

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ІЗОЛЯТОРІВ ПІД НАПРУГОЮ З ВІДСТРОЙКОЮ ВІД ЗАВАЖАЮЧИХ ФАКТОРІВ

Під час експлуатації електроустановок систем електропостачання неминуче відбувається забруднення і зволоження поверхні ізоляції, що призводить до погіршення її ізоляційних властивостей та перекриття [1-4]. Найбільш поширеним організаційно-технічним заходом по забезпеченню надійності роботи ізоляції електрообладнання є її періодичне регламентне очищення від забруднень. Кількість забруднення та його склад залежить від ряду факторів, зокрема і випадкових. Тому, в багатьох випадках, регламентне очищення ізоляції проводиться передчасно, а інколи – із запізненням. Для визначення небезпечного рівня забруднення та необхідності очищення поверхні ізоляції створені системи технічної діагностики (СТД) ступеня забруднення під робочою напругою. Системи, які реагують на появу розрядних процесів на забрудненій поверхні визначають передаварійний стан ізоляції із запізненням, вказуючи на її вкрай важкий стан. СТД, в яких закладений електричний метод контролю, здатні визначати критичний рівень забруднення на ранніх стадіях, але не дозволяють однозначно оцінювати ступінь забруднення при його нерівномірному розподілі по поверхні ізолятора та не враховують впливу таких факторів, як температура і вологість навколишнього середовища, а також нестабільність прикладеної до ізолятора напруги.

Найбільш інформативним та раціональним є метод неруйнівного контролю ступеня забруднення ізоляції, оснований на вимірюванні поверхневого струму витоку [3]. Перевагою методу є те, що він дозволяє визначати поточний рівень забрудненості поверхні на будь-якій стадії. Проте контроль за струмом витоку є коректним лише при рівномірному розподілі забруднення з усіх боків ізолятора, що відбувається при його вертикальному розташуванні.

Нерівномірне забруднення обумовлене тим, що ізолятори можуть бути розташовані горизонтально або під іншим кутом. При нерівномірному забрудненні поверхні ізолятора, зокрема – при секторному характері забруднення, одному і тому ж значенню струму витоку можуть відповідати різні його щільності й розрядні напруги. При горизонтальному розміщенні спостерігається переважне осідання забруднюючих частинок на верхньому секторі ізолятора; або при конденсації вологи, навпаки – змивання їх з горішньої поверхні до нижньої і накопичення там у вигляді вузької секторної доріжки вздовж якої може розвинутихся перекриваюча ізолятор дуга навіть при незначному струмі витоку. Втім, навіть вертикальне розташування ізолятора не виключає секторного забруднення його поверхні, яке спостерігається, коли забруднення накопичується з підвітряної сторони [4].

Тому неможливо однозначно інтерпретувати результати контролю при невідомій площі сектора забруднення поверхні ізолятора. Невизначеність сектора забруднення унеможливорює й корегування результатів контролю шляхом простого вибору нових граничних рівнів критичного значення струму витоку.

Крім того, струм витоку залежить не тільки від ступеня забрудненості, а й від вологості оточуючого ізолятор повітря; так випадіння роси на поверхні ізолятора може спровокувати його перекриття навіть при незначному рівні забруднення [3].

Таким чином, для удосконалення існуючих СТД ступеня забруднення під напругою необхідно корегувати критичне значення поверхневого струму витоку в залежності від величини дестабілізуючих факторів, а саме – площі сектора забруднення, вологості оточуючого ізолятор повітря, прикладеної до ізолятора напруги та температур повітря й ізолятора.

Нами запропонована удосконалена СТД ступеня секторних забруднень з відстройкою від заважаючих факторів, яка зображена на рис. 1. Принцип її роботи полягає в наступному. Поверхневий струм витоку створює падіння напруги на прецизійному вимірювальному шунті $R_{шл}$, яке пропорційне струму витоку $I_{вп}$; $I_{вп}$ подається до блоку 1 для визначення активної і реактивної складових та блоку 5 порівняння з критичним рівнем $I_{кр}$. Для розділення комплексного струму витоку на складові до блоку 1 також подається опорна фазна напруга мережі U_m від трансформатора напруги TV .

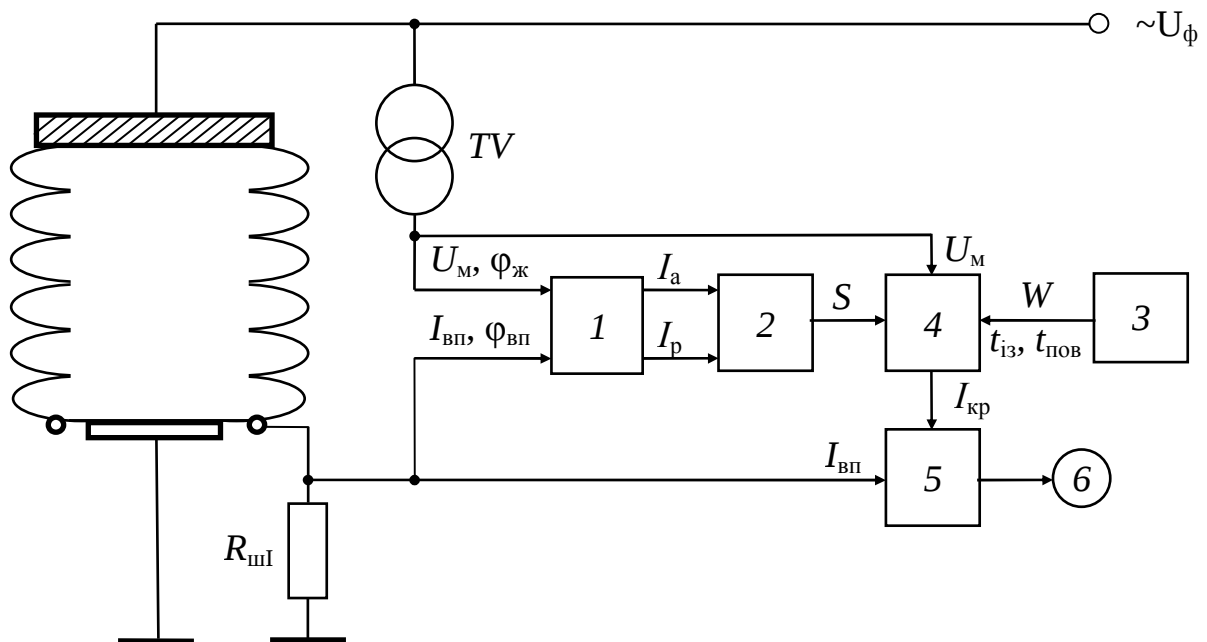


Рис. 1. Блок-схема системи технічної діагностики ступеня секторних забруднень поверхні ізоляторів під робочою напругою:

- 1 – блок визначення активної I_a і реактивної I_p складових поверхневого струму витоку;
- 2 – блок обчислення площі S сектора забруднення;
- 3 – блок датчиків вологості W і температур $t_{из}$, $t_{пов}$;
- 4 – блок визначення критичного струму витоку $I_{кр}$;
- 5 – блок порівняння;
- 6 – блок сигналізації.

У блоці 1 визначається кут зсуву фаз між U_m та поверхневим струмом витоку $I_{вп}$, а за його значенням – відповідно активна I_a і реактивна I_p складові $I_{вп}$. У разі необхідності особливо точних вимірювань, коли кутова похибка

трансформатора напруги TV завелика ($\approx 0,33^\circ$), замість TV можливо використати дільник напруги з високовольтих резисторів. Значення I_a й I_p , отримані за прикладеної до ізолятора напруги U_m , приводяться у блоці 1 до $U_{ном}$. У блоці 2 відбувається визначення величини сектора забруднення S по скоригованим значенням I_a і I_p (в залежності від того, на якому типі ізоляторів встановлена СТД). Значення S і U_m разом з величинами вологості оточуючого ізолятор повітря W , температури $t_{пов}$, а також температурою ізолятора $t_{із}$ від блоку давачів 3 подаються до блоку 4 визначення критичного струму $I_{кр}$. Отже, критичний поверхневий струм витoku $I_{кр}$ визначається з урахуванням його протікання по певному сектору забруднення, за реальних значень вологості і температури оточуючого ізолятор повітря та прикладеної до ізолятора напруги і його температури. Для визначення небезпечного рівня забруднення необхідно порівняти отримане значення $I_{кр}$ з тим $I_{вп}$, який протікає у даний час. У випадку $I_{кр} \leq I_{вп}$ рівень забруднення є критичним і найближчим часом необхідно провести очищення ізоляції, якщо $I_{кр} > I_{вп}$, запасу ізоляційної міцності достатньо для подальшої експлуатації. Якщо СТД визначає небезпечний рівень забруднення, то вона оповіщає обслуговуючий персонал через засоби сигналізації 6. У разі роботи підстанції без обслуговуючого персоналу, у якості блоку сигналізації може виступати телемеханічний канал зв'язку, який оповістить центральний диспетчерський пункт про небезпечний рівень забруднення на підстанції.

Оскільки запропонована система контролю враховує залежність струму витoku від заважаючих факторів (секторності, вологості, напруги, температури), то стає можливим здійснювати періодичний контроль ступеня забруднення, що зменшить час роботи системи та підвищить її надійність. Періодичність контролю може задаватися системою автоматично або за запитом диспетчера.

Розроблено макет приладу, який є частиною запропонованої СТД та вимірює наступні величини: фазу поверхневого струму витoku; амплітудні значення перших гармонік прикладеної до ізолятора напруги та струму витoku; вологість і температуру оточуючого ізолятор повітря; температуру ізолятора [5]. Функціональна схема розробленого макету пристрою наведена на рис. 2.

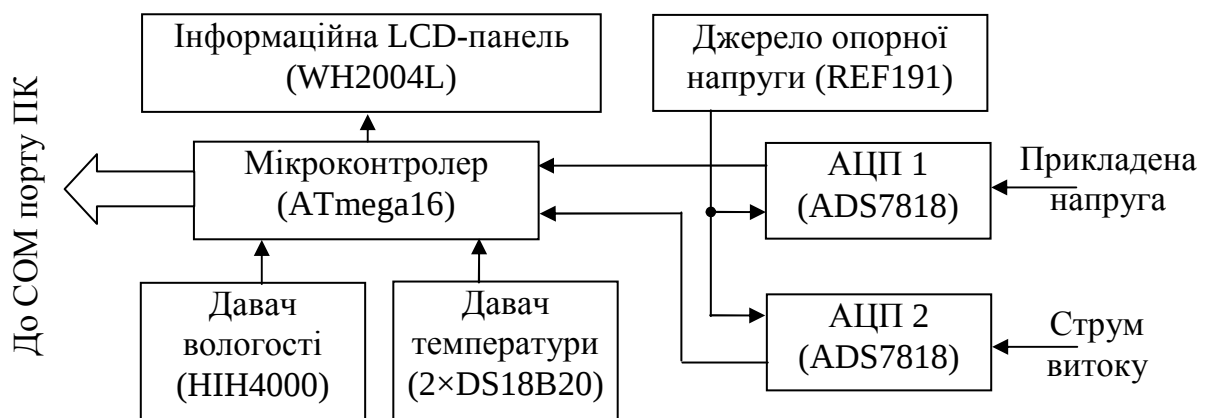


Рис. 2. Функціональна схема макету пристрою

Основний елемент вимірювального пристрою – мікроконтролер (МК) ATmega16. Вимірювання температур здійснюється цифровими давачами DS18B20 з дискретністю $0,1^\circ\text{C}$. Абсолютна похибка вимірювання температури

давачем складає $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, шляхом додаткового калібрування її зменшено до $0,1^{\circ}\text{C}$. Давачі температури підключені паралельно до МК за допомогою інтерфейсу 1-Write. Вимірювання вологості здійснюється аналоговим давачем вологості НІН-4000-003 з точністю $\pm 0,5\%$.

Перетворення аналогового сигналу дослідної напруги в цифровий здійснюється мікросхемою АЦП 1, а струму – АЦП 2. У якості АЦП використані мікросхеми ADS7818, які мають розрядність 12 біт. Передача інформації від АЦП до МК здійснюється послідовним інтерфейсом, який реалізований в МК програмно. Це дозволяє проводити синхронну вибірку з обох каналів – напруги і струму. За прецизійне джерело опорної напруги для АЦП використана мікросхема REF191, яка видає 2,048 В з точністю ± 2 мВ. Вимірювання мікросхемами АЦП відбувається 64 рази за один період та ініціалізується перериваннями від таймера/лічильника ТС1.

Для вимірювання періоду напруги в мережі використаний аналоговий компаратор МК. Рахування періоду здійснюється таймером/лічильником ТС1. Наявність гармонійних складових впливає на момент переходу кривої напруги через нуль, проте значення періоду залишається таким, як і без гармонійних складових; це дозволяє вимірювати період з однаковою точністю при наявності нелінійних спотворень у кривій напруги.

Таким чином, запропонована удосконалена система технічної діагностики ступеня забруднень на відміну від існуючих, має плаваючий граничний рівень, що змінюється в залежності від факторів оточуючого середовища, прикладеної напруги і величини сектору забруднення.

Література

1. Орлович А.Ю., Котиш А.І., Серебренніков С.В. Автоматизована система контролю за станом ізоляції в повітряних мережах напругою 10-35 кВ // Технічна діагностика та неруйнівний контроль. - 2000. - №4. - С.62-65.
2. Серебренніков С.В., Сіріков О.І. Вибір інформативних параметрів для контролю забрудненості високовольтних ізоляторів // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів, вип. 11: Електромагнітний, ультразвуковий та оптичний неруйнівний контроль матеріалів: Зб. наук. праць. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2006. С. 224-229.
3. Сіріков О.І. Діагностика стану забруднення високовольтних ізоляторів під напругою по струму витоку. Збірник наукових праць. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. 2007. Вип. 12. С. 273-279.
4. Мерхалев С.Д., Соломоник Е.А. Выбор и эксплуатация изоляции в районах с загрязненной атмосферой. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 120 с.
5. Орлович А.Ю., Серебренніков С. В., Сіріков О.І. Пристрій неруйнівного контролю стану високовольтних ізоляторів. Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів „ЛЕОТЕСТ-2010”: XV науково технічна конференція. Славське Львівської обл., 15–20 лютого 2010р. – Львів, 2010. – С. 85–86.