученої роботи відповідно до законодавства (у разі необхідності);

- листів, заяв, скарг працівників підприємства, що стосуються питань додержання законодавства про охорону праці.

9. Організація:

- забезпечення підрозділів нормативно-правовими актами з охорони праці та актами з охорони праці, що діють в межах підприємства, посібниками, навчальними матеріалами з цих питань;

- роботи кабінету з охорони праці, підготовки інформаційних стендів, кутків з охорони праці тощо;
- нарад, семінарів, конкурсів тощо з питань охорони праці;
- пропаганди з питань охорони праці з використанням інформаційних засобів.

10. Участь у:

- розслідуванні нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві;
- складанні санітарно-гігієнічної характеристики умов праці працівників, які проходять обстеження щодо наявності професійних захворювань (отруєнь);
- проведенні внутрішнього аудиту охорони праці та атестації робочих місць за умовами праці;
- роботі комісій з приймання в експлуатацію закінчених будівництвом, реконструкцією або технічним переозброєнням об'єктів виробничого та соціально-культурного призначення, відремонтованого або модернізованого устаткування в частині дотримання вимог охорони (безпеки) праці;
- розробленні положень, інструкцій, розділу «Охорона праці» колективного договору, інших актів з охорони (безпеки) праці, що діють у межах підприємства;
- складанні переліків професій і посад, згідно з якими працівники повинні проходити обов'язкові попередні і періодичні медичні огляди;
- організації навчання з питань охорони праці; роботі комісії з перевірки знань з питань охорони праці.

4.1.2 Розподіл обов'язків з організації та проведення навчання з питань охорони праці між службами охорони праці та кадрів

Служба ОП	Кадрова служба
Керівник служби охорони праці - начальник відділу відповідно	Начальник відділу кадрів згідно з кваліфікаційною

<p>до кваліфікаційних характеристик (розділ 1 випуску 1 Довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників):</p> <ul style="list-style-type: none"> - забезпечує проведення інструктажів, навчання і перевірки знань з питань охорони праці; - вимагає відсторонення від роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж, не мають допуску до певних робіт; - надає підрозділам методичну допомогу в складанні програм навчання безпечним методам праці. <p>Працівники служби охорони праці</p> <ul style="list-style-type: none"> - беруть участь в організації навчання; - проводять з працівниками вступний інструктаж з питань охорони праці; - контролюють своєчасність проведення навчання, всіх видів інструктажу з охорони праці; - вимагають відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбаченого законодавством навчання. 	<p>характеристикою, наведеною у вказаному вище випуску 1 ДКХП, зокрема, здійснює планомірну роботу з навчання працівників на спеціальних курсах, стажування на відповідних посадах.</p> <p>Потрібно розрізняти поняття «організація навчання» та «проведення навчання». Начальник відділу кадрів не є спеціалістом з охорони праці та може бути залучений до процесу навчання лише в межах своєї компетенції. Наприклад, може залучатися до організації навчального процесу - формування навчальних груп, розроблення навчально-тематичних планів і програм, визначення місць і методів проведення навчання.</p>
---	---

11. Контроль за:

- виконанням заходів, передбачених програмами, планами щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, колективним договором та заходами, спрямованими на усунення причин нещасних випадків і професійних захворювань та аварій на виробництві;
- проведенням ідентифікації та декларуванням безпеки об'єктів підвищеної небезпеки;
- наявністю в структурних підрозділах інструкцій з охорони праці згідно з переліком професій, посад і видів робіт, своєчасним внесенням в них змін;
- своєчасним проведенням необхідних випробувань і технічних оглядів устаткування;
- станом запобіжних і захисних пристроїв, вентиляційних систем;
- своєчасним проведенням навчання з питань охорони праці, всіх видів інструктажу з охорони праці;
- забезпеченням працівників засобами індивідуального та колективного захисту, мийними та знешкоджувальними засобами;
- санітарно-гігієнічними і санітарно-побутовими умовами працівників згідно з нормативно-правовими актами;
- своєчасним і правильним наданням працівникам пільг і компенсацій за важкі та шкідливі умови праці, забезпеченням їх лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінними йому харчовими продуктами, газованою солоною водою, наданням оплачуваних перерв санітарно-оздоровчого призначення;
- утриманням у безпечному стані території підприємства, внутрішніх доріг та пішохідних доріжок;
- організацією робочих місць відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці;
- використанням цільових коштів, виділених для виконання комплексних заходів з досягнення нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;
- застосуванням праці жінок, інвалідів і осіб, молодших 18 років, відповідно до вимог законодавства;

- виконанням приписів посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці та поданням страхового експерта з охорони праці;
- проведенням попередніх і періодичних медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, щорічних обов'язкових медичних оглядів осіб віком до 21 року.

4.1.3 Права працівників служби охорони праці

Спеціалісти служби охорони праці мають право:

- видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків, одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці. Припис спеціаліста з охорони праці може скасувати лише роботодавець;
- зупиняти роботу виробництв, дільниць, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва у разі порушень, які створюють загрозу життю або здоров'ю працівників;
- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачених законодавством медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або не виконують вимоги нормативно-правових актів з охорони праці;
- надсилати роботодавцю подання про притягнення до відповідальності посадових осіб та працівників, які порушують вимоги щодо охорони праці;
- вносити пропозиції про заохочення працівників за активну працю за поліпшення стану безпеки праці;
- залучати, за погодженням з роботодавцем і керівниками підрозділів підприємства, спеціалістів підприємства для проведення перевірок стану охорони праці.

Перевірки дотримання працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці (внутрішній аудит охорони праці, контроль стану охорони праці) повинні визначати і спрямовуватися на:

- безпосередні об'єкти контролю служби охорони праці, визначені в Положенні про службу охорони праці підприємства;
- найбільш значимі та відповідальні функції системи управління охороною праці (навчання, медогляди, забезпечення засобами захисту, виявлення виробничих небезпек та управління ризиками, та інші);
- планові (за графіком) і позапланові (післяаварійні) контрольні заходи, обстеження одноособові та колективні);
- підвищення рівня професійних знань;
- належний стан документування, закріпленого за службою;
- об'єктивність і дієвість приписів, що видаються службою;
- аналіз і класифікація виявлених порушень, планування та контроль за їх усуненням.

4.1.4 Кадрове забезпечення служби охорони праці

У Національному класифікаторі України «Класифікатор професій ДК 003:2010», затвердженому наказом Держспоживстандарту України від 28 липня 2010 р. № 327, для сфери охорони праці на виробництві є дві професійні назви: начальник відділу охорони праці та інженер з охорони праці. Для певних посадових обов'язків можна використовувати й третю - інспектор з охорони праці. Все залежить від рішення роботодавця. Важливо тільки не припуститися помилок. Скажімо, не назвати посаду «начальник відділу охорони праці та техніки безпеки», яка містилася ще в Класифікаторі професій ДК 003-95. Щодо цього треба зауважити, що в законодавстві про охорону праці України офіційного поняття «техніка безпеки» нема.

Комплектуючи штат служби (відділу) охорони праці, треба керуватися загальним критерієм - призначати на посаду фахівця з вищою професійною

освітою. До того ж тільки обов'язкова технічна освіта не повною мірою відповідає сучасним реаліям і дещо застаріла. Значна увага має надаватися правовій підготовці. Фахівець з охорони праці повинен бути професіоналом на стику двох галузей: гуманітарної (соціальної) і технічної. Проте визначальною може стати позиція роботодавця - кого він бажає бачити на цій посаді. Практика свідчить, що випускник вищого навчального закладу, навіть спеціалізованих кафедр охорони праці, набуде потрібного досвіду впродовж 1–5 років залежно від здібностей.

При оформленні на підприємстві служби охорони праці, але за відсутності її керівника, штатний інженер охорони праці (без функціонального керівництва) не може нести відповідальності за організацію роботи служби та за прийняті ним рішення.

Правильним буде варіант, коли службу охорони праці, що складається з однієї штатної одиниці, представлятиме її керівник, який поєднуватиме свої обов'язки з обов'язками інженера - виконавця. Інженер же - виконавець бути керівником не може. Доцільно, щоби такий «одинокий» інженерно-технічний працівник мав посаду заступника керівника підприємства.

Планування роботи служби охорони праці

Службі охорони праці (фахівцеві) доцільно складати перспективний план роботи на 1–3 роки, узгодивши його з роботодавцем.

Типові питання до плану роботи:

1. Знайомство з виробництвом (технології, обладнання, будівлі і споруди тощо) дозволяє:

- одержати уявлення про:

– рівень небезпек об'єктів; наявність і забезпеченість технологічною документацією;

– співвідношення ручної, механізованої, автоматизованої праці (процесів);

– кількість і якість організації навантажувально-розвантажувальних операцій, дільниць і складських робіт;

– застосування безпечних способів зберігання і транспортування матеріалів, заготовок, виробів, відходів тощо.

- проконтролювати:

- наявність схем руху транспорту і пішоходів;
- стан сходових переходів, дорожнього покриття, підлоги;
- захищеність проходів і під'їздів;
- облаштованість території.

- скласти уявлення про:

- раціональність розміщення виробничого обладнання;
- організацію робочих місць;
- стан протипожежного і протипожежного захисту;
- забезпеченість засобами індивідуального і колективного захисту;
- дотримання санітарно-гігієнічних вимог тощо.

2. Знайомство зі структурою та штатним розписом. Потрібно для уявлення про наявність на підприємстві відповідних служб і посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці. Дозволяє одержати інформацію про наявність положень про структурні підрозділи і служби, посадових інструкцій і відображення в них обов'язків з охорони праці.

3. Розроблення та затвердження переліку робіт з підвищеною небезпекою підприємства. При цьому слід керуватися НПАОП 0.00-2.01-05 «Перелік робіт з підвищеною небезпекою», затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці України від 26 січня 2005 р. № 15 і Переліком робіт, де є потреба в професійному доборі, затвердженим наказом МОЗ України і Держнаглядохоронпраці України від 23 вересня 1994 р. № 263/121.

4. Складання переліку необхідних в роботі актів законодавства та інших нормативно-правових актів. Доцільно мати підбірку актів на паперових і електронних носіях.

5. Організація навчання та перевірка знань з питань охорони праці. Роль служби полягає в:

- проведенні вступного інструктажу;

- участі у розробленні нормативних актів;
- в організації навчання (підготовка наказу, участь у розробленні планів-графіків його проведення)

- участі у роботі комісії з перевірки знань;
- контролі за своєчасністю навчання та інструктажів.

6. Інформування та консультування з питань охорони праці працівників підприємства.

7. Складання звітності з охорони праці згідно з встановленими формами.

8. Ведення обліку та аналізу виробничого травматизму, професійної захворюваності, аварійності.

9. Оформлення та збереження документації з питань охорони праці.

10. Участь у:

- розслідуванні нещасних випадків, профзахворювань, аварій на виробництві;

- складанні санітарно-гігієнічних характеристик робочих місць;

- проведенні внутрішнього аудиту охорони праці (стану охорони праці та/або системи управління охороною праці)

- атестації робочих місць за умовами праці та інше.

4.2 Навчання в галузі охорони праці

Система навчання з питань охорони праці підтримує необхідний кваліфікаційний рівень працівників та готовність виконувати професійні обов'язки за вимогами безпеки. Для цього застосовують різні види інструктажів, тренінгів, навчань та контролю знань.

Основні засоби та способи навчання:

- візуалізація під час навчальних занять: демонстрація навчальних фільмів та слайдів

- відеоінструктажі

- диференціація працівників за рівнем кваліфікації та спеціалізації

- залучення всього персоналу в процес навчання
- багатоступінчастий контроль знань

На всіх шахтоуправліннях компанії працює система відеоінструктажів перед зміною. Навчають та перевіряють знання працівників за допомогою інформаційної комп'ютерної системи ПРОТЕК. В її базі є різні програми з охорони праці, які включають як законодавчі, так і корпоративні вимоги. Для навчання технологіям виконання робіт та корпоративним стандартам з охорони праці на шахтоуправліннях двічі на рік працівників навчають з відривом від виробництва. Загалом у 2021 році навчили майже 20 тис. осіб.

Співробітники ТЕС навчаються та підвищують кваліфікацію у навчально-виробничих центрах. Навчальні центри ДТЕК Східенерго, ДТЕК Дніпроенерго, ДТЕК Західенерго не мають аналогів в Україні. Тут застосовують ексклюзивні навчально-контролюючі комп'ютерні програми та тренажери, сучасне обладнання та техніку. За їх допомогою співробітники засвоюють правила охорони праці, пожежної безпеки та технічної експлуатації обладнання і набувають необхідних навичок для безпечної та ефективної експлуатації та ремонту обладнання електростанцій. Тренінгову підготовку можна проходити без відриву від виробництва.

4.3 Захист від стихійних лих

Для відпрацювання навичок і дій під час виникнення надзвичайних ситуацій регулярно проводять:

- навчання керівництва і фахівців у навчально-методичних центрах цивільного захисту та безпеки життєдіяльності;
- індивідуальне навчання з цивільного захисту на підприємстві;
- тренування штабів із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій в електричних мережах спільно зі створюваними місцевими органами влади та штабами з ліквідації наслідків природних надзвичайних ситуацій;

- навчання штабів і тренування дій у разі аварій на радіаційних та хімічно небезпечних об'єктах; відпрацювання дій у разі артилерійського обстрілу населених пунктів (укриття працівників у підвальних і напівпідвальних приміщеннях).

Для захисту виробничих об'єктів від стихійних лих на підприємствах розробляють:

- плани організаційно-технічних заходів із запобіганням надзвичайним ситуаціям;
- плани ліквідації та локалізації аварійних ситуацій;
- схеми взаємодії з головним управлінням із питань надзвичайних ситуацій під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- графіки тренувань із цивільного захисту та пожежної безпеки;
- програма проведення інструктажів із цивільного захисту техногенної безпеки.

РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЯ 3.1

Енергетика в Україні Електроенергетика України — базова галузь економіки України, є однією з найстарших у країні. Генерація електроенергії ґрунтується на атомній енергетиці, спалюванні вугілля, мазуту, природного газу, біопалива, а також застосуванню відновлювальних джерел енергії вітру, води, сонця. 2001 року структура споживання електроенергії та палива (135,8 млрд кВт·год): вугілля та продукти його переробки — 64,2 млн т; природний газ — 65,8 млрд куб. м; нафта і газовий конденсат — 16,9 млн т. Станом на 2006 рік, технічне становище електроенергетики було незадовільне: необхідна модернізація устаткування та впровадження нових ресурсощадних технологій, розробка альтернативних джерел електроенергії (сонячні, вітрові, газифікація органічної маси, газифікація відходів, геотермальні електростанції).

За даними Української асоціації відновлюваної енергетики станом на серпень 2016 року частка електричної енергії, що була вироблена з відновлюваних джерел енергії (вітроелектростанції — 48 % цього обсягу, сонячні електростанції — 31 %, малі гідроелектростанції — 12 % та ТЕС/ТЕЦ на біомасі та на когенераційних установках на біогазі — 9 %) складає близько 1,25 %, що є досить незначним порівняно з країнами ЄС. 24 лютого 2022 року НЕК «Укренерго» від'єднала українську енергосистему від мереж РФ та Білорусі. 16 Березня 2022 року Енергосистеми України та Молдови повністю синхронізовано з енергомережею континентальної Європи ENTSO-E. Відповідне рішення було ухвалено об'єднанням системних операторів ENTSO-E 11 березня 2022 року. Фізичні операції по з'єднанню енергосистем проведено протягом 16 березня.

3.2 Сучасна екологія

1) Металургійна промисловість

Виходячи зі світового досвіду та системного аналізу екологічних проблем металургійних комплексів, стратегічними напрямками діяльності в цій сфері є: Комплексна структурна перебудова галузі. Підняти ефективність використання сировинних та енергетичних ресурсів до світового рівня. Зменшення частки продукції, отриманої у виробництві мартенів та збільшення використання

конвертерного виробництва. Перехід на екологічно чисту технологію в основних ланках виробничого ланцюга металургійного циклу. Програма вирішення екологічних проблем металургійної промисловості повинна передбачати:

Провести детальний екологічний аудит на всіх металургійних комплексах України. розробка екологічно орієнтованих критеріїв структурної реконструкції металургійних комплексів України за результатами аудиту металургійної галузі; розроблення програми першочергових заходів у металургійних комплексах, спрямованих на зменшення викидів твердих часток в атмосферу та покращення якості навколишнього середовища;

Удосконалення нормативно-правових та організаційних заходів контролю викидів забруднюючих речовин у металургійній промисловості; розробка та впровадження механізмів узгодження темпів технологічної модернізації та структурної перебудови в металургійній промисловості з рівнем допустимих викидів; Реалізація комплексних програм поводження з твердими побутовими відходами. 2) хімічна та нафтохімічна промисловість

1. Розгляд напряму розвитку промисловості, а саме:
2. Удосконалення структури промисловості, розробка пріоритетних напрямів її розвитку.
3. Розвиток вітчизняної мінерально-сировинної бази.
4. Виробництво основної продукції;
5. Впровадження наукоємних технологій для комплексного використання сировини, енергетичних ресурсів і цільової продукції, стратегічними завданнями програми є: Розробка та впровадження передових ресурсозберігаючих маловідходних та безвідходних технологій. Масове та одночасне очищення газових викидів та стічних вод видалена продукція і подальша обробка; проведення науково-технічних робіт, спрямованих на ліквідацію та запобігання надзвичайним ситуаціям на підприємствах галузі; Розробка та реалізація програм створення високоефективних систем очищення газових викидів та стічних вод. Впровадження комплексної програми

поводження з відходами. Реалізація програм морального зносу виробництв, які використовують екологічно недосконалі технології, протягом усього технологічного циклу.

3) Нафтова, газова та нафтопереробна промисловість Для вирішення завдань у цій сфері необхідно: Провести комплексну паспортизацію об'єктів нафтогазового комплексу. Розробити заходи щодо підвищення екологічної безпеки технологічних процесів на цих об'єктах. Вносити зміни та доповнення до чинних норм технічного проектування та експлуатації об'єктів нафтової, газової та нафтопереробної промисловості з питань екологічної безпеки та вимог охорони навколишнього середовища. Розробити та впровадити технологічні програми поводження з відходами та відпрацьованими нафтопродуктами з метою покращення екологічного стану довкілля. Впровадити технології зменшення викидів летких органічних сполук в атмосферу. Розробити комплексні технології очищення води та ґрунту від вуглеводневого забруднення. Розробити та впровадити систему оцінки та прогнозування поширення забруднення підземних вод нафтою та нафтопродуктами.

Розробити нормативний документ щодо визначення та розрахунку небезпечних викидів від основних джерел для підприємств нафтопереробної промисловості. Є проблеми і на зовнішньому рівні, вони стосуються використання продуктів нафтопереробного та газового комплексу (бензину, дизельного палива, мазуту, газу) в інших галузях економіки, в основному пов'язані з низькою якістю нафти. робити. виробляється паливо. Щоб вирішити ці проблеми, вам потрібно: Припинити виробництво нафтопродуктів, що містять сполуки свинцю. Збільшити глибину переробки нафти шляхом будівництва установок каталітичного реформінгу на великих нафтопереробних заводах. Впроваджено технічний процес гідроочищення дизельного та авіаційного палива одночасним сірчанним вихровим процесом на нафтопереробному підприємстві. Розробити технологію виробництва моторного палива з альтернативних видів сировини. Розробка та впровадження

методів і технологій використання газу та альтернативних видів палива на транспорті.

4) **Машинобудування** Основами реалізації природоохоронної політики в галузі є: Значне скорочення викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище підприємствами машинобудівного комплексу. Вирішує завдання впровадження екологічно чистих технологій у всіх сферах машинобудування, особливо утилізації та утилізації токсичних відходів гальванічного виробництва. 5) **Гірнича справа** Вирішення екологічних проблем у гірничій справі вимагає: Провести модернізацію та технологічну реструктуризацію підприємств галузі. Розробити та запровадити систему попереджувального технічного моніторингу навколишнього природного середовища на об'єктах підвищеного екологічного ризику. Внаслідок зменшення видобутку коксівного вугілля збільшиться видобуток енергетичного вугілля. Удосконалення технічного процесу мокрого збагачення вугілля для ефективного видалення сірки з вугілля. Розробити та впровадити технологічні процеси та обладнання для використання енергетичного потенціалу шахтного метану. Розробити та впровадити технічні схеми очищення та використання мінералізованих шахтних вод. Розробити та впровадити техніку та обладнання для використання відвалів породи для отримання сировини для будівельної галузі. Забезпечити роздільне зберігання орного шару з метою більш ефективного використання його для будівництва та інших видів виробництва матеріалів і продукції. Забезпечити гасіння породних відвалів та розвиток породних закладень у відпрацьованих гірничих просторах у найближчі роки. Розробляти та впроваджувати екологічно безпечні методи збереження мін. 6) **Будівництво** Метою природоохоронної роботи в будівництві є нормалізація умов життя населення та поліпшення стану природно-територіального комплексу України в умовах екологічної кризи. Для складання переліку завдань конкретної програми необхідно провести екологічний аудит кризових територій України та визначити комплекс екологічних вимог до містобудівних заходів для

досягнення рівня контролю екологічної обстановки. . Щоб вирішити ці проблеми, необхідно:

а) проводити екологічні аудити кризових територій України; Це включає визначення територіального базового рівня контролю забруднення на найближчі 1-3 роки та ймовірність його фактичного досягнення. Пріоритетним є проведення екологічних аудитів у високоурбанізованих регіонах і містах. б) Розробка містобудівних заходів, спрямованих на виведення території з небезпечного стану: Проводити екологічний аудит з урахуванням змін у структурі землекористування в напрямку розширення території національних парків та рекреаційних зон. Визначити комплекс містобудівних заходів для досягнення рівня контролю екологічної обстановки. в) вжити заходів щодо збереження ресурсів: Обмежити використання необхідних природних мінералів. Задоволення в результаті використання вторинних і відновлюваних ресурсів. Розробити та реалізувати програми створення та виробництва нових ресурсозберігаючих будівельних матеріалів та конструкцій. г) вжити заходів для запобігання та скидання забруднюючих речовин: Розробити комплексну програму впровадження безвідходних та екологічно безпечних технологій. Розробляти та впроваджувати мобільне, легке, екологічно чисте та малоенергетичне будівельне обладнання та механізовані інструменти. д) розробляти та впроваджувати архітектурно-планувальні заходи.

3.3 Висновки по розділу екології

Найнебезпечнішою в екологічному аспекті галуззю промисловості будівельних матеріалів залишається цементна промисловість, підприємства якої найбільше забруднюють довкілля. Тому треба створити спеціальну програму істотного зменшення впливу підприємств з виробництва цементу на довкілля.

Висновки

1. Математичним моделюванням показана можливість виконання для компенсованих мереж селективного захисту від замикань на землю на основі контролю знака реактивної потужності, що визначається за струмами та напругами частоти 150-300 Гц, виділених за допомогою смугових частотних фільтрів з напруги та струмів нульової послідовності. За таких частот індуктивність котушки Петерсена практично не компенсує в пошкодженому приєднанні ємнісні струми цієї частоти, що дозволяє використовувати для захисту критерій напрямку реактивної потужності.

2. Розроблено мікропроцесорний захист від ОЗЗ, у якому для підвищення стійкості рекурсивних фільтрів застосовано їх управління з напруги нульової послідовності, а для забезпечення постійності вихідного сигналу під час роботи захисту її виконують двухканальною з підключенням двох фільтрів різного виду до кожного вхідного сигналу напруги і струму. Підсумовування реактивної потужності цих каналів забезпечує сталість вихідного сигналу замість дискретного характеру при одноканальному виконанні.

3. Правильність функціонування розробленого захисту підтверджена результатами математичного моделювання, лабораторними випробуваннями натурального зразка та правильністю дії під час використання сигналів, записаних за допомогою цифрових реєстраторів при замиканнях на землю в реальних мережах.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Університетська книга», 2007. – 280 с.
2. Правила безпечної експлуатації електроустановок. – К.: Держнаглядохоронпраці, 2000. – 88 с.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи / Бессонов Л.А. – [10-е изд.]. – М.: Гардарики, 2002. – 638с.
5. "Основи загальної екології "Г. О. Білявський. у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів
6. "Екологічна експертиза, право та практика "Андрейцев Ю. І.
7. "Постанова Верховної Ради України про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки ".
8. "Національна доповідь України про збереження біологічного різноманіття ".
9. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи / Сонов Л.А. – [10-е изд.]. – М.: Гардарики, 2002. – 638с.