

УДК 621.313

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-1-17

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ НАВАНТАЖЕННЯ
ТРАНСФОРМАТОРІВ 10 / 0.4 КВ З ВИКОРИСТАННЯМ SCADA**

Видмиш Андрій Андрійович к.т.н., доцент
Токарчук Олексій Анатолійович, к.т.н., доцент
Карпійчук Михайло Федорович, магістр
Паладій Максим Сергійович, магістр
Вінницький національний аграрний університет

A. Vidmish, PhD, Associate Professor
O. Tokarchuk, PhD, Associate Professor
M. Karpiychuk, Master's Graduate
M. Paladii, Master's Graduate
Vinnytsia National Agrarian University

В статті запропонована система контролю навантаження силового трансформатора на основі моніторингу основних робочих параметрів розподільного силового трансформатора. Перевантаження, коливання напруги та нагрівання створюють умови для можливих пошкоджень трансформаторів, що потребує багато часу на їх обслуговування та значних затрат. Система призначена для отримання основної інформації щодо стану РСТ. Система використовує ці дані для оптимальної роботи РСТ та уникнення можливих аварійних ситуацій. Система моніторингу забезпечує достатньо простий інструментарій для подолання нештатних режимів роботи - від незначних відхилень до самих катастрофічних збоїв.

Моніторинг навантаження здійснюється шляхом застосування сенсорних приладів в системі електропостачання. Запропоновані методи знаходження та обладнання точок для проведення моніторингу.

Дані з системи SCADA - рівні навантаження, рівень температури та напруга - подаються через ряд цифрових каналів зв'язку до основного контролера для оперативних дій. Розроблена схема з урахуванням практичних труднощів, що відстежує та збирає дані основних параметрів, таких як струм обмотки, рівень масла та температура РСТ.

Розроблена топологія з урахуванням передбачуваних навантажень для забезпечення споживачів безперебійним живленням. Для забезпечення постійного електропостачання споживачів використовуються розподільні силові трансформатори з багатообмотковою конфігурацією. Тому під час стрибків навантажень споживачів забезпечується постійне постачання без пошкодження трансформаторів.

Також система розподілу відкрита для діагностичного контролю. Запропонована схема мікроконтролера, що взаємодіє з колом комунікаційного приладу. Моніторинг навантаження також проводиться з особливих проблем, оскільки споживання надлишкової потужності є економічним тягарем. Незбалансованість навантаження, неправильне використання електроенергії, перевантаження, або умови короткого замикання, проблеми гармонік, профіль напруги, коефіцієнт потужності та незначні проблеми можуть бути виявлені даною системою.

Ключові слова: моніторинг навантаження, онлайн моніторинг, розподільний силовий трансформатор, SCADA.

Рис. 5. Літ. 17.

1. Постановка проблеми

Силові трансформатори відіграють важливу роль у передачі та розподілі електроенергії. Зменшення кількості відмов забезпечує безперебійне живлення електроспоживачів. Перевантаження, коливання напруги та нагрівання створюють умови для можливих пошкоджень трансформаторів, що потребує багато часу на їх обслуговування та значних затрат. Основна частина втрат в мережах енергосистем припадає на використання розподільних силових трансформаторів (РСТ). Надмірні теплові втрати в РСТ часто створюють небезпечні аварійні

ситуації, які важко передбачити та запобігти. Тільки при значних навантаженнях враховуються втрати на гістерезис та вихрові струми [1, 2].

Силові трансформатори відрізняються надійною роботою протягом усього періоду експлуатації, якщо працюють згідно встановлених норм. Однак перевантаження РСТ призводить до непередбачуваних збоїв, що, в свою чергу, призводить до припинення живлення споживачів. Недостатня або неефективна система охолодження створює умови, що спричиняють пошкодження елементів розподільних силових трансформаторів.

Під час експлуатації силових трансформаторів виникають різні типи стресів, пов'язаних з навантаженням, температурою навколишнього середовища, часом роботи і т. д. що впливають на його роботу в результаті чого може призвести до втрати електроенергії [3, 4].

В зв'язку з цим важливо діагностувати помилку якнайшвидше наскільки це можливо, коли виникають певні симптоми. Автоматичні дії можна виконувати навіть в деяких критичних ситуаціях.

Онлайн моніторинг силового трансформатора - це процес доступу до даних в той час як трансформатор працює. Характеристики компонентного онлайнного моніторингу можуть бути різними, це залежить від кількості моніторингових параметрів та доступності необхідних даних.

Для системи онлайн моніторингу зазвичай дані, звіти та сигнали треба періодично фіксувати [6, 7]. Для моніторингу функцій електростанції та пристроїв необхідні наступні основні компоненти:

- Сенсори: знімають інформацію або дані про обладнання;
- Одиниці збору даних (DAU): вимірюють та збирають сигнали від різних сенсорів;
- Комунікаційна лінія між DAU і комп'ютером: різні види мережевого зв'язку для передачі даних від DAU та сенсорів до відповідного програмного забезпечення;
- Комп'ютер із попередньо доступним програмним забезпеченням: програмна платформа для моніторингу компонентів та зв'язку з контрольними об'єктами.

Моніторинг навантаження здійснюється шляхом застосування сенсорних приладів в системі електропостачання. Основною проблемою є знаходження та обладнання точок для проведення моніторингу. Основні отримані дані про навантаження включають напругу, струм та частоту. Обладнання для моніторингу може варіюватися, як для однофазних та трифазних систем. Наприклад, моніторинг напруги для однофазної системи та трифазної системи має один і три сенсори відповідно, крім окремого опорного або заземленого зонда [5, 15, 17].

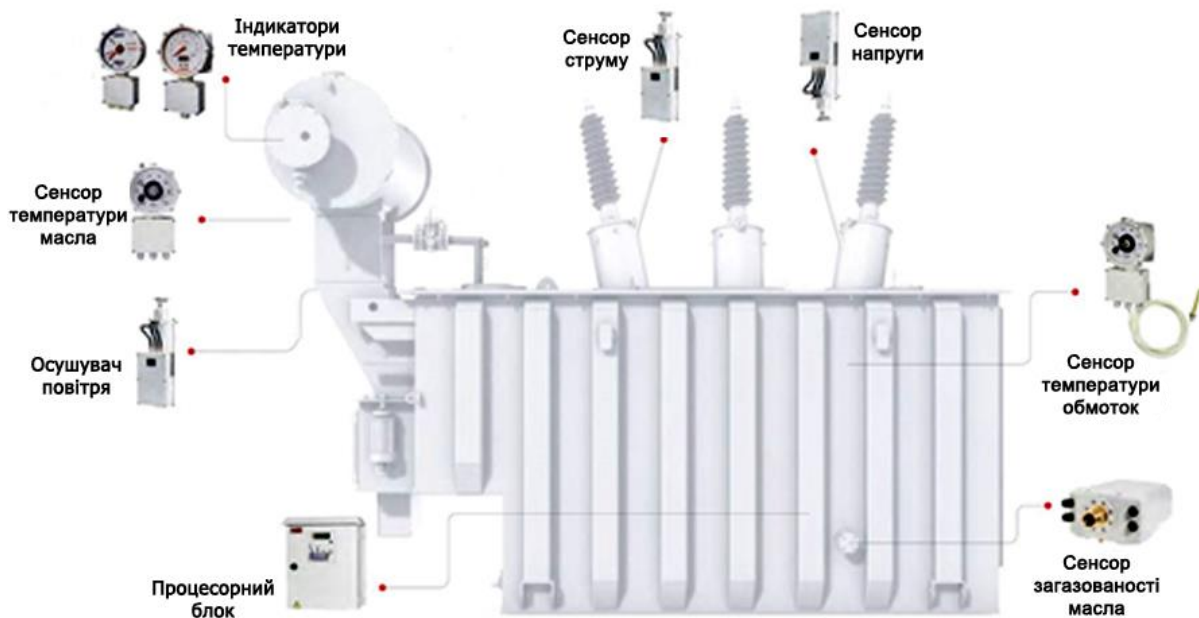
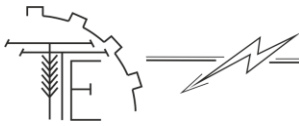


Рис. 1. Схема силового трансформатора з вбудованими сенсорами

Однією з головних труднощів впровадження системи моніторингу є розміщення цих інструментів у необхідних місцях. Кожного разу, коли дані слід відстежувати, підключається інструмент, який здебільшого постійно підтримується підключеним до системи. Прилади можуть не



працювати при більш високих рівнях напруги. За таких обставин, коли пряме підключення до об'єкта є складним, значення струму та напруги забезпечуються через відповідні трансформатори струму або напруги [8, 9, 10].

Моніторинг навантаження проводиться регулярно, а журнал даних ведеться з інтервалом від 3 до 5 днів, залежно від розміру системи. Прилади налаштовуються для точних вимірювань протягом 7 - 30 днів залежно від відхилень. Гармоніки та інші значення можна також відстежувати, якщо виникає така необхідність. Дані моніторингу навантаження відносно рівнів навантаження постійно відображаються.

Після того, як дані будуть зібрані та зібрані для профілю завантаження, формується звіт, який включає:

- коливання напруги;
- струм намагнічування;
- активну та реактивну потужності;
- гармоніки, проблеми з якістю електроенергії (якщо потрібно);

Дані про навантаження є необхідною умовою планування, реструктуризації та підключення енергосистеми до існуючої мережі. Коли виникає потреба у розширенні чи реструктуризації, в першу чергу аналізуються існуючі дані про навантаження. Насправді, у більшості країн уряд встановив мало регламентів та процедур такого розширення чи оновлення. Крім того, коли потрібно встановити нове обладнання або пристрій з великим енергоспоживанням, наявні дані про навантаження надають найважливіші деталі для подальшого впровадження. Включення систем поновлюваних джерел енергії в існуючих мережах вимагає безпечного і надійного способу для потоку потужності в два шляхи [11, 16].

У великих компаніях або на фабриках моніторинг навантажень проводиться, коли влада зацікавлена чи ефективно підприємство використовує або надмірно використовує енергію. Моніторинг навантаження також проводиться з особливих проблем, оскільки споживання надлишкової потужності є економічним тягарем. Незбалансованість навантаження, неправильне використання електроенергії, перевантаження, або умови короткого замикання, проблеми гармонік, профіль напруги, коефіцієнт потужності та незначні проблеми можуть бути виявлені даною системою.

У таких галузях, що споживають велику потужність, як плавильні або машинобудівні підприємства, навантаження класифікується на кілька фаз, і кожна фаза подається через окремі трансформатори, у таких випадках автономні трансформатори використовуються для забезпечення постійної подачі у разі будь-яких збоїв або регулярних умов технічного обслуговування. Незважаючи на те, що цей метод забезпечує постійне постачання енергії споживачам, він стикається з невеликими недоліками. Основним недоліком є споживання електроенергії самою схемою керування. Це споживання електроенергії не враховується в багатьох випадках під час моніторингу навантаження. Це може здатися незначною часткою порівняно із загальним споживанням енергії. Але коли використовуються декілька резервних трансформаторів, це створює велику проблему [12, 13, 14].

2. Мета досліджень

Метою даної роботи є вдосконалення системи моніторингу навантажень силових трансформаторів, використовуючи систему онлайн-моніторингу SCADA.

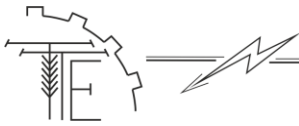
3. Виклад основного матеріалу

SCADA використовується для онлайн моніторингу силових трансформаторів в розподільчих мережах. Основна мета SCADA - збір та реєстрація даних параметрів трансформаторів.

Основними параметрами онлайн моніторингу в системі SCADA для силового трансформатора є:

- Аналіз розчиненого газу в маслі: це один з найефективніших інструментів діагностики для визначення проблем у роботі трансформатора. Перегрів, частковий розряд або локальний розрив викликають наявність декількох газів, розчинених у маслі. Таким чином, ідентифікація наявності цих газів допомагає вказувати на несправності.

- Вологість в маслі: Наявність вологи в маслі спричиняє зменшення діелектричної сила з наступним зниженням міцності ізоляції. Важливо виміряти рівень вологості до будь-якої



несправності.

- Часткова розрядження (PD): PD - тип помилки в силовому трансформаторі, що часто відбувається у випадку діелектричного пробою. Рівень PD можна виміряти за допомогою різних методів, таких як електричні та акустичні, що надають інформацію про зміни в силовому трансформаторі.

- Температура масла: є одним з основних параметрів у загальних температурних умовах силового трансформатора, який включає в себе температуру навколишнього середовища, верхню температуру масла, роботу вентилятора та навантаження. Ці фактори важливі для визначення стану трансформатора під час його експлуатації.

- Температура обмотки: один з граничних факторів для можливості завантаження. Механічна міцність паперової ізоляції в силовому трансформаторі може бути зменшена за рахунок тривалого впливу надмірного тепла.

- Напруга навантаження та напруга живлення: Автоматичне відстеження струму навантаження та напруги живлення трансформатора збільшує їх термін служби, обмеживши їх максимальне навантаження.

- Коефіцієнт потужності ізоляції: вся електрична ізоляція має вимірну кількість діелектричних втрат незалежно від стану. Хімічні речовини та вологість можуть збільшити ці втрати.

- Робота насоса / вентилятора: робота вентилятора призначена для регулювання температури трансформатора в різних умовах. Його ненормальна робота може спричинити провал системи охолодження. Статус вентилятора та насоса можна зафіксувати, вимірюючи їх струм та його співвідношення з вимірюваною температурою.

Таким чином, система онлайн моніторингу SCADA забезпечує детальну інформацію про стан компонентів РСТ та здатна мінімізувати можливості несподіваного аварійного відключення.

Зазвичай споживча частина однофазного трансформатора призначена для роботи при 220 В змінного струму. Коли напруга на стороні споживача підтримується більше 250 В змінного струму протягом тривалого проміжку часу, існує ймовірність ризику надмірного пошкодження від перенапруги. Як захисний захід, первинний сигнал подається через ретрансляційний контакт, який відключає живлення кожного разу, коли реле під напругою. Дані із системи SCADA - рівні навантаження, рівень температури та напруга - подаються через ряд цифрових каналів зв'язку до основного контролера для оперативних дій [13]. Схема, розроблена з урахуванням практичних труднощів, орієнтує свою мету на вбудовану мобільну систему. Ця вбудована система відстежує та збирає дані основних параметрів, таких як струм обмотки, рівень масла та температура РСТ. Планована система он-лайн дотримання включає в себе GSM модем з можливістю доступу до мережі мобільного інтернету, неупереджений мікроконтролер та набір перетворювачів або сенсорів.

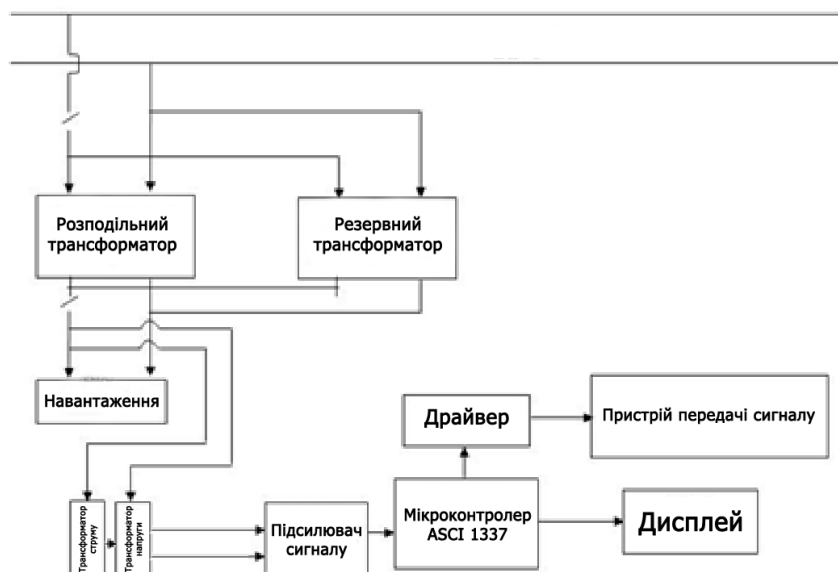
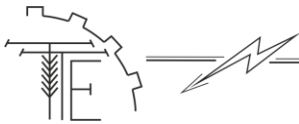


Рис. 2. Існуюча система моніторингу напруги та струму силових трансформаторів



Звичайний підхід для забезпечення безперервності енергосистеми під час відмови трансформатора полягає у використанні додаткового трансформатора. Додатковий трансформатор, розміщений разом із існуючим, називається резервним трансформатором. Основний трансформатор і резервний трансформатор розташовані таким чином, що подача перенаправляється через додатковий трансформатор, коли основний трансформатор виходить з ладу. У деяких випадках додатковий трансформатор проектується лише з метою розподілу навантаження, а не перехоплення всього потоку потужності від основного трансформатора. Це відвернення або розподіл навантаження здійснюється для забезпечення безперебійного електропостачання споживачів.

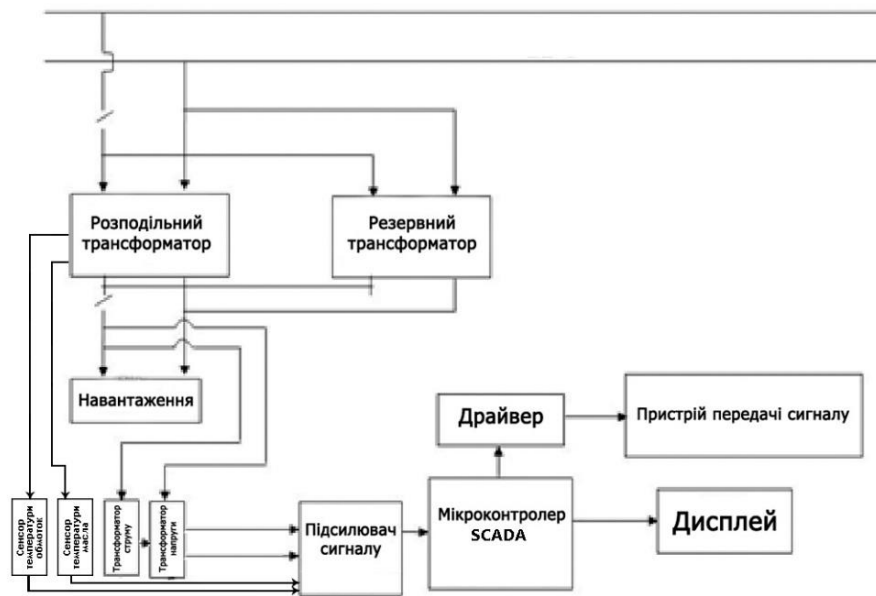


Рис. 3. Запропонована система контролю силових трансформаторів

Планована топологія розробляється з урахуванням її передбачуваних навантажень для забезпечення споживачів безперебійним живленням. Для забезпечення постійного електропостачання споживачів використовуються розподільні трансформатори з багатообмотковою конфігурацією. Тому під час стрибків навантажень споживачів забезпечується постійне постачання без пошкодження трансформаторів.

Запропонована система розроблена відповідно до заданого порядку:

Крок 1: Розглянуто споживчу сторону понижуючих розподільних трансформаторів та враховуються усі параметри.

Крок 2: Усі розподільні трансформатори постійно контролюються.

Крок 3: Параметри, що контролюються, передаються, приймаються та відображаються за допомогою ПК

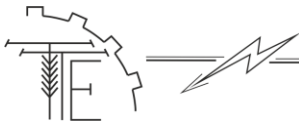
Крок 4: Вимірювані значення порівнюються зі стандартними заданими значеннями.

Крок 5: Якщо помилка в будь-якому параметрі призводить до надмірних значень, система автоматично відключає подачу електроенергії, зокрема для трансформатора, де значення перевищують задані значення.

Крок 6: У цьому ж випадку система надсилає точне повідомлення про стан та помилки зацікавленому персоналу.

Набір сенсорів і локальний зв'язок через канал передачі даних асимільований з GSM-модемом. Така схема автоматично надсилатиме через захищені канали зв'язку інформацію про будь які помилки. Оскільки моніторинг проводиться в режимі онлайн, РТ можуть проектуватись на значно більший період експлуатації.

Система має загальні функції, такі як керування даними користувача, ведення журналу навантажень та подій тривоги. Деякі дані системи можливо надавати самим споживачам, у разі їх бажання перевірити власне споживання електроенергії. Дані про навантаження від трансформатора забезпечують базу для аналізу, розподілу навантаження та інших операцій, пов'язаних з мережею.



Тривожна сигналізація спрацьовує у раз незвичайної чи аварійної ситуації. Також зберігається історія усіх спрацювань тривожної системи, для того щоб була можливість зрозуміти динаміку системи.

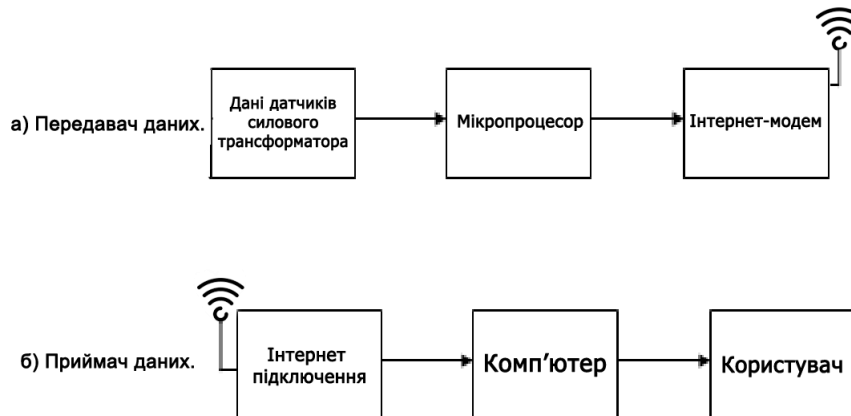


Рис. 4. Блок-схеми передавача (а) та приймача (б) даних моніторингу

Функції підсистем відстежують стан обладнання для всієї системи, а також відображають детальну інформацію про окреме обладнання та їх управління. Наприклад, функції підсистем включають вибір камер для відображення зображення системи відеоспостереження та функціонування камер панорамування / нахилу / масштабування. Інформація про таку підсистему, наприклад, вибір зони відображення та відображення повідомлень, інтегрована з SCADA.

Система загальнодоступних адрес та телефонна система також інтегровані для включення функцій оповіщення, вибору зон оголошень, прийому та здійснення дзвінків, які всі можуть керуватись з одного операційного терміналу.

Також система розподілу відкрита для діагностичного контролю. Нижче показана схема мікроконтролера PIC 86F77A, що взаємодіє з колом дисплея. У системі використовується модуль Zigbee для передачі та прийому вимірюваних параметрів на комп'ютер. За допомогою цього комп'ютера можливо побачити всі параметри трансформатора: напругу, струм, температуру тощо.

Весь апаратний блок можна розділити на такі частини: схема живлення; коло контролера; драйвер; контур сенсорів; інтернет-модуль ZigBee;

Схема живлення складається з двох мостових блоків 220/12 - 0 - 12 В, трансформатора 1 А, регулятора напруги IC 7805 та IC 7905 та конденсаторів пропускання. Вихід цього блоку живлення використовується для передачі живлення всій схемі, що використовується в цьому проекті. Для входу мікроконтролера використовується напруга + 5В і - 5В. Напруга + 12В і -12В використовується для всіх параметрів зондування.

Коло контролера подає імпульси для вимикачів з необхідною затримкою. Програма контролера створена за допомогою мови програмування С. Програма подається на контролер за допомогою програмного забезпечення Embedded C та програмного забезпечення, яке встановлюється як зовнішній периферійний пристрій комп'ютера. Драйвер виконує наступні операції: буферизацію, ізоляцію, та ампліфікацію сигналів. Для ізоляції посилення використовуються оптрони.

Контур сенсорів використовується для визначення струму навантаження, напруги та температури розподільного силового трансформатора. Перепади температури в трансформаторі відчуваються за допомогою терморезисторів NTC. Цей термістор послідовно з'єднаний з потенціометром 2,2 кОм з напругою + 5 В.

Вихідна напруга аттенюатора використовується в режимі інвертування. Діод IN4148 використовується для перетворення напруги змінного струму в напругу постійного струму до заданого значення. Поперек випрямляча підключений конденсатор для фільтрації пульсацій, а вихід подається на вхід А мікроконтролера.

Схема ZigBee використовується для локальної комунікації в окремому каналі. Модулі ZigBee працюють або в режимі рукоштовання, або в режимі конфігурації пакетами Master \ Slave. Це можна вибрати відповідно до потреб системи моніторингу. Крім того, система передбачає можливість використання будь-якого протоколу зв'язку з низькою витратою енергії, наприклад, Bluetooth.

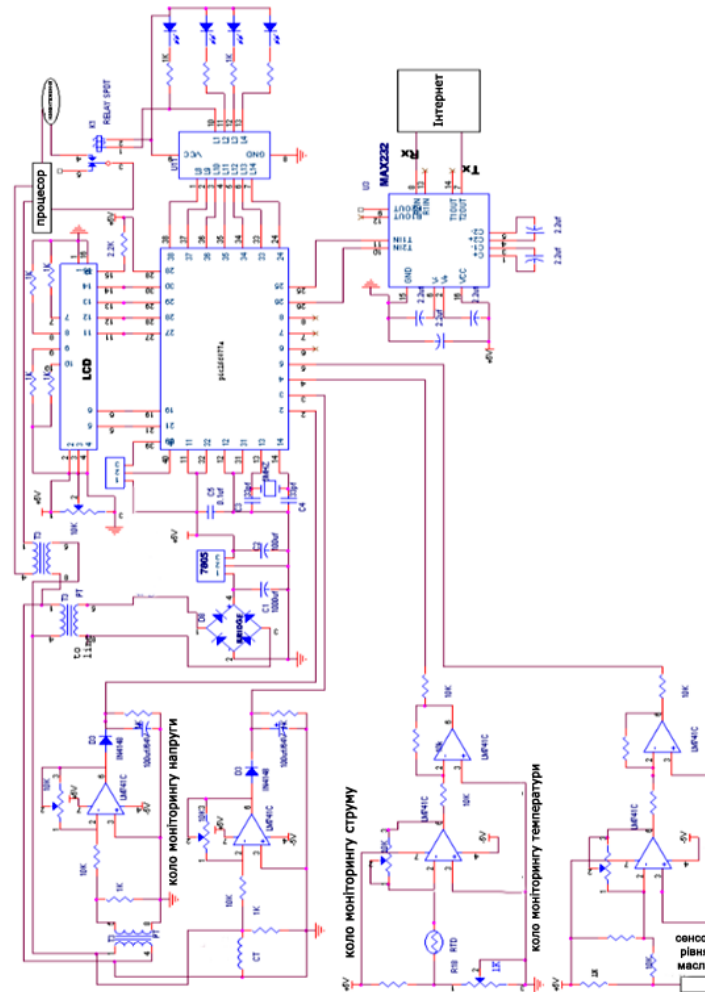
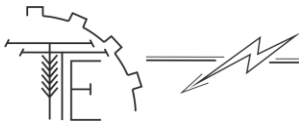


Рис. 5. Принципова схема моніторингу параметрів РСТ

4. Висновки

Запропонована система призначена для контролю основних параметрів, таких як струм обмотки, рівень напруги та температура навколишнього середовища. Дані дистанційного моніторингу забезпечують основу для захисту РТ та забезпечують постійний потік електроенергії для споживачів. Інші параметри, такі як потужність, частота, гармоніки та рівень масла, можна контролювати з незначними змінами в колах сенсорів.

Інвестування в таку систему допоможе захистити дорогі компоненти енергосистеми, а її подальший розвиток зробить можливим використовувати її для трансформаторів з іншими параметрами.

Список використаних джерел

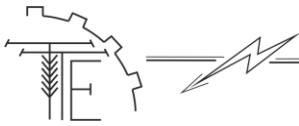
1. Денисенко М. А., Притискач І. В. Отримання статистичних характеристик електричного навантаження як неперіодичного випадкового процесу: *Зб. наук. пр. ІЕД НАН України*. Київ, 2013. № 36.
2. Праховник А. В. Від управління електроспоживанням до енергетики сталого розвитку. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*. 2010. Вип. 19.
3. Притискач І. В. Вибір силових масляних трансформаторів за випадкового неперіодичного характеру електричного навантаження. *Енергетика: економіка, технології, екологія. Спец. вип.: Зб. пр. аспірантських читань пам'яті Праховника А. В.* 2013.
4. Стогній Б. С., Кириленко О. В., Денисюк С. П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення. *Техн. електродинаміка*. 2010. № 6. С. 44–50



5. Стогній Б. С., Сопель М. Ф. Основи моніторингу в електроенергетиці. Про поняття моніторингу. *Техн. електродинаміка*. 2013. № 1. С. 62–69.
6. Попов Г. В. *Вопросы диагностики силовых трансформаторов*. ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»: Иваново, 2012. 176 с.
7. Тюримина А. В., Батрак А. П., Секацкий В. С. Современное состояние вопроса диагностики силовых трансформаторов в зарубежных странах. *Молодой ученый*. 2016. №8. с. 321–325.
8. Domagoj Pehardaa, Ivankovich I. & Jamanb N. *Using Data from SCADA for Centralized Transformer Monitoring Applications*, 4 th International Colloquium "Transformer Research and Asset Management". 2011.
9. Kim, W. H., Lee, S. & Hwang, J., *Real-time Energy Monitoring and Controlling System based on ZigBee Sensor Networks*, Elsevier Procedia Computer Science (PCS).
10. Bai, Y. W. & Hung, C. H., *Remote power On/Off control and current measurement for home electric outlets based on a low-power embedded board and ZigBee communication*, TEEF. 2008.
11. Zhang, Q., Sun, Y. & Cui, Z., Application and analysis of ZigBee technology for Smart Grid, *IEKE International Conference on Computer and Information Application (ICCIA)*. 2010.
12. Chen, B., Wu, M., Yao, S. & Binbin, N., *ZigBee Technology and Its Application on Wireless Meter-reading System*, IEEE International Conference on Industrial Informatics. 2006.
13. Intelligent Distribution Automation System "Customized SCADA Based RTU For Distribution Automation System", M.Sc. Research Project, UTeM, 2007.
14. G. Pudlo, S. Tenbohlen, M. Linders & G. Krost, *Integration of Power Transformer Monitoring and Overload Calculation into the Power System Control Surface*, IFEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, 2002. Vol. 1, pp: 470-474 Asia Pacific.
15. "Intelligent Distribution Automation System (2007) Customized SCADA Based RTU For Distribution Automation System", M.Sc. Research Project, UTeM,
16. Sandip C. Patel, Pritimoy Sanyal, *Securing SCADA System*, Information Management & Computer Security Journal Volume: 2008. 16 Issue: 4 Page: 398 – 414.
17. Матвійчук В. А., Любін М. В., Токарчук О. А., Рубаненко О. О. Особливості частотно-регульованого електроприводу для транспортуючих систем АПК. *Вісник хмельницького національного університету*, 2018. том 2, №6(267) С. 39–43

References

- [1] Denisenko M. & Pritiskach I. (2013) *Otrymannya statistichnyh charakteristik electrichnogo navantagennya yak neperiodichnogo procesu*. Kyiv. [in Ukrainian].
- [2] Prahovnik. A. (2010) *Vid upravlinnya electrospojivannjam do electroenergetici stalogo rozvitku*. Kyiv. Visnyk NTUU "KPI". [in Ukrainian].
- [3] Pritiskach I. (2013) *Vibyr silovih transformatoriv za vipadkovogo neperiodichnogo karakteru electrichnogo navantagnennya*. Kyiv. [in Ukrainian].
- [4] Stogniy B, Kirilenko O. and Denisuk S. (2010) *Intelektualni electrichni mereji electroenergetichnuh system ta yihne tehnologichne zabezpechennya*. Kyiv. [in Ukrainian].
- [5] Stogniy B. & Sopol M. (2013) *Osnovy monitoryngy v electroenergetici. Pro ponyttya monitoryngy*. Kyiv. [in Ukrainian].
- [6] Popov G. (2012) *Voprosy diagnostiki silovyh transformatorov*. Ivanovo. [in Russian].
- [7] Turimina A., Batrak A. & Sekackiy V. (2016) *Sovremennoe sostoyanie voprosa silovyh transformatorov v zarubezhnih stranah*. Moscow. [in Russian].
- [8] Domagoj Pehardaa, Ivankovich I. & Jamanb N. (2011) *Using Data from SCADA for Centralized Transformer Monitoring Applications*, 4 th International Colloquium "Transformer Research and Asset Management"
- [9] Kim, W. H., Lee, S. & Hwang, J., (2011). Real-time Energy Monitoring and Controlling System based on ZigBee Sensor Networks. *Elsevier Procedia Computer Science (PCS)*, 5. 794–797
- [10] Bai, Y. W. & Hung, C. H., (2008) *Remote power On/Off control and current measurement for home electric outlets based on a low-power embedded board and ZigBee communication*, TEEF.
- [11] Zhang, Q., Sun, Y. & Cui, Z., (2010) *Application and analysis of ZigBee technology for Smart Grid*, IEKE International Conference on Computer and Information Application (ICCIA).
- [12] Chen, B., Wu, M., Yao, S. & Binbin, N., (2006) *ZigBee Technology and Its Application on Wireless Meter-reading System*, IEEE International Conference on Industrial Informatics.



- [13] Intelligent Distribution Automation System (2007) “Customized SCADA Based RTU For Distribution Automation System”, M.Sc. Research Project, UTeM,
- [14] G. Pudlo, S. Tenbohlen, M. Linders & G. Krost, (2002) *Integration of Power Transformer Monitoring and Overload Calculation into the Power System Control Surface*, IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Vol. 1, pp: 470-474 Asia Pacific.
- [15] “Intelligent Distribution Automation System (2007) Customized SCADA Based RTU For Distribution Automation System, M.Sc. Research Project, UTeM,
- [16] Sandip, C., Patel, Pritimoy Sanyal (2008). Securing SCADA System, *Information Management & Computer Security Journal Volume: 16 Issue: 4 Page: 398–414.*
- [17] Matviychuk, V. A., Lyubin, M. V., Tokarchuk, O. A., Rubanenko, O. O. (2018). Osoblyivosti chastotno-regulovanogo elektroprivodu dlya transportuyuchih sistem APK. [Features of frequency-regulated electric driver for transportation systems of agricultural industry]. *Visnuk hmel'nitskogo natsionalnogo universytetu*, 6(267), 39–43.[in Ukrainian].

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ 10 / 0.4 КВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA

В статье предложена система контроля нагрузки силового трансформатора на основе мониторинга основных рабочих параметров распределительного силового трансформатора. Перегрузка, колебания напряжения и нагрева создают условия для возможных повреждений трансформаторов и требует много времени на их обслуживание и значительных затрат. Система предназначена для получения основной информации о состоянии РСТ. Система использует эти данные для оптимальной работы РСТ и избежания возможных аварийных ситуаций. Система мониторинга обеспечивает достаточно простой инструментарий для преодоления нештатных режимов работы - от незначительных отклонений в самых катастрофических сбоях.

Мониторинг нагрузки осуществляется путем применения сенсорных устройств в системе электроснабжения. Предложены методы нахождения и оборудования точек для проведения мониторинга.

Данные из системы SCADA - уровни нагрузки, уровень температуры и напряжения - подаются через ряд цифровых каналов связи к основному контроллеру для оперативных действий. Разработана схема с учетом практических трудностей, которая отслеживает и собирает данные основных параметров, таких как ток обмотки, уровень масла и температура РСТ.

Разработана топология с учетом предполагаемых нагрузок для обеспечения потребителей бесперебойным питанием. Для обеспечения постоянного электроснабжения потребителей используются распределительные трансформаторы с многообмоточной конфигурацией. Поэтому во время прыжков нагрузок потребителей обеспечивается постоянное снабжение без повреждения трансформаторов.

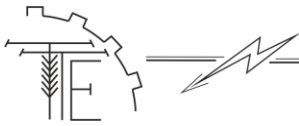
Также система распределения открыта для диагностического контроля. Предложена схема микроконтроллера, который взаимодействует с кругом коммуникационного устройства. Мониторинг нагрузки также проводится с особых проблем, поскольку потребление избыточной мощности является экономическим бременем. Несбалансированность нагрузки, неправильное использование электроэнергии, перегрузки, или условия короткого замыкания, проблемы гармоник, профиль напряжения, коэффициент мощности и незначительные проблемы могут быть выявлены данной системой.

Ключевые слова: мониторинг нагрузки, онлайн мониторинг, распределительный силовой трансформатор, SCADA.

Рис. 5. Лист. 17.

INTELLIGENT LOAD CONTROL SYSTEM FOR 10 \ 0.4 KV TRANSFORMERS USING SCADA

The article proposes a system of control of load of the power transformer on the basis of monitoring of the basic operating parameters of the distributive power transformer. Overloads, voltage fluctuations and heating create conditions for potential damage to transformers, which takes a long time to maintain and costly. The system is designed to provide basic information on DPT status. The system uses this data to optimize DPT performance and avoid possible emergencies. The monitoring system provides a simple enough toolkit to overcome abnormal operating modes - from minor deviations to the most catastrophic failures.



Load monitoring is carried out by the use of sensory devices in the power supply system. Methods of finding and equipment of monitoring points are proposed.

SCADA data - load levels, temperature levels and voltages - are fed through a series of digital communication channels to the master controller for immediate action. A practical scheme has been developed that tracks and collects basic parameters such as winding current, oil level and DPT temperature.

A topology has been developed, taking into account the expected loads to provide uninterrupted power to consumers. To ensure constant power supply to consumers, power transformers with a multi-winding configuration are used. Therefore, during the surges of consumer loads, constant supply is ensured without damaging the transformers.

The distribution system is also open for diagnostic control. The scheme of the microcontroller interacting with a circle of the communication device is offered. Load monitoring is also a particular concern, as consuming excess power is an economic burden. Load imbalances, misuse of electricity, overloads or short circuits, harmonic problems, voltage profiles, power factor and minor problems can all be detected by this system.

Key words: load monitoring, online monitoring, distribution power transformer, SCADA.

Fig. 5. Ref. 17.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Видмиш Андрій Андрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: andrijvydmysh1966@gmail.com).

Токарчук Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технологічні процеси та обладнання переробних і харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

Карпійчук Михайло Федорович – магістр кафедри «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: cyndyk228@gmail.com).

Паладій Максим Сергійович – магістр кафедри «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: paladiy1337@gmail.com).

Видмыш Андрей Андреевич - кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: andrijvydmysh1966@gmail.com).

Токарчук Алексей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

Карпийчук Михаил Федорович – магистр кафедры «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: cyndyk228@gmail.com).

Паладий Максим Сергеевич – магистр кафедры «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: paladiy1337@gmail.com).

Vidmysh Andriy - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the "Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics" of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: andrijvydmysh1966@gmail.com).

Tokarchuk Oleksiy – PhD, Associate Professor of the Department of "Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

Karpiychuk Michael – Master's Graduate, Department "Electric Power, Electrical Engineering and Electromechanics" of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna str., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: cyndyk228@gmail.com).

Paladii Maksym – Master's Graduate, Department "Electric Power, Electrical Engineering and Electromechanics" of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna str., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: paladiy1337@gmail.com).