

Вінницький національний технічний університет

Дослідження особливостей мікропроцесорного захисту та автоматики цифрових ВРП електричних станцій



Виконав:

ст. гр. ЕС-19М Пугач С.В.

Керівник:

професор кафедри ЕСС
Рубаненко О.Є.

Кафедра електричних станцій і систем, 2020 рік

Ознакою сьогодення є швидке впровадження сучасних інформаційних технологій в енергетичну галузь. Виробництво, транспортування, розподіл та споживання електричної енергії характеризуються одночасністю цих процесів та небезпекою. З метою зменшення втрат під час передавання електричної енергії від електричної станції до підстанції споживача здійснюється на високій напрузі. Отже, потрібно обмежити час перебування людей на території відкритих розподільних пристроїв (ВРП) електричних станцій (ЕС). Також відомо те, що процеси, які відбуваються в обладнанні ВРП (особливо в аварійних режимах) швидкоплинні. Отже, керування обладнанням за таких умов здійснюють сучасні засоби цифрового мікропроцесорного захисту та протиаварійної автоматики. Часто високовольтне обладнання ВРП ЕС знаходиться в експлуатації понад 25 років, що перевищує його паспортний ресурс, підвищуючи ризик відмов вимірювальних трансформаторів струму, напруги, шунтових реакторів, високовольтних повітряних вимикачів, високовольтних оливо-наповнених вводів і т. п. За таких умов зростає роль сучасних цифрових моніторингових систем, наприклад КІН-750, КІВ-500 і т. п., які здійснюють постійний контроль ізоляції високовольтних вводів та вимірювальних трансформаторів струму і напруги. Також важливим є безперервний контроль параметрів нормального режиму: струмів, напруг, потужностей та спожитої електричної енергії. Це покращує умови роботи сучасних цифрових систем автоматизованого та автоматичного керування нормальними режимами електроенергетичних систем (ЕЕС).

Тому тема, мета та задачі дослідження є **актуальними** для особливостей переходу від традиційних ВРП на яких експлуатуються різні види аналогового обладнання до обладнання, яке забезпечує створення та обробку цифрових інформаційних сигналів.

Об'єкт та предмет досліджень

Об'єктом дослідження в МКР є методи побудови цифрових ПС, а **предметом** - інтелектуальні пристрої цифрових підстанцій.

Методи досліджень: для аналізу та визначення уставок спрацювання інтелектуальних мікропроцесорних захистів обладнання цифрових ВРП електричних станцій, використані методи теорії релейного захисту.

Наукова новизна: отримав подальший розвиток метод визначення уставки спрацювання дистанційного захисту ЛЕП 110кВ шляхом використання максимально-видовженої зони захисту, що дозволяє зменшити похибку розрахунків.

Практична цінність полягає у прикладах розрахунків параметрів дистанційного захисту ЛЕП 110 кВ і 35 кВ, які можуть бути використані під час налаштування дистанційних і струмових захистів електрообладнання цифрових ВРП електричних станцій.

Апробація результатів. Результати досліджень доповідались та обговорювались на міжнародній науково-технічній конференції „КУСС 2020”.

Результати досліджень опубліковані в матеріалах конференції „КУСС 2020”.

(О. Є. Рубаненко, В.О. Лесько, С.В. Пугач, „Особливості цифрових ВРП електричних станцій”. Матеріали XVI міжнародної конференції „Контроль і управління в складних системах”, Вінниця, 2020, с. 48-50). Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mccs/mccs2020/paper/view/10743>

Мета і задачі досліджень

3

Метою МДР є дослідження особливостей мікропроцесорного захисту та автоматики цифрових розподільних пристроїв електричних станцій.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **основні задачі**:

1. Проаналізувати особливості цифрових ВРП.
2. Дослідити апаратне і програмне забезпечення цифрових ВРП.
3. Розрахувати параметри релейного захисту ЛЕП 110 кВ.
4. Розрахувати параметри релейного захисту шин 110 кВ.
5. Розрахувати окупність мікропроцесорного захисту на цифрових ВРП.
6. Розрахувати блискавкозахист ВРП – 110 кВ.
7. Дослідити стійкість роботи мікропроцесорного захисту та автоматики цифрових ВРП в умовах дії іонізуючих випромінювань та ЕМІ.



Відмінними характеристиками Цифрових ВРП (ЦВРП) є: наявність вбудованих в первинне обладнання інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв, застосування локальних обчислювальних мереж для комунікацій, цифровий спосіб доступу до інформації, її передачі і обробці, автоматизація роботи підстанції і процесів управління нею.

Цифрова підстанція - підстанція нового покоління, в якій організація усіх потоків інформації під час вирішення задач моніторингу, аналізу і управління здійснюється в цифровому вигляді. Цифрова підстанція комплектується інтелектуальним вторинним устаткуванням, що працює на єдиному стандартному протоколі обміну інформацією - [ІЕС 61850](#). Містить високовольтні цифрові вимірювальні оптичні [трансформатори струму](#) і напруги, багатофункціональні [прилади вимірювання](#) та [обліку](#), станційна шина і шина процесу, система синхронізації, система відображення та управління підстанцією ([SCADA](#)).

Для створення повноцінної цифрової ПС мають бути застосовані високовольтні цифрові трансформатори струму і напруги; мікропроцесорні інтелектуальні електронні пристрої (IED), включаючи пристрої контролю і управління, релейного захисту і автоматики, протиаварійної автоматики, телемеханіки, лічильники електроенергії і т. д., повинні підтримувати міжнародний стандарт МЭК 61850, що описує зведення правил для організації протоколу подій передачі даних.

Цифрова підстанція

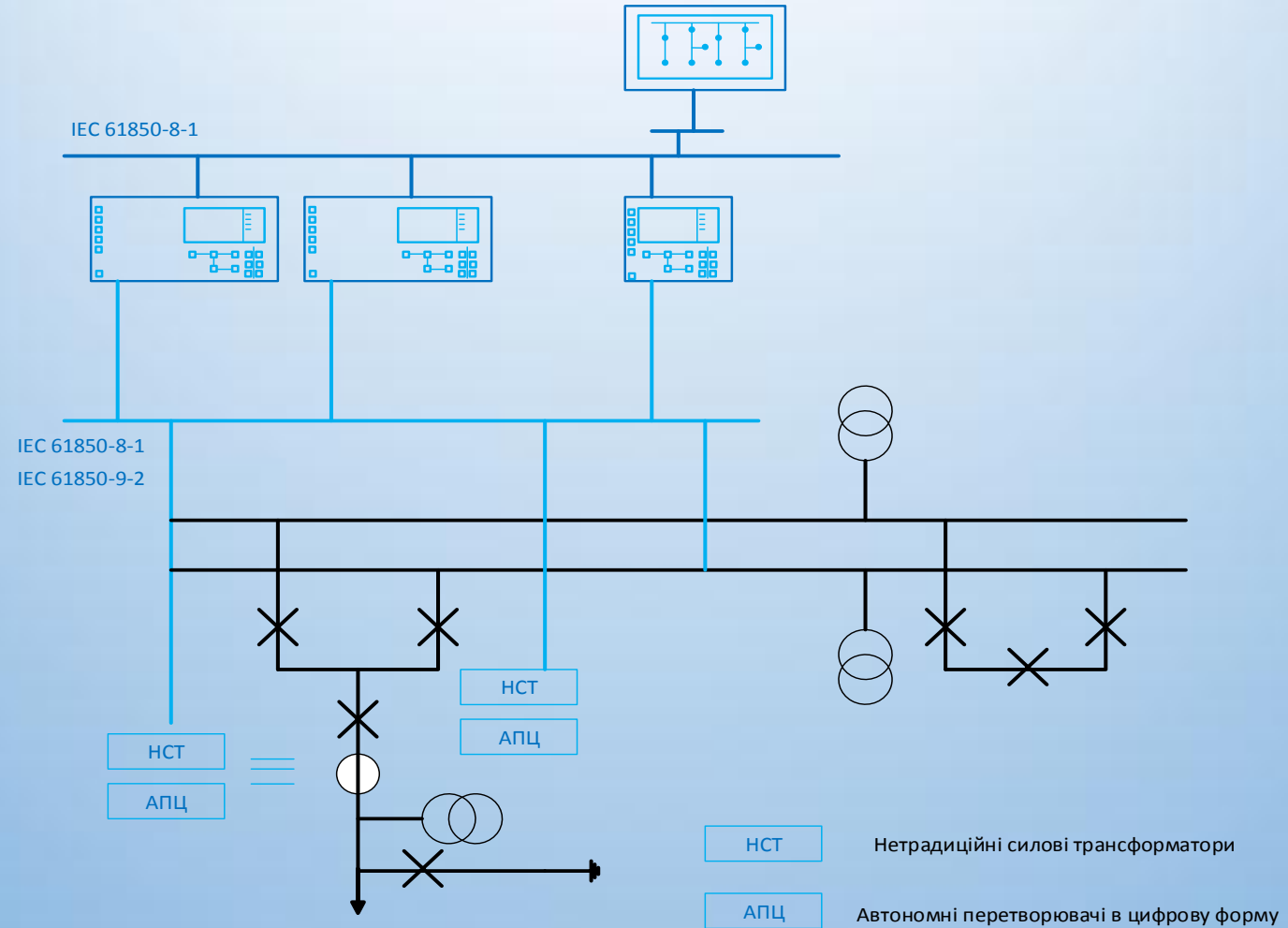


Рисунок 5.1 – Схема цифрової підстанції

Аналіз впровадження ЦПС

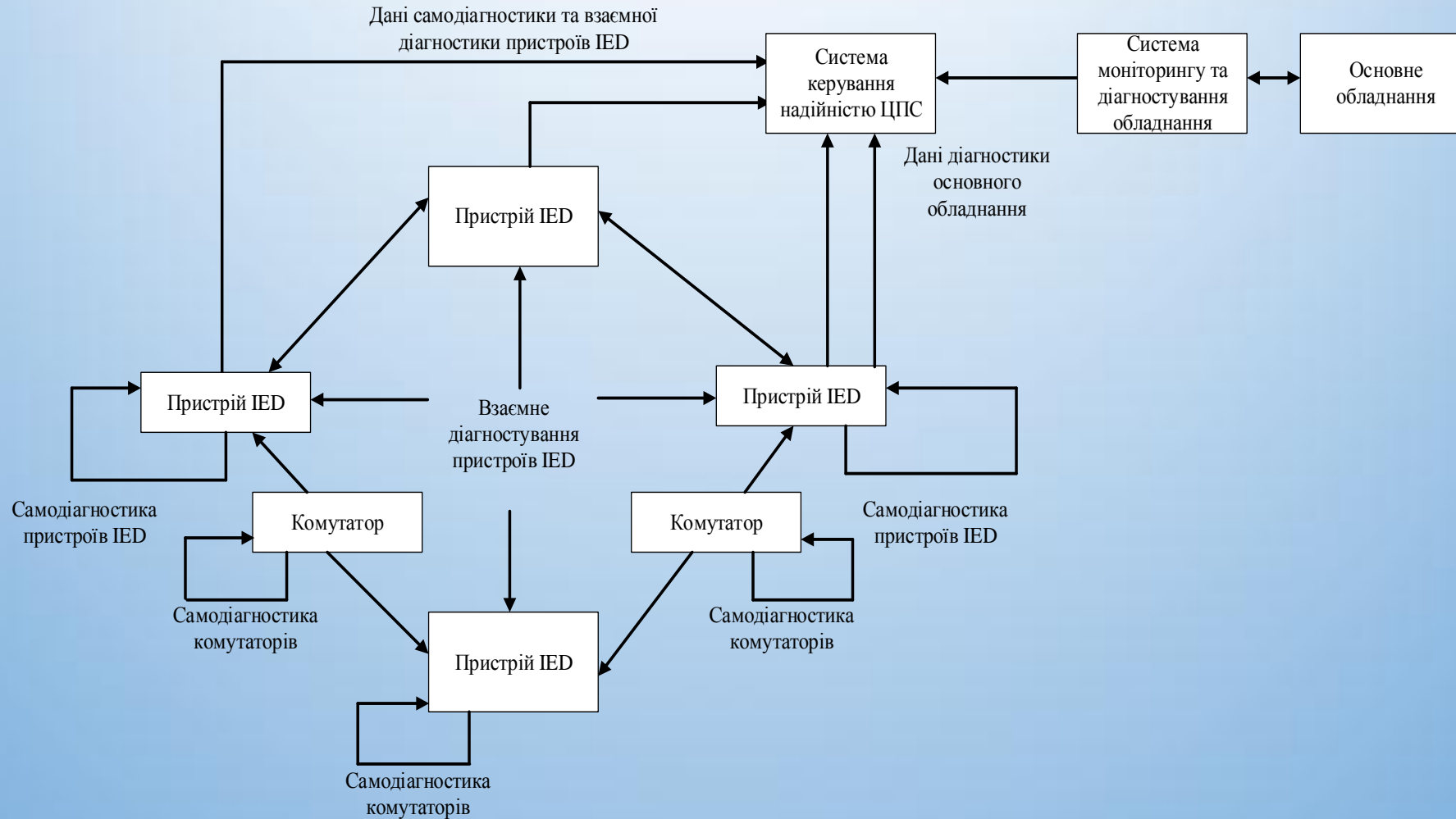


Рисунок 6. 1 – Принцип взаємодії обладнання ЦПС

Інтелектуальний електронний пристрій

8

IED (інтелектуальний електронний пристрій) – це мікропроцесорний пристрій з деякими можливостями обробки та зв'язку.

Цей пристрій може отримувати інформацію від РС або інших типів датчиків, приймати рішення щодо управління або захисту на основі деяких алгоритмів та видавати команди іншим пристроям, таким як вимикач та перемикачі.

IED можуть збирати та записувати інформацію про безліч різних параметрів системи, обробляти їх на основі складної логіки за частки секунди та приймати рішення про аномальні режими для надсилання команд управління на вимикачі та перемикачі для усунення несправності.

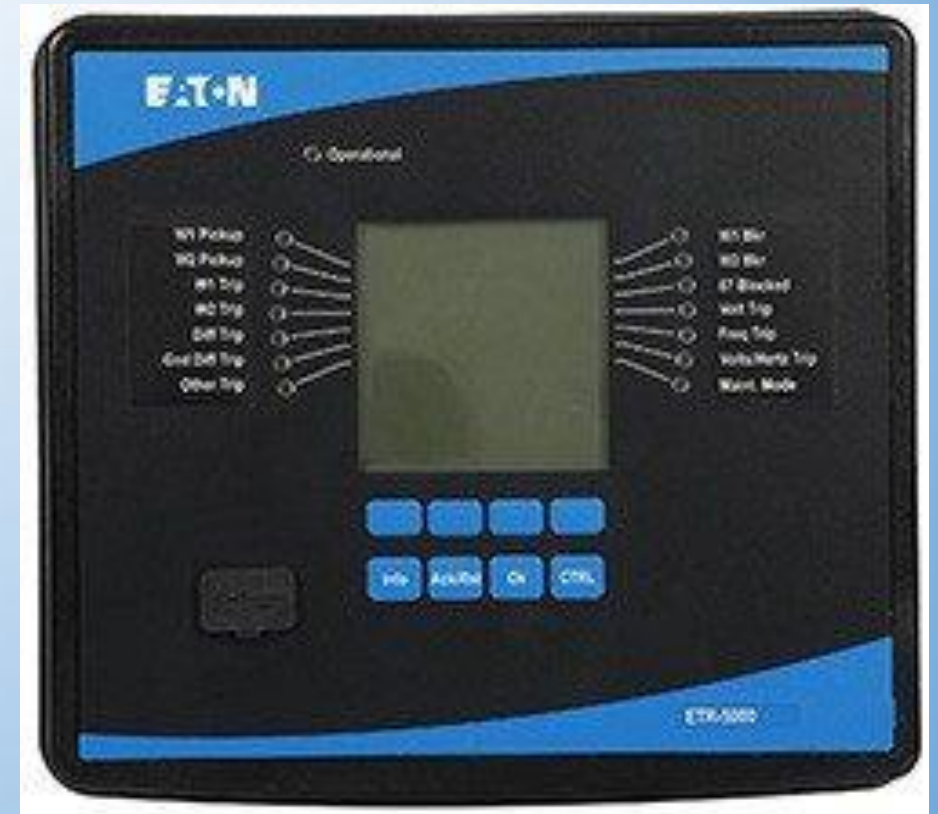


Рисунок 8.1 – Інтелектуальний електронний пристрій IED

Пристрої та методи синхронізації часу, такі як годинники GPS та сигнали IRIG-B, використовуються на підстанціях досить давно. Завдання – завжди синхронізувати внутрішні годинники пристроїв у системі, щоб мітки часу з різних джерел могли точно порівнювати в системному аналізі. Синхронізація часу також є критично важливою в системі захисту. Нові технології автоматизації підстанцій пропонують нові методи синхронізації часу. На відміну від старих систем, де часовий сигнал розподілявся за допомогою дротових ліній зв'язку (дроти IRIG-B, послідовні кабелі), нові часові протоколи використовують комунікаційну інфраструктуру для розподілу часових сигналів.

Деякі протоколи зв'язку (IEC-104), а також NTP (Network Time Protocol) та SNTP (Simple Network Time Protocol) вже можуть забезпечити достатню точність для багатьох додатків.

В останні роки було запроваджено протокол Precision Time Protocol ,який використовує існуючу мережеву інфраструктуру для забезпечення точності часу до мікросекунд для пристроїв в системах управління та захисту.

Методи синхронізації часу	Типова точність
Протоколи зв'язку	<100мс
NTP	1мс – 10мс
IRIG	1мкс – 10мкс
IEEE 1588	20мс – 100мс

Таблиця 9.1 – Протоколи зв'язку

Розрахунок максимального струмового захисту шин

Реле з гальмуванням для умови спрацювання має наступні вираження моменту:

$$I_{роб}^2 - k_{гал}^2 \cdot I_{гал}^2 - I_{с.р.мін.}^2 = 0 . \quad (10.1)$$

Зона каскадної дії знаходиться із виразу (10.1) після підстановки в нього значення струмів $I_{роб}$, $I_{гал}$. і $I_X = I_K$:

$$I_K = \sqrt{\left(\frac{\beta \cdot k_{гал}}{2}\right)^2 + \left(\frac{I_{с.р.мін.}}{I_{к.з.}}\right)^2} \cdot I . \quad (10.2)$$

Струм спрацювання точкового реле в комбінованому пусковому органі:

$$I_{с.р.} = \frac{f_{1\%}}{100} \cdot k_N \cdot k_{одн} \cdot k_{апер} \cdot \frac{\beta \cdot I_{к.з.вн.макс.}}{2 \cdot n_T} ; \quad (10.3)$$

Струм гальмування, відповідний максимальному струму $I_{к.з.вн.макс.}$, який проходить по лініях при зовнішньому короткому

замиканні:

$$I_{гал.} = \frac{\beta \cdot I_{к.з.вн.макс.}}{2 \cdot n_T} . \quad (10.4)$$

З обліком значень $I_{с.р.}$ і $I_{гал.}$ коефіцієнт гальмування:

$$k_{гал.} = \frac{I_{с.р.}}{I_{гал.}} = \frac{f_{1\%}}{100} \cdot k_N \cdot k_{одн} \cdot k_{апер} = \frac{10}{100} \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 2 = 0,12 .$$

Розрахунок уставок цифрового захисту ЛЕП

Перетворюючи схему, яка зображена на рис. 12.1, б, отримуємо схему(див. рис. 12.1, в) із опорами:

$$X_{\Sigma A} = X_{cA} + X_{л} + \frac{X_{cA} \cdot X_{л}}{X_{л} + X_{cB}} = 20 + 20 + \frac{20 \cdot 20}{20 + 15} = 51,4 \text{ Ом} ;$$
$$X_{\Sigma B} = X_{cB} + X_{л} + X_{л} + \frac{(X_{cB} + X_{л}) \cdot X_{л}}{X_{cA}} = 15 + 20 + 20 + \frac{(15 + 20) \cdot 20}{20} = 90 \text{ Ом} .$$

Струм при короткому замиканні між двома фазами в точці K_2 в мінімальному режимі:

від системи А:

$$I_{к.зА}^{(2)} = 0,865 \cdot \frac{U_{\phi}}{X_{\Sigma A}} = 0,865 \cdot \frac{66500}{51,4} = 1120 \text{ А} ;$$

від системи Б:

$$I_{к.зБ}^{(2)} = 0,865 \cdot \frac{66500}{90} = 640 \text{ А} ;$$

у пошкодженій лінії:

$$I_{к.з}^{(2)} = I_{к.зА}^{(2)} + I_{к.зБ}^{(2)} = 1120 + 640 = 1760 \text{ А} .$$

Струм в досліджуваній лінії до якої встановлений захист зі сторони шин системи А:

$$I_{зА}^{(2)} = I_{к.з}^{(2)} - (-I_{к.зАБ}^{(2)}) = 1760 + 640 = 2400 \text{ А} .$$

Коефіцієнт чутливості захисту

$$k'_{чА} = \frac{I_{зА}^{(2)}}{I_{C.з}} = \frac{2400}{254} = 9,45 . \quad 9,45 > 2$$

Аналогічно знаходимо уставки захисту та коефіцієнт чутливості захисту для інших схем.

Схеми диференційного захисту

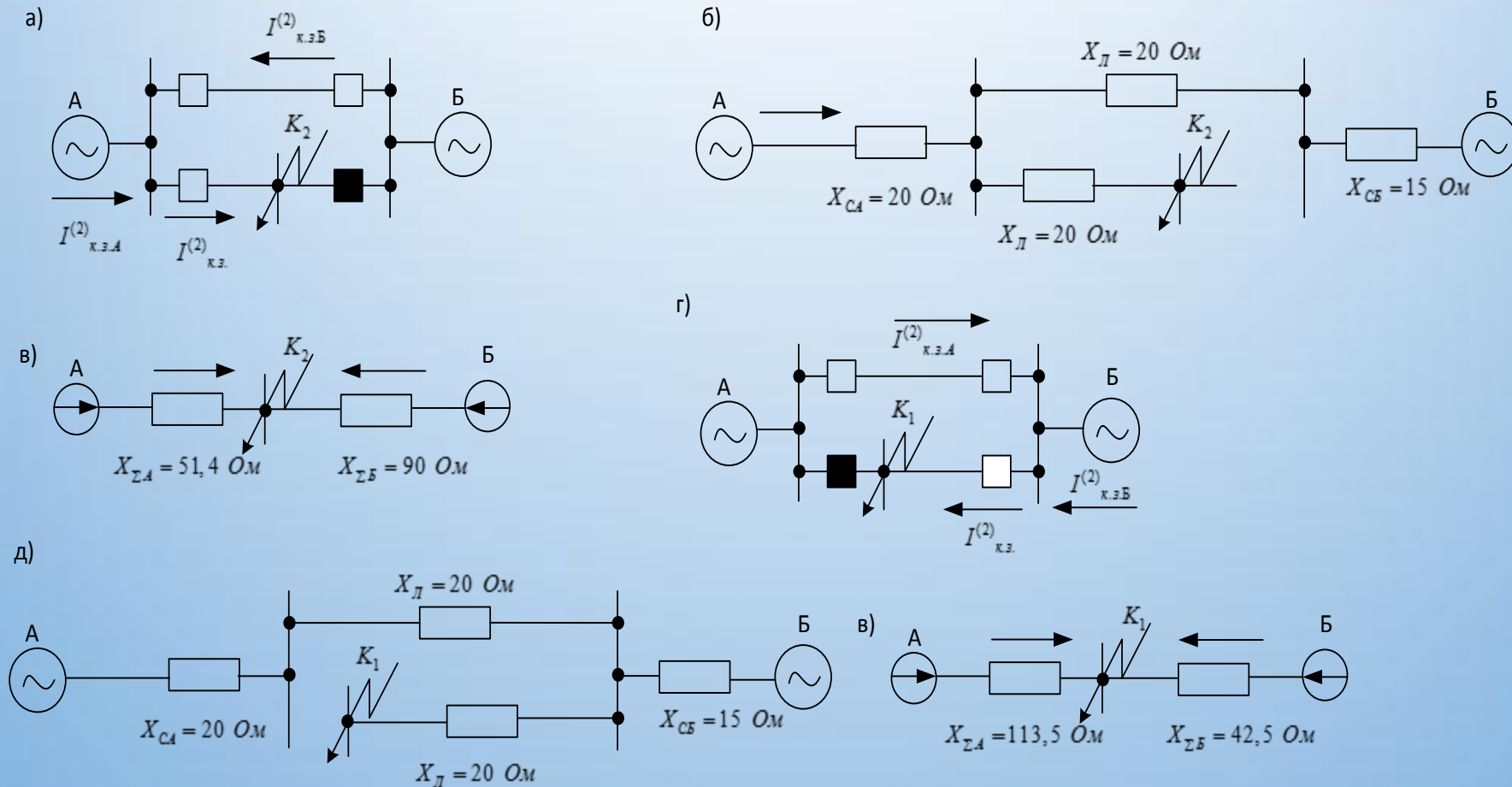


Рисунок 12.1 – Розрахункова схема і її перетворення для визначення коефіцієнтів чутливості в режимі каскадної дії

При проектуванні будинків та споруд в яких розташована релейна зала цифрової підстанції на території ВРП необхідно враховувати і запобігати можливостям їх пошкодження від ударів блискавки. Особливо це відноситься до відкритих електроустановок.

Блискавки характеризуються великим руйнівним впливом. Це пояснюється великою амплітудою, крутизою зростання і інтегралом струму. Захист ВРП здійснюється використанням стрижневих блискавковідводів на порталах підстанцій або пристроєм окремо розташованих стрижневих блискавковідводів на порталах цифрових ВРП електричних станцій, або використанням пристроїв грозозахисту блискавковідводів зі своїми відокремленими заземлювальними пристроями. Вони ефективніше використовуються і у них більша зона захисту.

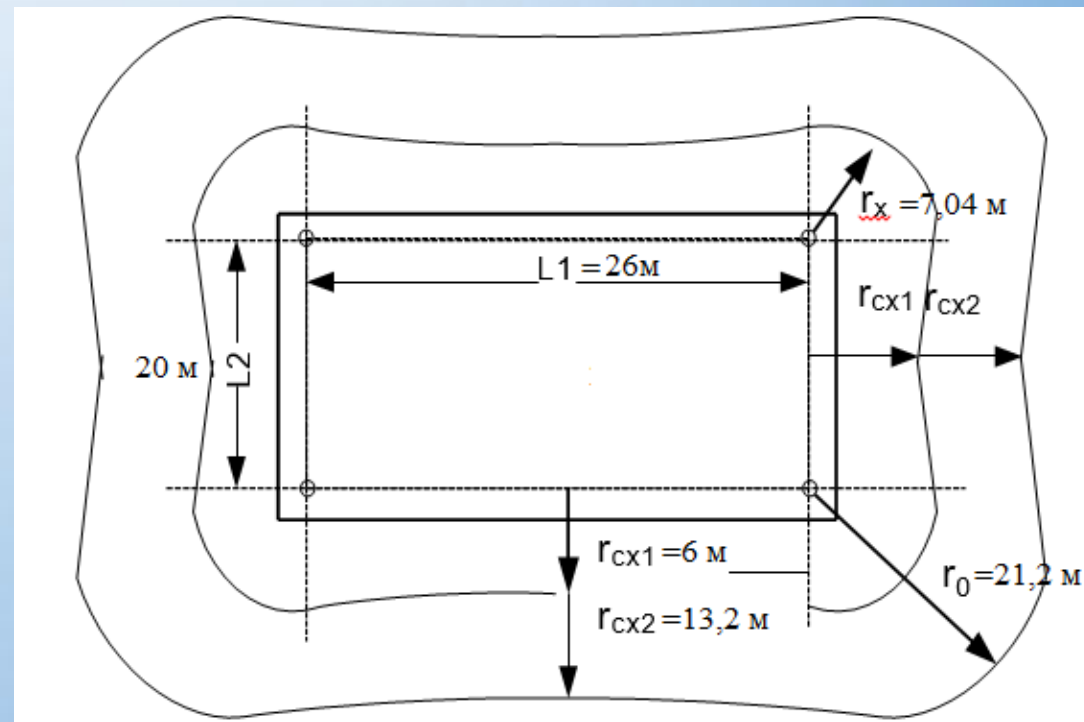


Рисунок 13.1 – Схема блискавкозахисту ВРП – 110 кВ

На основі виконаного аналізу зв'язовано, що у наш час вигідніше встановлювати сучасні цифрові ВРП ЕС, ніж застарілі традиційні ВРП, тому що вони мають багато переваг в обслуговуванні та експлуатації, а також значно покращується надійність та якість енергетичного виробництва.

За результатами дослідження цифрових ВРП зв'язовано, що мікропроцесорний захист цих ВРП запобігає пошкодженню обладнання, дозволяє зберегти нормальну роботу електричного обладнання ВРП.

Здійснено розрахунок уставок захисту ЛЕП і шин 110 кВ передбачає визначення струмів спрацювання першої та другої ступені МСЗ, визначення зони захисту та часу спрацювання з метою узгодження з уставками релейного захисту суміжних ділянок, а також передбачає визначення коефіцієнтів чутливості з метою забезпечення надійного спрацювання релейного захисту.

Також у МДР в розділі економічна частина визначені техніко-економічні показники впровадження цифрових мікропроцесорних захистів на цифровому ВРП електричної станції. Пораховані економічні показники і прогнозовано, що впровадження сучасного мікропроцесорного захисту для цифрової РП 110 кВ окупиться за 3,1 роки.

Запропонований в роботі блискавкозахист повинен забезпечити захист для цифрової ВРП 110 кВ від ударів блискавки.

Визначено, що мікропроцесорний захист і автоматика цифрових розподільних пристроїв можуть потрапити під дію іонізуючих випромінювань та ЕМІ. В результаті проаналізовані елементи, які не стійкі до дії цих факторів. Захисний екран повинен забезпечити дану стійкість.

Дякую за увагу !