

Тутик В. Л.,  
Москаленко О. В.,  
Хіргій А. Г.

## МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ЗАСОБІВ АНАЛІЗУ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ ТЯГОВИХ МЕРЕЖ.

Київський університет економіки і технологій транспорту

*Розглянуто питання впровадження інтегрованих систем для аналізу аварійних режимів тягових мереж і використання комп'ютерного аналізу на електроенергетичних об'єктах.*

Порушення нормального режиму роботи електроенергетичних систем, як правило, відбуваються через ушкодження її елементів, зокрема ліній електропередачі (ЛЕП). Це виявляється в порушенні електропостачання, підвищенні втрат, зниженні якості електроенергії, і як наслідок, негативно позначається на техніко-економічних показниках роботи як споживачів, так і постачальників електричної енергії. Все це є причинами збоїв безперервних технологічних циклів, псування продукції, скорочення служби устаткування, неправильної роботи керуючих і контролюючих пристроїв, додаткових витрат енергоресурсів і т.д.

В даний час у службі електропостачання Південно-Західної залізниці в експлуатації знаходяться фіксуючі індикатори різних типів. Причому основну частку (близько 65%) складають аналогові фіксуючі прилади (індикатори), побудовані на напівпровідниковій і мікроелектронній елементній базі, і 35% – мікропроцесорні фіксуючі індикатори різних типів.

Аналогові індикатори типів ФП, ЛФП, ФПТ, ФПН і ФІС активно впроваджені в минулому, мають в цілому, позитивний досвід експлуатації, однак вимагають значних трудовитрат на експлуатацію й у ряді випадків не забезпечують достатню точність визначення місця пошкодження (ВМП).

Використання мікропроцесорної елементної бази дозволило істотно усунути ці недоліки в теперішніх розробках засобів ВМП. Сучасні програмно-технічні засоби додали нові властивості засобам ВМП: безпосередня фіксація відстані до місця пошкодження в кілометрах, фікса-

ція часу виникнення пошкодження, автоматична побудова векторних осцилограм і т. д. При цьому специфіка функціонування засобів ВМП (у порівнянні з іншими видами автоматики) сприяє першочерговому використанню комп'ютерних технологій. Дійсно, при коротких замиканнях (КЗ) на контрольованому об'єкті засоби ВМП повинні здійснювати в темпі процесу лише істотно обмежені функції – фіксацію і запам'ятовування струмів і напруг аварійного режиму. Обробка результатів виміру припустима вже після відключення об'єкта і може виконуватись в фоновому режимі. Необхідність швидкої ліквідації аварійних режимів та діагностики устаткування тягових підстанцій ставить задачу об'єднання мікропроцесорних програмованих пристроїв в єдину інформаційну мережу служби електропостачання.

Метою даної роботи є визначення підходів, які сприяють створенню комп'ютерних систем та алгоритмів визначення і локалізації місць пошкоджень в складі надійних комп'ютеризованих засобів діагностування електроенергетичного обладнання тягових мереж та підстанцій.

В останнє десятиріччя питання автоматизації електроенергетичних об'єктів (ЕЕО), як зазначувалось в [1], одержали новий розвиток у зв'язку із широким застосуванням комп'ютерів, різного роду програмувальних логічних контролерів. Це дозволяє говорити про можливість створення інтегрованих систем захисту і контролю. Раніше такі системи розроблялися, насамперед, для високих рівнів на-



пруг, однак в останні роки вони поширюються і на розподільчі мережі.

**«Скоординовані» системи захисту і контролю.** Це системи, побудовані на основі принципу «скоординованого» захисту і контролю, де підсистеми захисту і контролю функціонують автономно, а інтерфейс між цими підсистемами забезпечує передачу неаварійних у часі даних і інформації. Для інформаційних систем зі скоординованим керуванням центральний процесорний блок ЕЕО реалізує всі основні задачі типу збір і збереження даних, зв'язок з диспетчером, забезпечення інтерфейсу користувач – диспетчер, а також контроль апаратних і програмних засобів системи.

**Інтегровані системи.** Побудова інтегрованих систем припускає, що підсистеми контролю і захисту реалізовані в єдиній системі, що використовує єдині блоки одержання даних, засоби обслуговування комунікацій. У таких системах передбачається, що підсистема має доступ до контролю над уставками підсистем захисту й основних оперативних даних.

Основні переваги таких систем визначаються підвищеною надійністю (організація самоконтролю і тестування), високим рівнем гнучкості (система досить просто пере програмується, що дозволяє змінювати призначення захистів, адаптувати до змін, що відбуваються в ЕЕО або в конфігурації мережі), зменшеним терміном введення в експлуатацію (автоматичне параметрування устаткування), зменшеною кількістю ліній зв'язку (передача даних високошвидкісними широкодіапазонними каналами), збільшеною ефективністю графічних інтерфейсів користувача.

**Інтелектуальні системи.** Це системи, що використовують набір різних методів гібридного програмування, що добре індивідуально вирішують визначену частину проблеми і пристосовані для видачі висновків.

На рівні об'єкта більшість застосовуваних, використовуваних у даний час, пов'язані з аналізом аварій: зокрема, реєстратори послідовності подій – ці системи призначені для реєстрації на рівні ЕЕО різного роду ситуацій, у т. ч. аварійних із прив'язкою в часі. При цьому експрес-

аналіз проводиться на основі мінімальної одержуваної інформації про стан і порядок спрацювання комутаційного устаткування, а повний припускає наявність деталізованої інформації про послідовності подій, пов'язаних з роботою систем релейного захисту (запуск, вибір фази, напрямку, сигнал на відключення і т. д.) і автоматичного повторного включення (АПВ). Такий аналіз поводження систем захисту на ЕЕО припускає перевірку правильності її дії, виявлення втрати селективності, а також виміру розкиду часу спрацювання. Це дозволяє оцінити працездатність і спланувати проведення обслуговувань і ремонтів. Використовуються також цифрові реле захисту, цифрові реєстратори аварій – вони призначені для запису форми хвилі струму і напруги, а також дискретних сигналів про спрацювання контактів. Такі дані звичайно використовуються оперативним персоналом при аналізі подій, що привели до виникнення аварійної ситуації. При цьому однією з основних проблем, зв'язаної з використанням реєстраторів, є необхідність обробки значних за обсягом зареєстрованих даних.

Інформаційні задачі призначені для забезпечення диспетчера інформацією, необхідної для оперативного контролю за поточним режимом роботи ЕЕО, ретроспективного аналізу, а також формування звітної документації. Аналітичні задачі носять виключно допоміжний характер і призначені для ідентифікації і моделювання різних режимів роботи устаткування [2].

Методи визначення місця пошкодження на повітряних лініях, що існують у практиці експлуатації, відносяться до двох основних типів: дистанційних та топографічних.

Перші, з урахуванням різних ознак, поділяються на методи:

- На основі двосторонніх вимірів;
  - На основі односторонніх вимірів.
- інші :

- Стаціонарні (вказівники пошкодження опори, вказівники пошкодженої ділянки, вказівники пошкодженої гірлянди);



•Переносні (пристрої, що визначають наявність та місце однофазного замикання на землю).

Класифікацію вищеназваних методів ВМП приведено на рис. 1 [3].

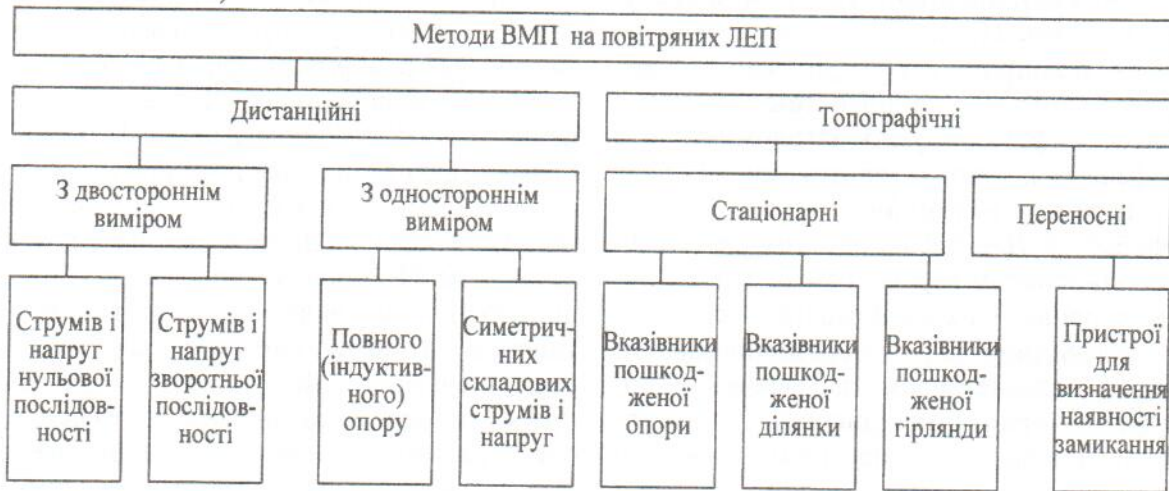


Рис. 1. Методи визначення місця пошкодження

Найбільшу точність забезпечують ті методи ВМП, що здійснюють аналіз ПАР, виміряні одночасно на двох суміжних підстанціях, що обмежують міжподстанційну зону з ушкодженою контактною мережею [4]. Застосовувані системи телемеханіки не передбачають можливість безпосереднього обміну такою інформацією між суміжними тяговими підстанціями.

Обґрунтування методів ВМП буде ґрунтуватися на розгляді схеми заміщення тягової мережі. На рис. 2, а показана вузлова схема живлення двоколіїної ділянки з постом секціонування (ПС), що одержує живлення від суміжних тягових підстанцій  $A$  і  $B$ . На відстані  $l_k$  від підстанції  $A$  відбулося К.З. у місці  $K$ . Передбачається, що на підстанції  $A$  встановлений пристрій ВМП, який в момент к.з. одержує інформацію про значення напруги  $U_A$  на шинах, струмів  $I_{11}$  і  $I_{12}$  суміжних фідерів і фазових кутів між цими струмами і напругою.

Індуктивно розв'язана схема заміщення, що відповідає розглянутій схемі живлення, приведена на мал. 2, б [5]. На цій схемі:  $U_{A,рас}$ ,  $U_{B,рас}$  розрахункові напруги холостого ходу тягових підстанцій  $A$  і  $B$ ;  $I_A$ ,  $I_B$  — струми цих підстанцій;  $I_{11}$ ,  $I_{12}$  — струми фідерів першої та другої колії на підстанції  $A$ ;  $I'_{11}$  — струм фідера першої колії поста секціонування ПС;  $I_K$  — струм короткого замикання в точці  $K$ ;  $Z_{nA}$ ,

$Z_{nB}$  — опір тягових підстанцій  $A$  і  $B$ ;  $Z'_{11}$  і  $Z''_{11}$  — індуктивно розв'язані опори контактної мережі першої колії, відповідно на довжині  $l_k$  і  $l_1 - l_k$ ;  $Z'_{p11}$ ,  $Z''_{p11}$  — індуктивно розв'язані опори рейкової колії на тих же ділянках;  $Z_{12}$  — індуктивно розв'язаний опір контактної мережі другої колії на довжині  $l_1$ ;  $Z_2$ ,  $Z_{p2}$  — відповідно індуктивно розв'язані опори контактної мережі двох колій і рейкової колії на відстані  $l_2$ ;  $R_{nep}$  перехідний опір у місці к.з.

Опори схеми заміщення можуть бути виражені через питомі опори  $z_{21}$ ,  $z_{-1,2}$ ,  $z_{p,2}$  [5]  $Z'_{11} = z_{-1,2} l_k$ ,  $Z''_{11} = z_{-1,2} (l_1 - l_k)$ ,  $Z_{12} = z_{-1,2} l_1$ ,  $Z'_{p11} = z_{-1,2} l_k = (z_{21} - z_{-1,2}) l_k$ ,  $Z''_{p11} = z_{p2} (l_1 - l_k) = (z_{21} - z_{-1,2}) (l_1 - l_k)$ ,  $Z_2 + Z_{p2} = z_{22} l_2$ .

**Метод 1.** Метод побудований на вимірі й аналізі параметрів і фазових кутів між напругою  $U_A$  і струмами  $I'_{11}$  і  $I_{12}$ .

Розглянемо контур схеми заміщення (рис. 2, б) між місцями  $a$ ,  $K$ ,  $K1$ ,  $b$ . Для цього ланцюга друге рівняння Кірхгофа має вигляд:

$$U_A = I'_{11} Z'_{11} + I_K R_{nep} + I_A Z'_{p11}. \quad (2)$$

Підставивши в цей вираз значення  $Z'_{11}$  і  $Z'_{p11}$  з формули (1), одержимо:

$$I_k = \frac{U_A - I_A (z_{21} - z_{-1,2})}{I'_{11} z_{-1,2} + I_A (z_{21} - z_{-1,2})}. \quad (3)$$



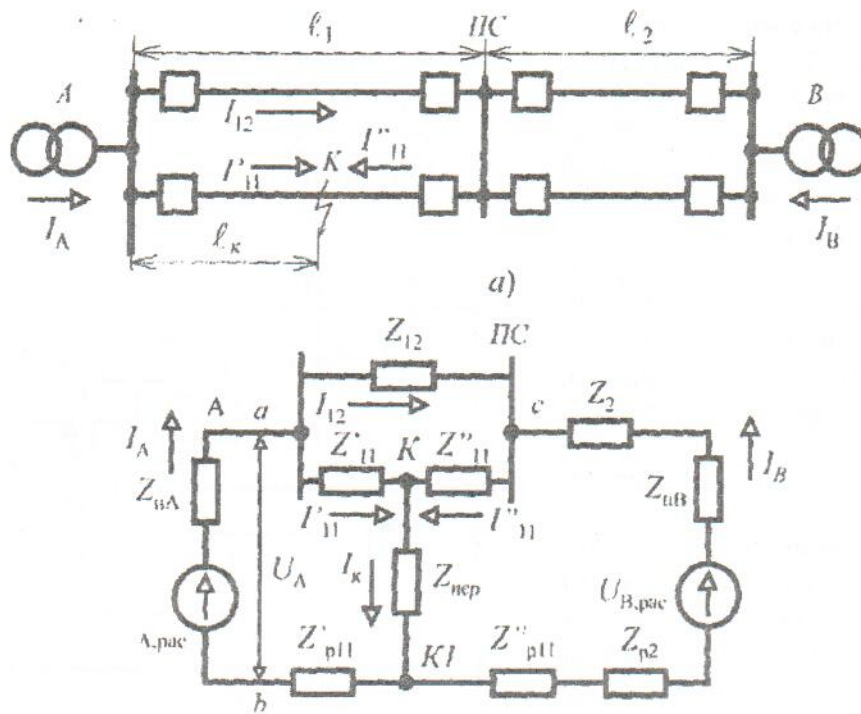


Рис. 2. Схеми живлення (а) і заміщення (б) двоколіїної ділянки з постом секціонування

З формули (3) випливає, що відстань до місця пошкодження  $l_k$  однозначно залежить від величин, що входять у цю формулу, однак її безпосереднє використання неможливе, оскільки значення  $I_k$  і  $R_{пер}$  невідомі. Варто знати, що вектори  $\underline{U}_A$  і  $\underline{I}_{11}$  у формулі (3) повинні бути взаємно орієнтовані щодо базової осі, за яку приймається напрямок вектора напруги холостого ходу  $\underline{U}_{A, рас}$ . Розрахунки параметрів К.З. показують, що фазові кути струмів  $I_A$  й  $I'_{11}$  відлічувані від базової осі, при ушкодженні у будь-якій точці в міжподстанційній зоні досить близькі і відрізняються не більш, ніж на 1-3 градуси. Також мало відрізняються фазові кути струмів  $I'_{11}$  і  $I_k$ . Приймаючи їх однаковими, виконавши досить громіздкі перетворення, на підставі яких параметри  $I_k$  і  $R_{пер}$  з остаточної формули виключаються, і маючи на увазі, що  $\underline{I}_A = \underline{I}_{11} + \underline{I}_{12}$  формула (4) приводиться до вигляду [4]:

$$l_k = \frac{U_A \sin(\varphi_1 - \delta)}{I'_{11} x_{-1,2} + |\underline{I}_{11} + \underline{I}_{12}| (x_{21} - x_{-1,2})} = \frac{U_A \sin(\varphi_1 - \delta)}{I'_{11} x_{-1,2} + |\underline{I}_{11} + \underline{I}_{12}| x' p_{2,2}}, \quad (4)$$

де  $\varphi_1$  – фазовий кут між напругою  $U_A$  і струмом ушкодженого фідера  $I'_{11}$ ,  $\delta$  – додатковий кут.

Додатковий кут  $\delta$  штучно введений у формулу (4) для часткової компенсації похибки, викликаній припущенням про те, що фазові кути струмів  $I_A$ ,  $I'_{11}$ ,  $I_k$ , що відлічені від базової осі, однакові. Значення кута  $\delta$  можна апроксимувати найпростішим виразом:

$$\delta = a_1 - b_1 \frac{l_k}{l_1}, \quad (5)$$

де  $a_1$  і  $b_1$  – постійні величини.

Для тягової мережі ТП достатнє наближення виходить при  $a_1 = 1,61$  і  $b_1 = 1,38$ . Очевидно, обчислення за формулами (4) і (5) повинні здійснюватися методом послідовних наближень. Спочатку задають довільне значення  $l_k = l'_k$ , підставляють його у формулу (4) і обчислюють значення  $l_k = l''_k$ . Якщо воно не співпало з прийнятим спочатку ( $l''_k = l'_k$ ), то значення  $l_k = l''_k$  підставляють у формулу (5), обчислюють нове значення  $\delta$  і за формулою (13.20) знаходять уточнене значення  $l_k = l'''_k$ . Якщо  $l'''_k = l''_k$  то процес повторюється знову. У більшості випадків вистачає 3-4 наближень. Структурна схема пристрою, що реалізує метод 1, приведена на рис. 3. Джерелами інформації є трансформатори напруги  $TV$ , трансформатори струму фідера першої колії  $TA1$  і фідера другої колії  $TA2$ . У блоках 3, 4 і 9 (вони зветься задатчиками) формуються вихідні



сигнали, що несуть постійну інформацію про схему живлення і її параметрів. Вихідний сигнал  $A_3$  датчика 3 пропорційний питомому опоріві  $x_{21} - x_{-1,2} = x'_{p,2}$ . Вихідний сигнал  $A_4$  датчика 4 пропорційний питомому опоріві  $x_{-1,2}$ , а вихідний сигнал датчика 9 пропорційний відстані  $l_1$  до поста секціонування. На вході функціонального блоку 1 подаються сигнали, пропорційні  $U_A$ ,  $I_A$  і  $\delta$ , а на його виході формується сигнал пропорційний  $\sin(\varphi_1 - \delta)$ . На виході суматора 2 формується сигнал, пропорційний струмові  $I_A = I'_{11} + I_{12}$ , а на виході множника 5 одержують сигнал, пропорційний  $|I'_{11} + I_{12}| x'_{p,2}$ . На вході обчислювального пристрою 7 надходять сигнали, пропорційні  $U_A$ ,  $\sin(\varphi_1 - \delta)$ ,  $I'_{11} x_{-1,2}$  і  $|I'_{11} + I_{12}| x'_{p,2}$ , а на його виході з'являється сигнал, пропорційний  $l_k$  обчислюється за формулою (4). Цей сигнал надходить у реєструючий пристрій 8 і на один із входів функціонального перетворювача 10, на другий вхід якого подається сигнал від датчика 9. На виході функціонального перетворювача 10 формується сигнал, пропорційний куту  $\delta$  обчислюється по формулі (5). Канал між виходом перетворювача 10 і одним із входів функціонального перетворювача 1 здійснює зворотний зв'язок, завдяки якому автоматично виконуються операції методу послідовного наближення (методу ітерацій).

Похибка методу 1 не перевищує, як правило, 200-300 м.

**Метод 2.** Метод побудований на порівнянні струмів фідерів першої і другої колії, і тому не може застосовуватися на одноколіїних ділянках. Однак точність його можна зробити вище, ніж у попереднього методу.

Визначимо падіння напруги між місцями  $a$  і  $c$  схеми заміщення (рис. 2, б). Воно дорівнює падінню напруги на опорі  $Z_{12}$  і дорівнює  $I_{12} Z_{12}$ . Те ж саме падіння напруги можна знайти, розглянувши коло між  $a$ ,  $K$  і  $c$ :  $I'_{11}$ ,  $Z'_{11} - I''_{11} Z''_{11}$ . Оскільки ці спадання напруги знайдені між тими самими місцями  $a$  і  $c$ , очевидно:

$$I_{12} Z_{12} = I'_{11} Z'_{11} - I''_{11} Z''_{11}. \quad (6)$$

Підставивши сюди значення  $Z'_{11}$  і  $Z_{12}$  з виразів (1) і, скоротивши праву і ліву частини на  $z_{-1,2}$  одержуємо:

$$l_k = \frac{I_{12} + I''_{11}}{I'_{11} + I''_{11}} l_1, \quad (7)$$

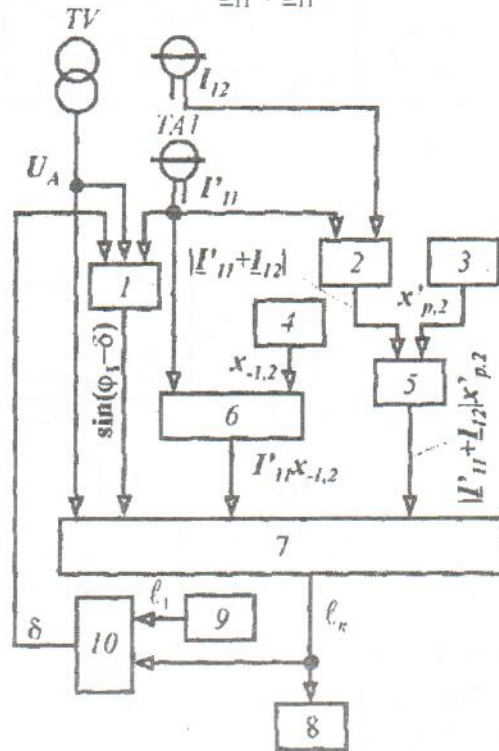


Рис. 3. Структурна схема пристрою ВМП по методу 1

На підставі 1-го закону Кірхгофа маємо:

$$I_A = I'_{11} + I_{12} \quad I_B = I''_{11} - I_{12}. \quad (8)$$

Використовуючи вираз (8) і маючи на увазі, що  $I'_{11} + I''_{11} = I_A + I_B$  одержимо замість (7):

$$l_k = (1 - (2I'_{11} - I_A) / (I_A + I_B)) l_1. \quad (9)$$

Оскільки у формулу (9) не входять ні опори тягової мережі, що через шунтуючий вплив землі змінюються в залежності від відстані К.З., ні перехідний опір, значення якого взагалі невідомо, то обчислення за нею має високу точність. Однак для її реалізації необхідно вимірювати вектори струмів одночасно на суміжних підстанціях і передавати каналами телемеханіки в обчислювальний пристрій не тільки значення модулів цих струмів, але і їхні фазові кути, виміряні щодо однієї і тієї ж базової осі. Існуючі системи вимірів і телемеханіки цього виконати не можуть.

У спрощеному вигляді зразкове значення  $l_k$  можна обчислити за формулою:  $l_k = ((1 - (2I'_{11} - I_A) / (c(I_A + I_B)))) l_1$  (10) відмінність якої від формули (9) полягає в тому, що замість комплексних величин



струмів використовуються їхні модулі, а похибка, що виникає при цьому частково компенсується коефіцієнтом  $c$ . Значення цього коефіцієнта в першому наближенні можна знайти за емпіричною формулою:

$$c = a_2 + b_2 \frac{l_k}{l_1} \quad (11)$$

Для звичайної тягової мережі можна приймати  $a_2 = 0,994$ ,  $b_2 = 0,006$ . Розрахунок за формулами (10) і (11) вимагає застосування методу послідовних наближень. Похибка такого спрощеного варіанту не перевищує, як правило, 400-500 м. Його незручність полягає в необхідності одночасного виміру ПАР на суміжних підстанціях і передачі даних для обчислення  $l_k$  каналами телемеханіки.

Розроблено варіант цього методу, при якому вимір ПАР і обчислення  $l_k$  здійснюється на тій підстанції, де встановлений пристрій ВМП. Представимо формулу (9) у виді:

$$l_k = \left( (1 - (2I_{11} - I_A) / (I_A \underline{D})) \right) l_1, \quad \underline{D} = 1 + I_B / I_A \quad (12)$$

Комплексна величина  $\underline{D}$  може бути представлена у вигляді  $\underline{D} = D e^{j\delta}$  де  $D$  – модуль,  $\delta$  – аргумент цієї величини. Якщо прийняти умову, що фазові кути струмів  $I_{11}$  і  $I_A$  однакові (їхня різниця, як вказувалося, не перевищує 2-3 градусів), а та-

кож вважати, що напруги холостого ходу суміжних підстанцій рівні, то в результаті досить громіздких перетворень формула (12) може бути приведена до виду:

$$l_k = (1 - g\Delta) l_1, \quad (13)$$

у якій значення параметрів  $g$  і  $\Delta$  відповідно рівні:

$$g = \frac{2I'_{11}}{|I_{11} + I_{12}|} - 1, \quad \Delta = \frac{\cos \delta}{D} \quad (14)$$

Параметр  $g$  легко може бути визначений на підставі вимірів струмів вторинних обмоток вимірювальних трансформаторів струму фідерів контактної мережі першої та другої колії на тяговій підстанції, де встановлений пристрій ВМП. Параметр  $\Delta$  залежить від параметрів схеми заміщення  $X_n, X_n, r_{22}, x_{22}$ , а також від відстаней  $l_1, l_2, l_k$  (рис. 2). Ця залежність може бути представлена в алгебраїчній формі, у якій єдиною невідомою величиною є  $l_k$ . Оскільки параметр  $\Delta$  входить у вираз (13) при заздалегідь невідомому  $l_k$ , те обчислення варто виконувати методом послідовних наближень.

Структурна схема пристрою ВМП приведена на рис. 4.

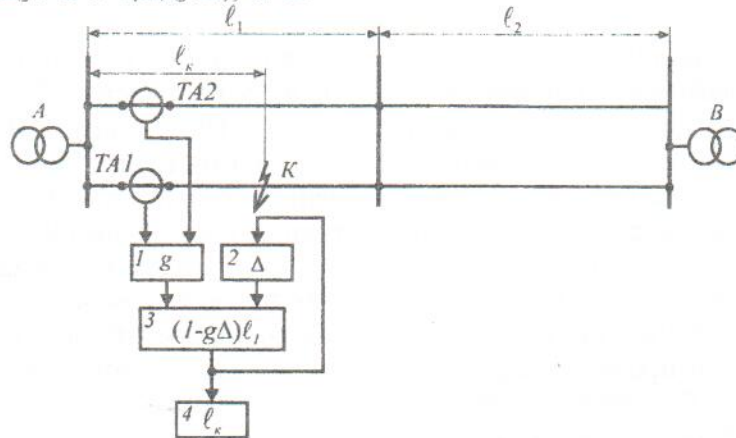


Рис. 4. Структурна схема пристрою ВМП по методу 2

Пристрій на підстанції  $A$  підключено до трансформаторів струму  $TA1, TA2$  фідерів контактної мережі, відповідно першої та другої колії. Блок 1 обчислює значення  $g$ , а блок 2 обчислює значення  $\Delta$  відповідно за формулами (14). Ці дані надходять у блок 3, у якому обчислюється значення  $l_k$  у формулі (13). Отримане значення фіксується в реєстраторі 4. Одноча-

сне значення  $l_k$  з виходу блоку 3 подається на вхід блоку 2 у вигляді зворотного зв'язку. Коли в реєстраторі 4 значення  $l_k$  перестає змінюватися, то це означає, що процес ітерацій (послідовних наближень, адаптацій) закінчився й встановилося розрахункове значення  $l_k$ .

Похибка методу при однакових напругах холостого ходу суміжних підстан-



цій не перевищує 100 м. Якщо ж ці напруги відрізняються на 5%, то похибка може зрости до 300 м.

Існують й інші методи дистанційного ВМП на ПЛ (наприклад: локаційні, хвильові та ін.), але вони не отримали широкого практичного застосування в експлуатації.

Практичне поширення отримали методи, що базуються на контролі параметрів аварійного режиму (ПАР) – значень струмів і напруг під час замикання та їх послідовностей.

Дистанційні методи на основі виміру значень ПАР з двох боків ПЛ базуються на фіксації у момент КЗ струмів та напруг на усіх кінцях лінії, за допомогою фіксуючих пристроїв, з наступним розрахунком відстані до місця КЗ (з використанням засобів обчислювальної техніки).

Дистанційні методи на основі одностороннього виміру використовують фіксацію або опору пошкодженої ділянки ПЛ, або одного з ПАР (струму чи напруги). Під час фіксації реактивного опору покази пристрою безпосередньо відповідають відстані до місця КЗ у кілометрах. У випадку виміру тільки струму чи напруги потрібно додатково проводити розрахунок відстані до місця КЗ, який не виключає впливу перехідного опору в місці пошкодження.

Серед топографічних стаціонарних методів ВМП найбільше поширення отримали вказівники пошкодженої ділянки. Інші стаціонарні методи не знайшли практичного застосування в експлуатації.

Топографічні переносні пристрої для пошуку місць однофазних замикань на землю дозволяють визначити пошкоджену лінію, відгалуження і місце пошкодження шляхом проведення ряду послідовних вимірів. Додатково до переносних пристроїв можуть застосовуватись пристрої селективної сигналізації приєднання із замиканням на землю.

Як бачимо, для досягнення поставленої мети необхідно використовувати такі системи, які б своєю конфігурацією та програмним забезпеченням дозволяли б створювати досить гнучкі апаратно-програмні комплекси як для діагностування електрообладнання, так і для аналізу процесів, що виникають в них. На на-

шу думку, для цієї задачі найбільш вдалим було б поєднання інтегрованих та інтелектуальних систем в єдиній конфігураційній структурі. Тоді при відповідному програмному оснащенні поставлена мета може бути найбільш близькою до завершення.

Застосування інтелектуальних методів і використання комп'ютерного аналізу на ЕЕО є найбільш перспективним застосуванням в області нових рішень, таких як виявлення й оцінка аварійної ситуації, релейний захист, діагностування устаткування.

З переходом залізниці із рангу споживача в ранг постачальника змінилися вимоги до обсягу інформації, що передається; інтервалом часу; системі передачі; контролю граничних величин потужності в часи максимуму [6]. Безліч проблем використання даних, прив'язка до єдиного часу, уведення нових правил і придбання нових знань, організація дослідів, а також розвиток інтелектуальних систем у даний час стають особливо актуальними.

#### Список літератури

1. Б. С. Стогний (отв. ред.) и др. Автоматизация и релейная защита в энергосистемах. – К.: Ин-т электродинамики НАН Украины, 1998. – 217 с.
2. Стогний Б. С., Кириленко А. В. Теоретические основы построения микропроцессорных систем в электроэнергетике; АН Украины. Ин-т электродинамики. – К.: Наук.думка, 1992. – 320 с.
3. Повітряні лінії електропередачі напругою 6-750 кВ/ Міністерство енергетики та електрифікації, Київ, 1996.
4. Петров И. П. Адаптивные методы определения места повреждения в тяговой сети переменного тока и их исследование – Дис. канд. техн. наук. – Ростов н/Д: Ростов. гос. ун-т путей сообщения, 1999. – 231 с.
5. Фигурнов Е. П. Сопротивление электротяговой сети однофазного переменного тока. Электричество, 1997. – №5. – С. 23-29.
6. Москаленко О.В. Дослід використання автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії та мінімізації її вартості // Тези доповідей другої науково-практичної конференції, ч. 1. – К.: Мін. транспорту та зв'язку України, 2004. – С. 183-185.