

РОЗДІЛ 7. ТЕХНІКА І ЕЛЕКТРОФІЗИКА ВИСОКИХ НАПРУГ

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ ПІДСТАНЦІЯХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Коломійчук Д.С., магістрант, Островерхов М.Я., д.т.н., професор
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

Вступ. Однією з головних задач сучасної електроенергетики є забезпечення безперебійного постачання електричної енергії споживачам. Електричні підстанції є основною ланкою енергорозподільчої системи, яка забезпечує розподіл потужностей в енергосистемі від електричних станцій до споживачів. Впровадження систем моніторингу на електричних підстанціях є важливим кроком для підвищення надійності та ефективності електроенергетичного виробництва, забезпечення надійності споживання та контролю якості електричної енергії. Важливість та актуальність задачі підвищується також вимогами до об'єднання з енергосистемою європейських країн ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) [1, 2]. Йдеться про створення та впровадження нових інформаційних технологій та систем, що дозволяє суттєво підвищити рівень надійності та ефективності управління технологічними процесами.

Мета дослідження. Удосконалення системи моніторингу електричних підстанцій на основі вимірювальних перетворювачів для підвищення ефективності електроенергетичного виробництва.

Матеріали та результати дослідження. Системи моніторингу на електричних підстанціях дозволяють вирішувати задачі диспетчерського управління та реалізовувати об'єктний рівень моніторингу системних параметрів енергосистеми. Первинними елементами низового рівня таких систем є вимірювальні перетворювачі або ж аналізатори якості мережі (рис. 1), що виступають потужним інструментом для аналізу параметрів електричної енергії на об'єкті.

Вимірювальні перетворювачі включаються у кола вимірювальних трансформаторів напруг і струмів та здатні аналізувати такі параметри як лінійні та фазні напруги і струми, частоту мережі, $\cos \varphi$, коефіцієнти активної та реактивної потужності, споживану та видану активну, реактивну й повну потужності, коефіцієнти нелінійних спотворень напруги та струму із забезпеченням похибок в межах $\pm(1-2) \%$ для всіх параметрів, окрім частоти мережі та коефіцієнта потужності, для яких похибка становить $0,02 \%$. Слід зауважити, що вимірювальні перетворювачі необхідно встановлювати у всі вхідні та вихідні лінії підстанції. Таким чином, типова електрична підстанція може містити від 6 до 20 таких аналізаторів у своєму складі, що забезпечує проведення глибокого аналізу якості електричної енергії.

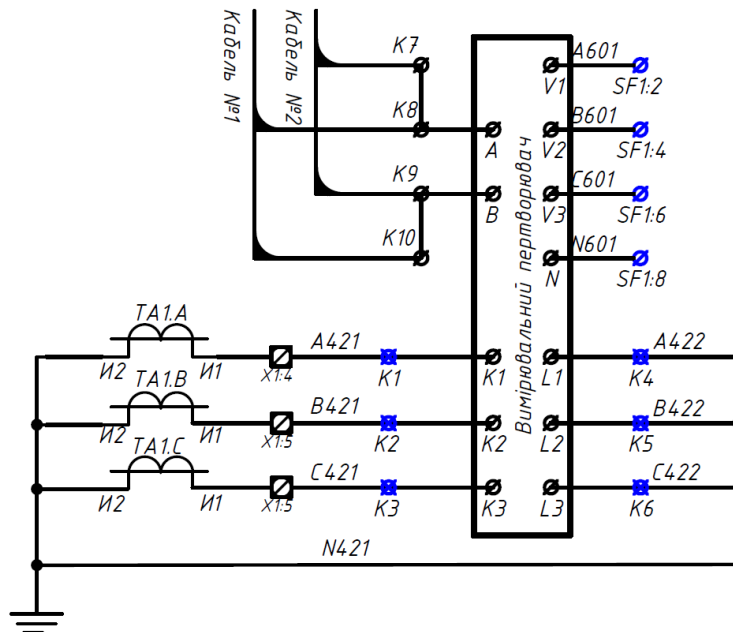


Рисунок 1 – Схема підключення вимірювального перетворювача

На рис. 2 зображена принципова електрична схема підстанції ПС 35/10кВ, на прикладі якої розглядається можливість встановлення вимірювальних перетворювачів. Згідно схеми підстанція містить 4 лінії 35 кВ, 5 ліній 10 кВ, 2 високовольтні трансформатори, по 1 секційному вимикачу для 10 кВ і 35 кВ та 2 трансформатори власних потреб.

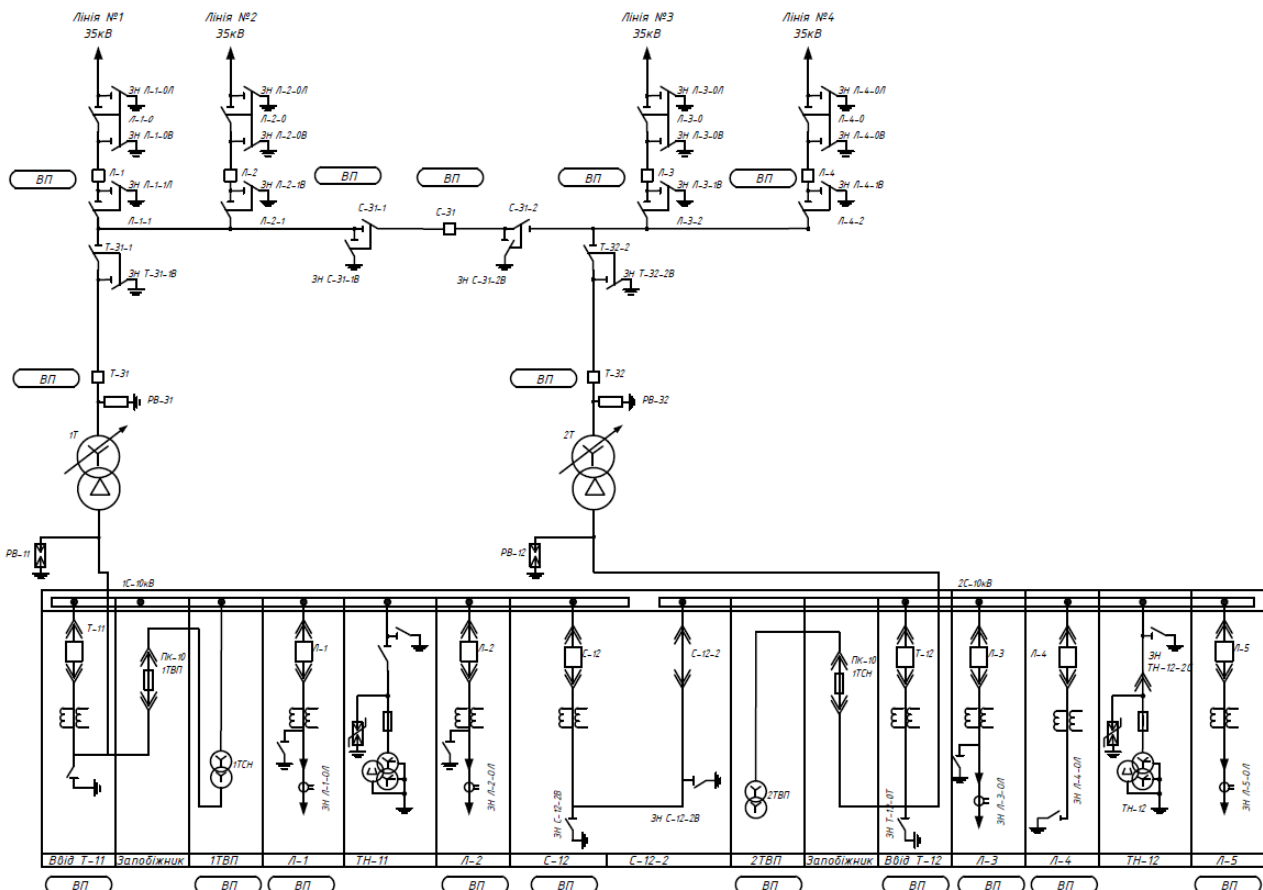


Рисунок 2 – Принципова електрична схема ПС 35/10 кВ

Для даної підстанції потрібно встановити 17 вимірювальних перетворювачів, що забезпечує вимірювання параметрів електричної енергії та втрати на кожній ділянці такої схеми, а також потужність споживання ліній та витрати на власні потреби підстанції. Для організації комп'ютерної промислової мережі сучасні вимірювальні перетворювачі мають інтерфейс RS-485, дальність передачі якого залежить від швидкості передачі [3]. При дальності до 120 м цей інтерфейс може забезпечити швидкість до 10 Мбіт/с, а при дальності до 1200 м швидкість вже буде становити 100 кбіт/с. Тобто використовувати кабельні лінії не ефективно для відстаней більше 100 м, бо через велику кількість вимірюваних параметрів інформація буде доходити до пункту обробки із запізненням. Інтерфейс RS-485 підтримує до 32 приймачів в одній лінії, проте як було описано раніше, реальна кількість повинна бути суттєво меншою через великий обсяг інформації.

Для збору інформації з перетворювачів встановлюються спеціалізовані термінали RTU (Remote Terminal Unit), що підтримують різні протоколи передачі даних, такі як Profibus, Modbus, CAN та інші. Широкого поширення отримав протокол Modbus, який заснований на технології «master-slave» (ведучий-ведомий), де в ролі ведучого виступає термінал RTU, а в ролі ведомого – вимірювальні перетворювачі. Слід зауважити, що RTU – лише пристрій збору та передачі інформації на верхній рівень автоматизації, наприклад, на сервери із SCADA-систем. Тобто, вимірювальні перетворювачі входять до більш складної структури телемеханіки, на основі якої реалізується система моніторингу, яка в свою чергу є складовою системи автоматизації підстанції або навіть району електричної мережі, що охоплює багато підстанцій та розподільчих пунктів. На рис. 3 зображено функціональну схему підключення вимірювальних перетворювачів до терміналу RTU. Для збору інформації раціонально використати три лінії. Перша лінія містить два перетворювачі на приєднання силових трансформаторів 10 кВ, друга лінія – 7 перетворювачів секції 10 кВ, а третя лінія – 8 перетворювачів секції 35 кВ. Такий вибір обумовлений розташуванням обладнання на підстанції, зокрема, приєднання 10 кВ зазвичай знаходяться в окремому приміщенні, а приєднання 35 кВ вимагають більших габаритів, тому обладнання розташоване під відкритим небом і комірки знаходяться біля вимикачів або трансформаторів. Збір даних до процесорного контролера RTU організовано за допомогою промислової мережі Modbus RTU по інтерфейсу RS-485, який передає інформацію на верхній рівень для подальшої обробки. Підключення вимірювальних перетворювачів до кіл струмів та напруг здійснюється за допомогою клем та спеціальних автоматів підключення до трансформаторів струму та напруги відповідно.

Підключення вимірювальних кіл до перетворювача показано на рис. 1. В кожній комірці згідно однолінійної принципової електричної схеми підстанції наявні трансформатори струму, до яких підключається вимірювальний перетворювач за допомогою клем К1-К6. Такі клеми повинні мати у своєму складі роз'єднувачі для забезпечення відключення кіл, що може бути необхідним при виведенні вимірювача з роботи, профілактичних або ремонтних роботах. Сигнали напруги беруться з трансформаторів напруги у відповідності до секції

шин та підключаються за допомогою автоматичного вимикача для виводу кіл з роботи при перенапругах, так як вимірювальні перетворювачі є досить дорогим обладнанням, у яких немає спеціалізованих захистів. Підключення кабелю витой пари здійснюється на клеммах К7-К10. Для можливості послідовного підключення перетворювачів в одну лінію використовуються дві клеми для каналу А і В та відповідні перемички для кожної пари клем.

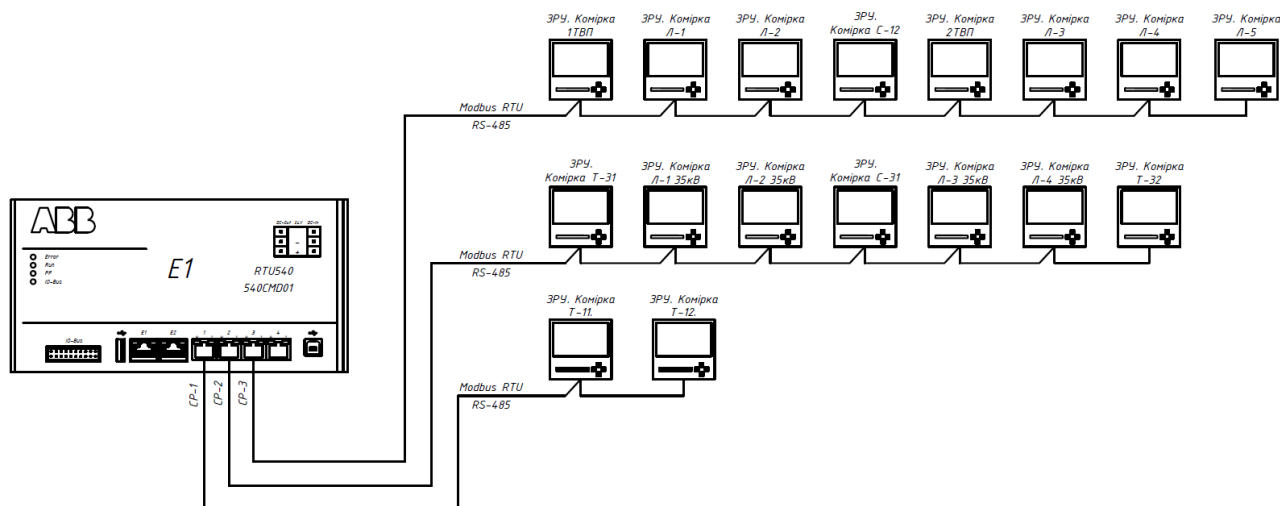


Рисунок 3 – Структурна схема організації зчитування даних з вимірювальних перетворювачів

Висновки. В роботі розглянута можливість удосконалення системи моніторингу на електричних підстанціях на основі вимірювальних перетворювачів. Встановлення таких перетворювачів дозволяє отримувати інформацію в реальному часі, що сприяє більш якісному аналізу процесів на підстанціях. Крім отримання параметрів якості електричної енергії система моніторингу дозволяє здійснювати контроль втрат потужності в процесі трансформування та передачі електроенергії в мережі, а також забезпечувати вимірювання потужності, яка йде на власні потреби підстанції. За допомогою статистичної обробки отриманої інформації можна здійснювати прогнозування споживання електричної енергії, аналізувати причини втрат в мережі та способи їх усунення.

Перелік посилань

1. Кириленко, О. В., Снежкін, Ю. Ф., Басок, Б. І., & Базєєв, Є. Т. (2023). Енергетика, наука та інженерія: сучасний стан і виклики розвитку. *Вісник НАН України*, (4), С. 3-20.
2. Інтелектуальні електроенергетичні системи: елементи та режими: Монографія / За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2014. – 408 с.
3. Основи побудови автоматизованих систем управління / І.А. Пількевич, К.В. Молодецька, І.І. Сугоняк, Н.М. Лобанчикова. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. – 178 с.