

СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ

Хоменко О.В., к.т.н., доцент, Жоров Д.В., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Системи моніторингу стану високовольтних вимикачів відіграють важливу роль у забезпеченні безперервної роботи електроенергетичних систем. Відмова високовольтного вимикача може призвести до серйозних аварій та пошкоджень. Моніторинг їхнього стану дозволяє виявляти потенційні відмови на ранніх етапах та запобігати аваріям. Сучасні системи моніторингу поєднують датчики та програмне забезпечення для автоматичного аналізу стану вимикачів.

Мета роботи. Дослідження спрямоване на аналіз структури і функцій систем моніторингу стану високовольтних вимикачів ВМП-10, їх технічних рішень та інтеграції з існуючими системами управління електричними мережами.

Матеріали і результати досліджень. Вимикачі ВМП-10 є вакуумними вимикачами середньої напруги, що широко використовуються в розподільних мережах для комутацій, захисту від перевантажень і коротких замикань.

Вимикач ВМП-10 – це триполюсний електричний апарат, який складається з трьох окремих полюсів, що ізольовані один від одного ізоляторами та з'єднаних із загальною металевою конструкцією – рамою, яка заземлена для безпеки. В середині рами розміщений головний вал, на якому закріплені важелі для передачі руху. Для відключення електричного кола використовуються відключні пружини. Для зменшення ударних навантажень та забезпечення плавного ходу застосовують масляний та пружинний демпфери. Кожен полюс має свою ізоляційну тягу, яка з'єднана з головним валом і забезпечує передачу руху від привода до рухомих контактів полюса [1].

Основні параметри, що моніторяться:

- Температура контактів;
- Тиск у вакуумній камері;
- Вібрація;
- Струм і напруга в електричній мережі.

Система моніторингу стану вимикачів ВМП-10 складається з наступних компонентів:

- Датчики: для вимірювання електричних та механічних параметрів;
- Центральний контролер: збирає та обробляє дані з датчиків;
- Програмне забезпечення для аналізу даних: здійснює прогнозування можливих відмов на основі отриманих даних;
- Інтерфейс користувача (SCADA-система): дозволяє в режимі реального часу контролювати стан вимикача, отримувати звіти та оповіщення про несправності [2].

Основні функції та можливості інтерфейсу SCADA-системи:

1. *Моніторинг у реальному часі.* Система надає графічний інтерфейс, через який користувач може в режимі реального часу контролювати всі ключові параметри вимикача ВМП-10:

- Температуру контактів;
- Тиск у вакуумній камері;
- Вібраційні характеристики;
- Струм і напругу в електричній мережі.

2. *На панелі відображаються всі ці параметри у вигляді графіків, індикаторів або в табличному вигляді.* Користувач може миттєво побачити будь-які відхилення від норми та дії, які можуть потребувати уваги.

3. *Оповіщення та тривоги.* SCADA-система автоматично генерує сповіщення та тривоги при виникненні критичних ситуацій. Це можуть бути як попереджувальні повідомлення про незначні відхилення, так і термінові тривоги про критичні несправності, що потребують негайного втручання. Тривоги можуть бути візуальні (через миготливі індикатори або зміну кольору параметра) та звукові.

- Система дозволяє налаштовувати порогові значення для кожного параметра, при перевищенні яких надсилається попередження.
- Користувач може отримувати ці сповіщення не лише через центральний дисплей SCADA-системи, але й на віддалені пристрої (наприклад, смартфони чи планшети) для швидкого реагування [3].

4. *Генерація звітів.* Система може автоматично формувати регулярні звіти про стан вимикачів, які містять:

- Ретроспективні дані по основним параметрам (температура, струм, напруга тощо).
- Перелік спрацювань та подій, включаючи тривоги та попередження.
- Рекомендації щодо технічного обслуговування на основі аналізу даних.

5. *Звіти можуть експортуватися у різних форматах (PDF, Excel) для подальшого аналізу або надання їх технічному персоналу.*

6. *Візуалізація та аналітика.* SCADA-система забезпечує інтерактивну візуалізацію даних, яка допомагає користувачам легше інтерпретувати отриману інформацію:

- Графічні інтерфейси дозволяють переглядати зміни параметрів у динаміці через графіки та діаграми.
- Користувач може збільшувати чи зменшувати масштаб для детального перегляду параметрів на певні періоди часу.
- Система надає можливість порівнювати ретроспективні дані для виявлення трендів та потенційних загроз.

7. *Контроль доступу та безпека.* Інтерфейс SCADA-системи забезпечує багаторівневий контроль доступу. Тільки уповноважені користувачі можуть змінювати параметри роботи системи або вносити зміни до її налаштувань. Це гарантує, що тільки кваліфікований персонал має доступ до критичних функцій.

- Для безпеки даних, вся інформація, передана через SCADA-систему, шифрується.

8. *Інтеграція з іншими системами.* SCADA-система може інтегруватися з іншими керуючими системами та інструментами, такими як системи прогнозного обслуговування чи системи управління енергопостачанням (EMS).

Переваги інтерфейсу користувача SCADA-системи:

- *Зручність користування:* Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс забезпечує легкий доступ до інформації про стан вимикачів, що знижує час на навчання персоналу.
- *Можливість віддаленого доступу:* Віддалений моніторинг та управління через мережеві пристрої забезпечують безперервний контроль, навіть за межами диспетчерського центру.
- *Оперативність:* Швидке отримання інформації про стан обладнання та тривоги дозволяє своєчасно вжити заходів для запобігання аваріям та збоям.

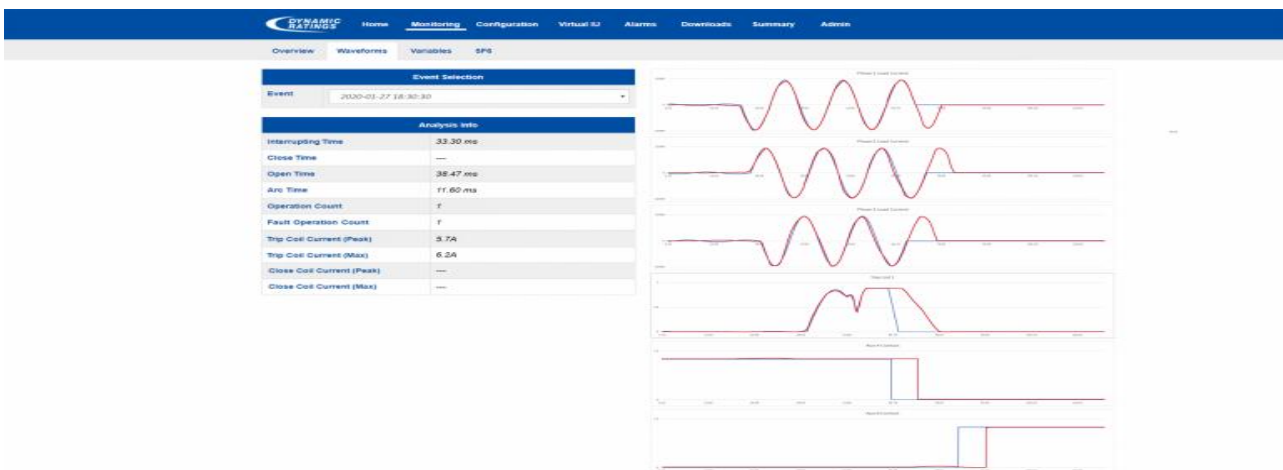


Рисунок 1 – Фрагмент інтерфейсу системи моніторингу стану вимикача

Система моніторингу стану вимикачів Dynamic Ratings – це інструмент для комплексного контролю стану та роботи вимикачів. Він аналізує дані про механічні та електричні компоненти, передбачає несправності та дозволяє ефективно управляти великими енергосистемами [4].

Основні функції:

- Порівняння операцій вимикача, аналіз часу відкриття та закриття, стан замка, підшипників, мастила та допоміжних контактів.
- Моніторинг газу: відстежує густину, температуру та вологість ізоляційних газів, попереджаючи про витоки та втрату газу.
- Дані про зарядний мотор: Відстежує старт, струми та час роботи зарядних моторів, попереджаючи про несправності.
- Адаптація до холодних умов: Автоматично коригує систему в залежності від температури та в'язкості рідини.
- Управління даними: Збір та аналіз діагностичних даних за допомогою DynamicMetrix® Fleet для ефективного обслуговування.

Фрагмент інтерфейсу системи моніторингу стану вимикача показаний на рис. 1.

Висновки. Система моніторингу стану високовольтних вимикачів ВМП-10 забезпечує високий рівень надійності та безпеки роботи електромережі. Інтеграція зі SCADA-системами дозволяє автоматизувати процес моніторингу, оптимізувати технічне обслуговування та знижувати експлуатаційні витрати.

Перелік посилань

1. Огляд вимикачів ВМП-10, ВМПП-10, ВМПЕ-10: характеристики та застосування. Інтернет-джерело: <https://forca.com.ua/info/oborudovanie/vmp-10-vmpp-10-vmpe-10.html>
2. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Буткевич О.Ф., Сопель М.Ф. Інформаційне забезпечення задач управління електроенергетичними системами. Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія: Енергетика, 2024.
3. CSE ICON. (2023). 7 SCADA Security Best Practices: How to Protect Your Systems. CSE ICON. Інтернет-джерело: <https://www.cse-icon.com/scada-security-best-practices/>.
4. Dynamic Ratings. (n.d.). *Breaker Performance Monitor*. Dynamic Ratings. Інтернет-джерело: <https://www.dynamicratings.com/products/breaker-performance-monitor/>