



УДК 621.314.2

ЖУК І. А., канд. техн. наук, нач. цеху технологічної автоматики, захистів та зв'язку, Дністровська ГАЕС,
РУБАНЕНКО О. Є., канд. техн. наук, доцент,
ДМУХОВСКИЙ В. П., аспірант,
 Вінницький національний технічний університет

КОНТРОЛЬ ІЗОЛЯЦІЇ МЕРЕЖІ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

За результатами аналізу літературних джерел показано, що доцільно вдосконалювати пристрої контролю ізоляції мереж оперативного постійного струму (ОПС), автоматичного виявлення місця пошкодження ізоляції на ранній стадії що мають за перехідного опору в місці замикання не менше 20 кОм; наведено алгоритм функціонування пристрою контролю ізоляції мережі ОПС, який дозволяє визначати зменшення опору ізоляції полюсів на ранній стадії розвитку пошкодження; показані екранні заставки під час роботи програмного забезпечення пристрою контролю ізоляції мережі ОПС та приведена функціональна схема пристрою автоматичного визначення пошкодженої ділянки мережі ОПС

Ключові слова: мережі оперативного постійного струму, гідроелектрична станція, ізоляція, пристрої контролю ізоляції, програмне забезпечення

Вступ. Мережі оперативного постійного струму (ОПС) є одними із найважливіших складових багатьох електричних станцій та підстанцій, зокрема гідроелектростанцій, і призначені для живлення пристроїв релейного захисту, сигналізації та автоматики, відповідальних механізмів власних потреб, аварійного освітлення, приводів високовольтних вимикачів [1] та ін. Важливість таких споживачів висуває високі вимоги до надійності таких мереж.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Існує багато пристроїв визначення пошкодженої кабельної лінії мереж ОПС [2–6], однак специфіка об'єкта контролю потребує: збільшення достовірності у визначенні часу появи небезпечного зниження опору ізоляції на ранній стадії; визначення пошкодженої ділянки та забезпечення швидкого знаходження місця замикання при зниженні активного опору ізоляції полюса відносно землі до 20–0 кОм без додаткових перемикачів в мережі; простоти і надійності в експлуатації, безперервного контролю значення опору ізоляції; спрацьовування на сигнал; відсутність погіршення параметрів мережі (симетрії напруг полюсів відносно землі, значення опорів ізоляції, коефіцієнта пульсацій напруги на шинах акумуляторної батареї та ін.). Так, наприклад, відомо [7], що підзарядна акумуляторна установка повинна забезпечувати стабілізацію напруги на шинах акумуляторної батареї (АБ) з відхиленнями, які не перевищують встановлені заводом-виробником АБ, але не більше 2 % номінальної напруги [8]. Однак, значна частина відомих пристроїв передбачають накладання на контрольовану мережу тестового сигналу напругами 45 В (ИПИ-1М), 7 та 20 В (ЕРИС-ПКІ.01), 60 В (СКІФ-1, СКІФ-2), 70 В (EDS470 фірми BENDER). Використані в цих пристроях джерела тестових сигналів зменшують опір полюса відносно землі, наприклад: ЕРИС-ПКІ.01 – 240 Ом, ИПИ-1М – 17 кОм. Підключення генератора тестового сигналу тільки до одного полюса мережі ОПС (ИПИ-1М та ЕРИС-ПКІ.01) призводить до багаторазової зміни симетрії мережі і перерозподілу заряду ємності полюсів мережі відносно "землі" та до протікання роз-

рядного струму цих ємностей в колах релейного захисту та автоматики (РЗА), що погіршує надійність пристроїв РЗА. Використання переносних сенсорів (ИПИ-1М, ЕРИС-ПКІ.01, СКІФ-1 та СКІФ-2) обмежується мережами, придатними для під'єднання цих сенсорів, що не завжди можливо в умовах експлуатації. Також значення амплітуди імпульсу напруги на пошкодженому фідері в режимі пошуку замикання полюса на землю при струмі 10 мА і більше досягає значення 180В (в нормальному режимі 110В) при опорі ізоляції приєднання 20 кОм і вище, що досить для спрацьовування дискретного входу сучасних мікропроцесорних систем захисту у разі металевого замикання полюса мережі на "землю" (EDS470 фірми BENDER).

В наш час проводяться відновлювальні та ремонтні роботи не лише планові, а і "на випередження", на основі реального і прогнозного стану устаткування (що дає змогу значно зекономити людські та матеріальні ресурси). Тому існує нагальна практична потреба в найбільш повному забезпеченні пристроями контролю ізоляції мереж ОПС для підвищення надійності експлуатації обладнання гідроелектростанцій.

Це визначило проблему, дозволило обґрунтувати мету, спричинило постановку задач та проведення досліджень, опис і результати яких подані в даній статті.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є розробка пристроїв контролю ізоляції (ПКІ) та визначення пошкодженої ділянки (ПВПД) мереж ОПС та його програмного забезпечення.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати наступні задачі:

- обґрунтувати доцільності вдосконалення пристроїв контролю ізоляції мереж ОПС за результатами аналізу літературних даних про відомі пристрої ПКІ та НВПД;
- розробити вимоги та алгоритм функціонування пристрою контролю ізоляції мережі ОПС;
- розробити програмне забезпечення пристрою контролю ізоляції мережі ОПС;
- розробити функціональну схему ПВПД мережі ОПС.



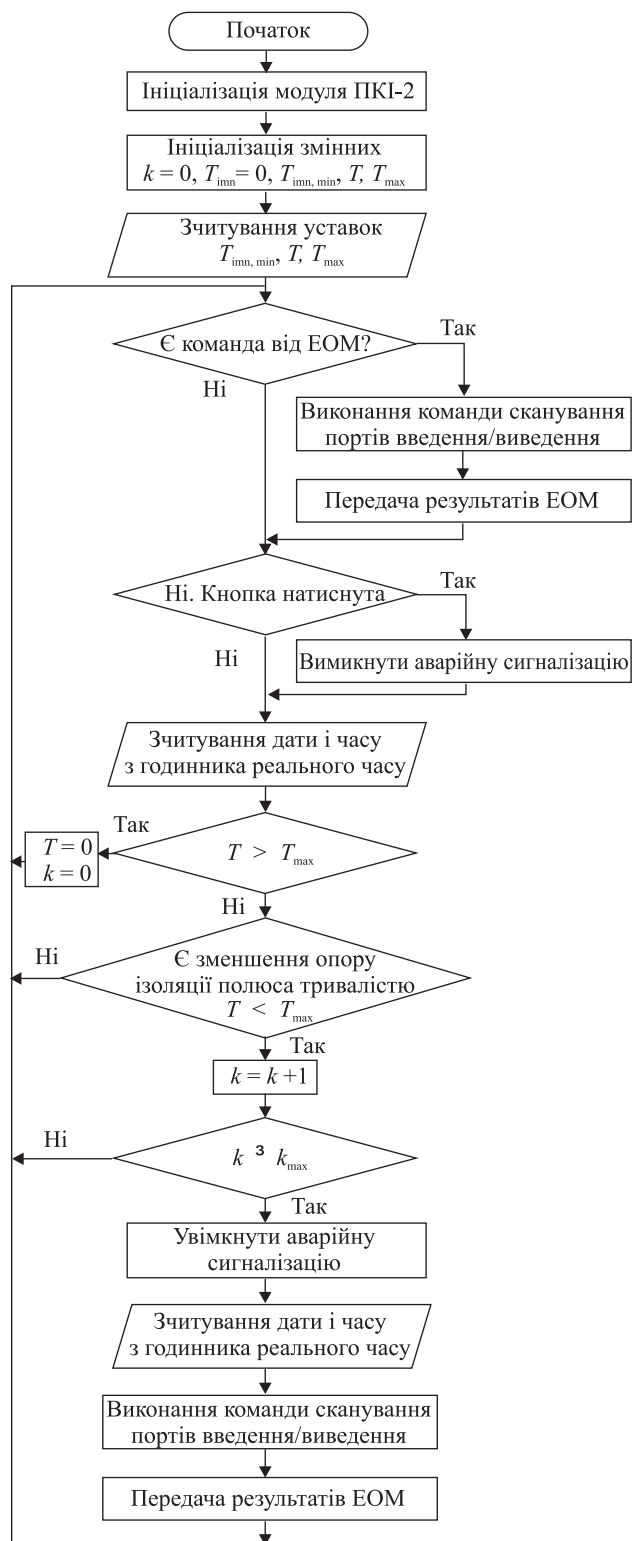


Рис. 1. Спрощений алгоритм роботи ПКІ

Матеріали досліджень з розробки вимог до ПКІ. Результати приведених досліджень свідчать про необхідність створення пристрою контролю ізоляції (ПКІ) полюсів мереж ОПС який реагує на зменшення опору ізоляції до значень, що значно зменшують надійність експлуатації цих мереж.

Розроблюваний ПКІ має здійснювати моніторинг стану ізоляції полюсів мережі оперативного постійного струму. ПКІ не замінює, а доповнює відомий пристрій УКІ-1. На відміну від існуючого, ПКІ дозволяє виявляти короточасні, тривалістю

не більше 1 хвилини, зменшення опору позитивного або негативного полюсів ОПС, пристрою загальномережевого контролю ізоляції.

Пристрій ПКІ приєднується до мережі ОПС напругою 220 В (позитивного і негативного полюсів, а також до мережі 220 В, 50 Гц змінного струму, має приєднання до пристрою заземлення). Опір вхідних вимірювальних кіл ПКІ (між кожним з вхідних вимірювальних каналів і "землею") – не менше 1 МОм. Опір ізоляції вхідних вимірювальних кіл ОПС – не менше 1 МОм. Опір ізоляції кіл живлення 220 В, 50 Гц – не менше 1 МОм. Пристрій має вбудований електронний годинник реального часу.

Прилад реагує на короточасні зменшення опору полюса відносно "землі" до 100 кОм і менше та запам'ятовує дату і час таких зменшень.

Якщо кількість короточасних (менше 1 хвилини) зменшень опору полюса відносно "землі" до 100 кОм і менше буде не менше 3 разів протягом не більше 6 годин, то в приладі засвітиться світлодіод та замкнуться контакти вихідного реле, які задіяні в колах звукової сигналізації оперативному персоналу гідроелектростанції.

Прилад дозволяє отримати ретроспективну інформацію про виявлені раніше випадки зменшення опору полюсів мережі ОПС відносно "землі". Така інформація потрібна оперативному персоналу електричних станцій та підстанцій.

Розробка алгоритму функціонування ПКІ ОПС. Розробка пристроїв контролю передбачає, серед іншого, і розробку алгоритму їх роботи (Рис. 1).

Реалізація алгоритму така: при увімкненні приладу відбувається ініціалізація початкових даних (часу спостереження, кількості короточасних зменшень опорів ізоляції полюсів) та з'єднання з персональним комп'ютером (ПК). При невдалому з'єднанні потрібно перезавантажити пристрій, при вдалому – ПК через ПКІ визначає кількість зменшень опорів ізоляції по кожному полюсу за контрольний проміжок часу експлуатації. Якщо загальна кількість таких зменшень по кожному полюсу перевищує певне значення за певний період часу, то спрацьовує сигналізація із виведенням інформації на екран. В протилежному випадку – видаляються результати попередніх спостережень і підрахунок кількості короточасних зменшень опору ізоляції полюсів починається спочатку. Після спрацювання пристрою вмикається генератор тестових сигналів, виводиться інформація про несправність в мережі ОПС на екран комп'ютера, а також вноситься запис про спрацювання у спеціальний журнал на ПК. В подальшому є можливість вимкнення сигналізації та також переведення пристрою в початкове положення для нових вимірювань.

Розроблення програмного забезпечення пристрою контролю ізоляції мережі ОПС. Програма, яка відповідає вище описаному алгоритму, написа-

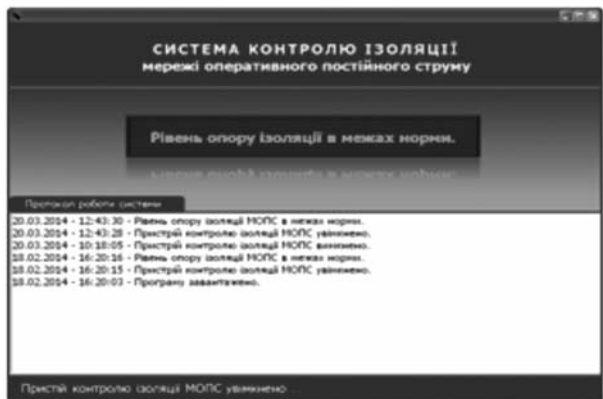


Рис. 2. Основне вікно програми



Рис. 3. Сигналізація про зниження рівня ізоляції

на на мові програмування Асемблер для мікроконтролера Atmel 8515.

Для зчитування даних з ПКІ про час і кількість спрацювань цього пристрою передбачено використання переносного ПК. Для цього написана програма на мові програмування Delphi [9], яка працює в середовищі операційної системи Windows.

Фрагменти віконних заставок розробленого програмного забезпечення показані на наступних рисунках (Рис. 2, 3).

На основі розробленого алгоритму та електричної принципової схеми ПКІ був розроблений прилад ПКІ, зовнішній вигляд якого показаний на Рис. 4, 5.

Розташування плат та деталей в корпусі пристрою показано на Рис. 6.

Розроблення функціональної схеми ПВПД мережі ОПС. Пристрій ПКІ дозволяє визначити пошкодження ізоляції полюсів мережі ОПС на ранній стадії розвитку дефекту. Однак, враховуючи значну розгалуженість цієї мережі та особливу відповідальність споживачів оперативного постійного струму, актуальною постає задача швидкого знаходження пошкодженої ділянки з метою її локалізації і відновлення живлення споживачів мережі ОПС шляхом зміни схеми електропостачання. Це потребує використання пристроїв автоматизації процесу визначення пошкодженої ділянки. На жаль, враховуючи велику, змінну в часі, ємність полюсів, а також невинно зростаючі вимоги до якості таких мереж та їх джерел живлення, багато з існуючих методів і пристроїв мають обмежену галузь застосування, наприклад, не можуть бути використані для мереж ОПС, в якості навантаження яких використовуються мікропроцесорні прилади, а джерелами живлення виступають сучасні фірмові акумуляторні батареї.

В напрузі мереж ОПС інколи з'являються завади, що мають складові різних частот. Ці завади можуть бути викликані, наприклад, пошкодженнями перетворювачів в шафах релейного захисту або потужними електромагнітними завадами, які виникають під впливом резонансних перенапруг під час спрацювань високовольтних вимикачів [10]. Це, за певних умов, призводить до зростання погіршення якості напруги в цих мережах на частоті тестових

сигналів пристроїв знаходження пошкодженої ділянки мереж ОПС.

Проведений аналіз існуючих пристроїв автоматичного або автоматизованого визначення пошкодженої ділянки МОПС свідчить, що під час пошкодження джерела змінного тестового сигналу або внаслідок дії завад на частоті тестового сигналу ці пристрої мали хибні спрацювання або зовсім не спрацьовували. З метою зменшення порушень в роботі пристроїв автоматичного визначення пошкодженої ділянки пропонуємо використовувати пристрій, схему підключення якого подано на Рис. 7, функціональну схему пристрою для визначення ділянки із зниженим опором ізоляції мережі оперативного постійного струму показано на Рис. 8, а

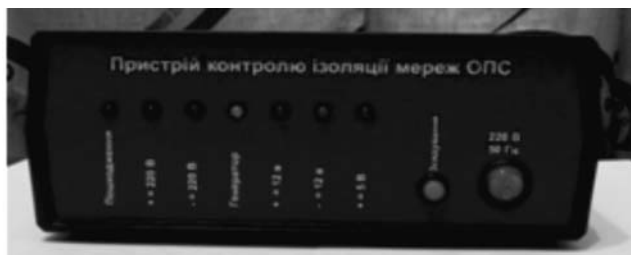


Рис. 4. Зовнішній вигляд приладу ПКІ – передня панель



Рис. 5. Зовнішній вигляд приладу ПКІ – задня панель

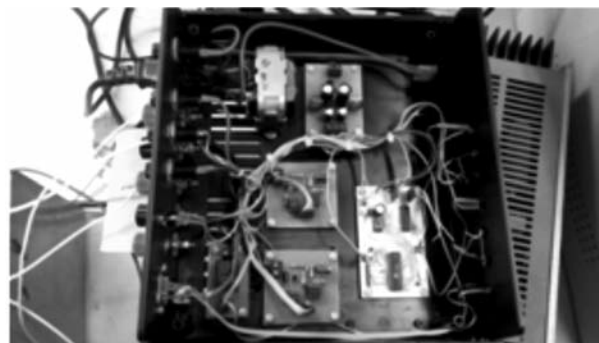


Рис. 6. Розташування плат та деталей в корпусі розробленого ПКВ



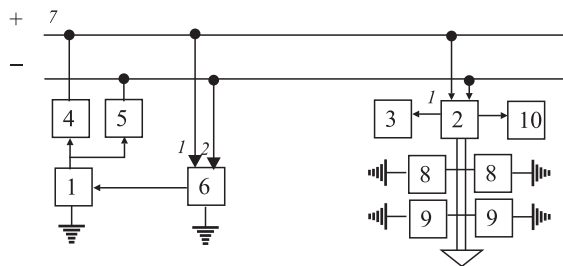


Рис. 7. Схема пошкоджені ділянки мережі ОПС

функціональну схему блока виділення та запам'ятовування діючого значення тестового сигналу заданої частоти пристрою для визначення ділянки із зниженим опором ізоляції мережі оперативного постійного струму – на Рис. 9.

Пристрій для визначення ділянки із зниженим опором ізоляції мережі оперативного постійного струму працює таким чином.

Пристрій ПВПК підключається до двопровідної мережі ОПС, як показано Рис. 7, та складається з джерела змінної напруги 1 тестового сигналу різних частот, датчиків струму 2 (трансформаторів струму [8]), однотипних блоків контролю активного опору ізоляції ділянок 3 мережі ОПС 7, розділових фільтрів 4, 5, блока контролю повного електричного загальномережевого опору ізоляції 6 (що є комбінацією пристроїв ПКІ та, наприклад, УКІ-1, вихідні кола яких включені за схемою "2або"). Перший вивід блока 1 через роздільні фільтри 3, 4 підключається до позитивного та негативного полюсів мережі ОПС 7. Входи блока 6 підключені до полюсів мережі та до контуру заземлення. А вихід блока 6 підключений до запускаючого входу блока 1.

Блок 6 контролю загальномережного опору ізоляції полюсів мережі 7 оперативного постійного струму (ОПС) відносно "землі" працює безперервно, контролює цей опір. Коли в процесі експлуатації опір ізоляції зменшується менше уставки спрацювання блока 6 контролю загальномережного опору ізоляції полюсів, цей блок 6 виробляє сигнал запуску джерела змінної напруги 1. Блок 1 починає генерувати тестовий сигнал змінної напруги спочатку першої частоти f_1 (Гц), потім іншої більш високої другої частоти f_2 (Гц), а потім ще більш високої третьої частоти f_3 (Гц).

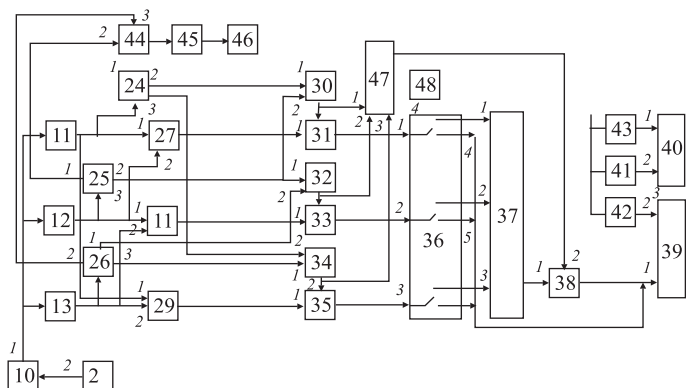


Рис. 8. Функціональна схема пристрою для визначення ділянки із зниженим опором ізоляції мережі оперативного постійного струму

З метою надійної експлуатації блока 1 джерел та споживачів мереж ОПС 7 блок 2 підключений до полюсів мережі через розділові фільтри 4, 5, які забезпечують великий опір для постійного струму. Таким чином, змінна напруга джерела напруги 1 (тестового сигналу) з'являється на полюсах мережі відносно контуру заземлення. Входи блока 1 підключені для забезпечення протікання струму змінного тестового сигналу від блока 1 через опір ізоляції блока 6 на "землю", а для забезпечення протікання постійного оперативного струму джерел постійної (випрямленої) напруги мережі ОПС – через реагуючий орган блока 6 та через опір ізоляції мережі на "землю".

Датчики струму (ДС) відіграють важливу роль в інтелектуальних енергосистемах [11]. ДС – це трансформатори струму, вбудовані в диференційні автоматичні вимикачі, або окремі трансформатори струму з розбірним осердям. Трансформований тестовий сигнал блока 1, який проходить через ємність 8 позитивного і негативного полюсів контрольованої ділянки 7, а також через активний опір ізоляції 9, подається на перший вхід блока 3.

З першого виходу блока 3 трансформований тестовий сигнал (ТТС) подається на вхід підсилювача ТТС 10 блока 3, який зображений на Рис. 8. З виходу підсилювача ТТС сигнал подається на входи блоків 11, 12, 13 виділення та запам'ятовування діючого значення тестового сигналу частотою f_1 (Гц).

З входу блока 10 сигнал подається на вузькосмуговий фільтр першої частоти f_1 (Гц) 14, а з виходу блока 14 подається на блок виділення діючого значення ТТС 15. З його виходу сигнал постійної напруги, пропорційний значенню діючої напруги ТТС 15 першої частоти f_1 (Гц), подається на електронний аналоговий ключ 16 та на перший вхід блока контролю значення напруги 17, уставка спрацювання якого дорівнює обґрунтованому значенню. Якщо напруга на вході 1 блока 17 перевищує уставку (значення напруги цього блока), то на виході блока 17 з'являється напруга логічної одиниці (якої раніше не було), і яка є сигналом на відкриття електронного ключа 16.

Сигнал, який дорівнює діючій напрузі тестового сигналу першої частоти f_1 (Гц) проходить з першого входу ключа 16 на його вихід, а з його виходу – на входи блока контролю часу тривалості t_{1f1} існування тестового сигналу першої частоти f_1 (Гц) 18 та на вхід блока 19 контролю тривалості напруги Δt_{1f1} між тестовими сигналами на першій частоті f_1 (Гц). Якщо t_{1f1} та Δt_{1f1} дорівнюють раніше вибраним та обґрунтованим значенням, то на виходах блоків 18 та 19 сигнал логічного нуля замінюється сигналом логічної одиниці потрібного рівня напруги. Ці сигнали подаються на входи логічного елемента "2і" 20 з виходу якого сигнал логічної одиниці подається на перший (керуючий) вхід електронного ключа 21, а на другий його вхід подається постійне значення





напруги, яке пропорційне діючому значенню напруги тестового сигналу першої частоти.

Електронний ключ 21 передає цю напругу з другого входу на вихід блока 21. З виходу блока 21 сигнал передається на перший вхід запам'ятовувального блока 22 (Рис. 9).

З виходу блока 20 сигнал логічної одиниці подається на вхід блока затримки сигналу 23, який створює затримку в часі проходження сигналу з його входу на вихід. Через час затримки сигнал з виходу блока 23 подається на другий вхід запам'ятовувального блока 22. Другий вхід блока 22 є входом для стирання даних, які зберігаються в блоці 22. Так само побудовані блоки виділення та запам'ятовування діючого значення струму тестового сигналу другої частоти f_2 (Гц) – блок 12 та третьої частоти f_3 (Гц) – блок 13.

Сигнал з виходу запам'ятовуючого блока 22 подається на вихід всього блока запам'ятовування значення напруги тестового сигналу першої частоти f_1 (Гц) 11. З виходів блоків 11, 12, 13, як зображено на Рис. 8, сигнали подаються на входи блоків перевірки наявності напруги (24, 25, 26) та на входи блоків 27, 28, 29 виділення активної складової струму витоку із струму тестового сигналу в контрольованій ділянці мережі.

З виходів блоків 24, 25, 26 сигнал подається на входи логічних елементів "2і" 30, 31, 32. З виходу 30, 31, 32 сигнал керування відповідно подається на входи керування електронних ключів 33, 34, 35, з виходу яких сигнали напруги подаються на входи 1, 2, 3 блока багатоканального електронного ключа 36, з аналогового виходу сигнали активної складової значень напруги тестових сигналів частоти f_1 (Гц), f_2 (Гц), f_3 (Гц), подаються на входи блока 37 розрахунку середнього значення опорів ізоляції контрольованої ділянки мережі, який розраховується за формулою

$$R_{13, \text{ср}} = (R_{13, f_1 - f_2} + R_{13, f_2 - f_3} + R_{13, f_3 - f_1}) / 3,$$

де $R_{13, f_1 - f_2}$, $R_{13, f_2 - f_3}$, $R_{13, f_3 - f_1}$ – активні опори ізоляції контрольованої ділянки мережі ОПС, визначені відповідно з використанням частот f_1 та f_2 ; f_2 та f_3 ; f_3 та f_1 .

З виходу блока 37 (Рис. 8) сигнал подається на перший вхід електронного ключа 38, з виходу якого цей сигнал передається далі на вхід блока порівняння значень напруги 39, з виходу якого сигнал подається на запам'ятовуючий блок 40, з виходу якого сигнал подається на вихідний блок 41. Для регулювання уставки спрацювання блока 39 стабілізована напруга джерела живлення подається на інший вхід цього блока через змінний багатообертовий резистор 42. При замкненні на землю полюсів контрольованої ділянки МОПС спрацьовує блок 39, і блок 40 запам'ятовує сигнал спрацювання блока 39. При цьому починає і продовжує світитись світлодіод блока 41. Тестовий сигнал існує короткочасно, однак світлодіод продовжує світитись до тих пір, поки не буде натиснута кнопка стирання пам'яті "скидання" і кнопка стирання інформації з пам'яті блока 43. Якщо під час експлуатації в мережі з'являється по-

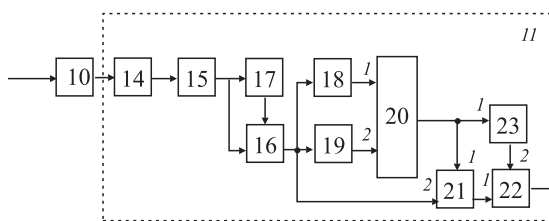


Рис. 9. Функціональна схема блока виділення та запам'ятовування діючого значення тестового сигналу заданої частоти пристроєм для визначення ділянки із зниженим опором ізоляції мережі оперативного постійного струму

тужна постійно діюча завада на одній з тестових частот або буде помилково відсутній один з тестових сигналів, тоді блоки 18, 19 та 20 заблокують проходження такої частоти на виходи блоків 11, 12, 13. Тоді на одному з виходів цих блоків сигнал дорівнюватиме нулю. Цей сигнал, проходячи через блоки 24, 25, 26, перетворюється на логічний нуль (або логічну одиницю, якщо на їх входах буде наявна напруга). Логічні сигнали з входів блоків 24, 25 та 26 подаються на входи логічного елемента "3-АБО" 44, а з його виходу – на вхід запам'ятовуючого пристрою 45, а з його виходу – на вихідний орган 46, який сигналізує про зменшення опорів ізоляції в мережі ОПС або про несправність пристрою для визначення ділянки із зниженим опором ізоляції мережі оперативного постійного струму. А також в цьому випадку сигнали логічного нуля подаються на блоки 30, 31, 32, на виході яких з'являється сигнал логічного нуля, який блокує спрацювання електронних комутаторів 33, 34, 35, відповідно. Логічний нуль з виходів блоків 30, 31, 32 подається на вхід логічного елемента "3і" 47. На виході логічного елемента "3і" з'являється сигнал логічного нуля.

Цей сигнал подається на вхід електронного ключа 38 і тримає його відключеним, перешкоджаючи проходженню помилкового сигналу з виходу блока 37 на вхід блока 39. Також з виходу блока 47 сигнал логічного нуля подається на вхід інверсного елемента 48, з виходу якого сигнал логічної одиниці подається на керуючий вхід багатоканального електронного ключа 36, дозволяючи проходження лише одного сигналу (постійної напруги, пропорційної опорів ізоляції контрольованої ділянки мережі ОПС) на вхід блока 39.

Схеми на Рис. 8, 9 реалізовані з використанням процесора ATME1 3278 [12] (як підсилювач використовується мікросхема TDA 7294).

В процесі експлуатації виникає задача підвищення точності визначення зменшення опорів ізоляції на контрольованій ділянці. В такому випадку сигнал із підсилювачів передається на три пристрої вимірювання параметрів ПРОМА-ІІІ, з виходу яких сигнал в цифровому вигляді передається для обробки на мікроконтролер U1 сплітер-блока через RS485. Мікроконтролер U5 C8051F021 використовується для обробки отриманих від ПРОМА-ІІІ сигналів, прийняття рішення та сигналізації про стан ізоляції силових кіл.

Обговорення результатів досліджень розроблених пристроїв. Проведені дослідження закономірностей зміни ізоляції мережі ОПС свідчать, що причи-



ною зменшення опору полюсів відносно "землі" можуть бути сезонні коливання цього опору під дією вологості і температур, внаслідок втрати ізоляційних властивостей та помилок експлуатаційного персоналу.

Подальші дослідження свідчать про те, що як поступові, так і раптові короточасні зменшення опору ізоляції, залежать від багатьох факторів, таких як режим роботи електричної станції, режим роботи навантаження мережі, стан мережі та її навантаження, розташування навантаження в мережі, залежить від виду ізоляції мережі, стану кабельних тунелів, від стану комутаційного та комунікаційного обладнання.

Також на деяких електричних станціях під час роботи гідроагрегатів різко зростає вологість повітря, а також повільно зменшується загальномережевий опір, викликаний цим процесом. В цьому випадку ізоляція має схильність до самовідновлення. Водночас мають місце пошкодження ПВХ або гумової ізоляції внаслідок тривалої дії високих літніх та низьких зимових температур протягом багатьох років (понад 25 років) та потрапляння вологи в кабельні тунелі з кабелями із вищезазначеною ізоляцією, особливо під час роботи гідроагрегатів або переливу води через греблю, а також внаслідок інших пошкоджень як ізоляції самих мереж ОПС, так і допоміжного обладнання. Тому закономірності повільних коливань, інтенсивності, тривалості та значення раптових зменшень загальномережевого опору залежать від особливостей мереж ОПС окремих станцій або від регіону розміщення.

З метою зменшення похибки вимірювання як сенсори напруг можуть бути використані модулі ПРОМА-ІІІ.

Отримані значення опорів та тривалості існування таких знижень опорів записуються в flash-пам'ять. Після стійкого зменшення опору ізоляції до 20 кОм і менше, або після помилкового спрацювання сигналізації за встановлених уставок, пристрій ПКІ, звертаючись до даних, що зберігаються у flash-пам'яті, здійснює розрахунок уставки спрацювання, доповнюючи початкову базу даних новими даними, записаними у flash-пам'ять. Для цього мікроконтролер здійснює розрахунок уставок спрацювання із вибіркою початкових даних опорів та часу існування таких опорів ізоляції.

З метою порівняння похибки визначення опору розробленим пристроєм було створено з'єднання позитивного полюса мережі із "землею" через опори 30, 40 та 50 кОм. Результати вимірювань контролювалися за допомогою під'єднання ПК до порту RS432 пристрою контролю за допомогою тестової програми. А також додатково здійснювались вимірювання штатним пристроєм ІLW200 (SE).

Висновки

1. Показано, що доцільно вдосконалювати пристрої контролю ізоляції мереж ОПС автоматичного виявлення місця пошкодження ізоляції на ранній стадії за перехідного опору в місці замикання не більше 20 кОм;

2. Розроблено алгоритм функціонування пристрою контролю ізоляції мережі ОПС, який дозволяє визначати зменшення опору ізоляції полюсів на ранній стадії розвитку пошкодження;

3. Створене програмне забезпечення пристрою контролю ізоляції мережі ОПС та його інтерфейс спрощує експлуатацію мереж ОПС;

4. Розроблена функціональна схема ПВПД мережі ОПС може бути реалізована в пристроях автоматичного визначення пошкодженої ділянки ОПС на ранній стадії розвитку пошкодження ізоляції.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кутін В.М.* Методи та засоби діагностування елегазових вимикачів / В.М. Кутін, О.Є. Рубаненко, С.В. Мисенко. — Вінниця: ВНТУ, 2018. — 124 с. ISBN 978-966-641-722-3
2. *Борухман В.А.* Устройства для определения мест повреждения в линиях электропередачи [Текст] А.А. Кудрявцев, А.П. Кузнецов. — М.: Энергия, 1973. — 88 с.
3. *Пат. 103700* Україна, МПК H02H 3/16, H02H 3/38, H02H 7/26. Спосіб захисту від однофазних замикань на землю в розподільчій мережі змінного струму та пристрій для його реалізації [Текст] / Кошман В.І., Сабарно Л.Р., Севастюк І.М.; заявник і патентотримувач Інститут електродинаміки НАН України — заявл. 26.03.12; опубл. 11.11.13. Бюл. № 21, 2013 р
4. *Пат. 4820973* США, G 01 R 27/28. Impedance measuring system [Text] / Jose A. Alvarez, 917 Cross Ave., Elisabet, N.J. 07208.—1 934181; Заявл. 21.11.86; Опубл. 22.07.88.
5. *Прибор* контролю ізоляції мереж постійного току ЭРИС-ПКІ.01. Паспорт и руководство по эксплуатации [Текст]. — 2008. — 7 с.
6. *Устройство* для определения места снижения изоляции в сети оперативного постоянного тока типа НПИ-1М. Паспорт:НШИЮ.411187.001ПС. — П.: АОЭТ "Псковский электротехнический завод", 1995. — 18 с
7. *Технічна експлуатація електричних станцій і мереж.* Правила: ГKD 34.20.507-2003. [Текст] / — Офіц. вид. — К.: ГРІФРЕ : М-во палива та енергетики України, 2003. — 597 с. — (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Правила).
8. *Tankevich E.* Current sensor designed for usage with digital control systems of electric grid / Evgeny Tankevich; Gregory Varsky; Inna Iakovlieva; Sergy Tankevich // [Електронний ресурс]: 17th Symposium IMEKOTC 4, 3rd Symposium IMEKOTC 19 and 15th IWADC Workshop — Sept. 8–10, 2010, Kosice, Slovakia — 1 електр. опт. диск (CD-ROM): 12 см. — ISBN: 978-80-553-0423-3. — 5 с.
9. *Стивенс Р.* Delphi. Готовые алгоритмы [Текст] / Стивенс Р. — М.: ДМК Пресс, 2004. — 384 с.
10. *Кучанський В.В.* Керування комутацією вимикача для запобігання резонансних перенапруг / В.В. Кучанський, // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка — 2016. — № 175 — С. 38 — 40.
11. *Кириленко О.В.* Інтелектуальний вимірювальний перетворювач струмів та напруг для інтелектуальних енергосистем [Текст] / О.В. Кириленко, Є.М. Танкевич, С.Є. Танкевич//Праці інституту електродинаміки Національної академії науки України (Спеціальний випуск). — 2010. — С. 82 — 86.
12. *8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8515 ATmega8515L Preliminary [Text] / Rev. 2512A-AVR-04/02 Norwegian, Trondheim.: Printed Atmel Corporation. — 2002. — 225 p.*

© Жук І.А., Рубаненко О.Є., Дмуховський В.П., 2018