

Степан Білан
Ірина Воронко

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ «РЕГІНА»
НА ОСНОВІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ**

В даній статті запропоновано математичний метод ідентифікації аварії в реальному масштабі часу по формі зображення гармонічного сигналу, що підлягає аналізу і був зареєстрований за допомогою інформаційно-діагностичного комплексу «Регіна».

В данной статье предложен математический метод идентификации аварии в реальном масштабе времени по форме изображения гармонического сигнала, подлежащего анализу, и был зарегистрирован с помощью информационно-диагностического комплекса «Регина».

In this article proposes a mathematical method for identifying accident in real time in by form of the harmonic signal what was analyzed and was registered through information-diagnostic complex «Regina».

Ключові слова: інформаційно-діагностичний комплекс, ідентифікація, аварія, електрична мережа, множина аварій.

Актуальність. Ідентифікація аварійних ситуацій є необхідною умовою ефективного управління електроенергетичними системами (ЕЕС). Для цього, в електричних мережах, необхідною є інформація про параметри гармонічних сигналів: амплітуду, період, частоту, фазу, а також їх зміни у часі. Існуючі системи ідентифікації аварійних ситуацій найчастіше реалізують інформаційну технологію, використовуючи дані цифрових реєстраторів. Для забезпечення моніторингу параметрів електричних мереж в реальному масштабі часу на сьогоднішній день, в Україні, в основному застосовують вітчизняний цифровий реєстратор – інформаційно-діагностичний комплекс (ІДК) «Регіна» [1, 2].

Робоче вікно програмного забезпечення ІДК «Регіна» для контролю за аваріями подано на рис. 1. Вигляд сигналів, числові значення їх параметрів та місце пошкодження виводяться на екран монітора робочого місця диспетчера та запам'ятовуються системою. ІДК не здійснює ідентифікації аварії, тобто не встановлює тип аварії за певною класифікацією, а лише реєструє її.

Необхідність поєднання даних від різних реєстраторів та інших пристроїв, в яких є інформаційні блоки для фіксації аварій, обробки значних обсягів інформації та її синхронізації істотно ускладнює задачу ідентифікації аварійної ситуації, що призвело до появи нових методів ідентифікації. За останні десятиліття значного розвитку отримали математичні методи ідентифікації [3-5], що використовують як вихідні, так зване «зображення» об'єкта або події.

© Білан С. М., Воронко І. О., 2012

Актуальною задачею є розробка методів ідентифікації аварії за формою гармонічних сигналів в енергетичних системах, на основі сучасних методів ідентифікації зображень.

У статті запропоновано модель ідентифікації аварії в реальному масштабі часу по формі зображення гармонічного сигналу, що підлягає аналізу, і був зареєстрований за допомогою ІДК «Регіна».

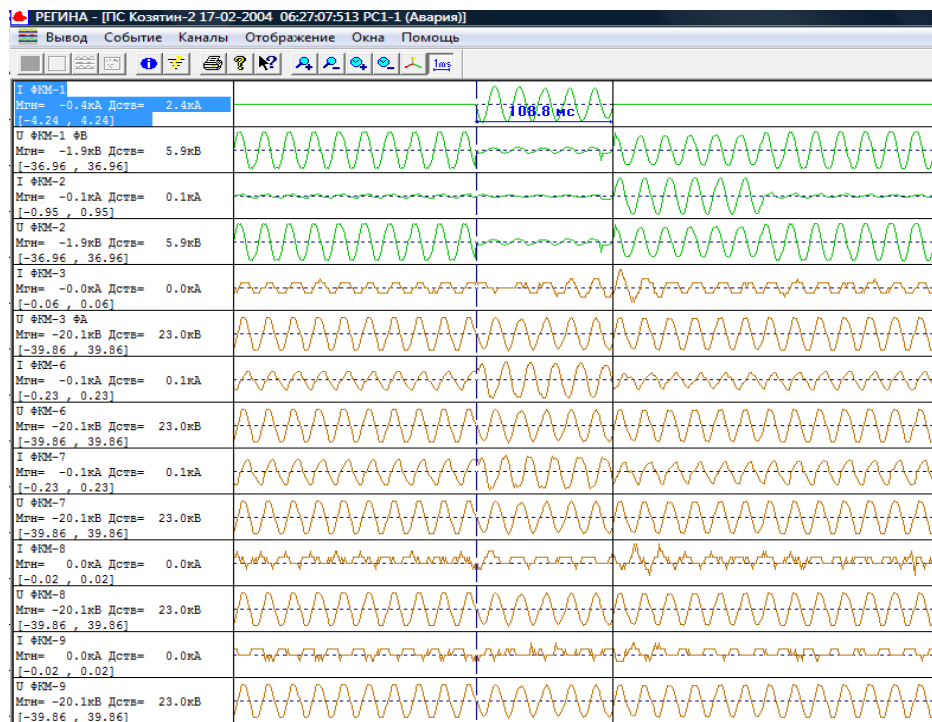


Рис. 1. Робоче вікно програмного забезпечення ІДК «Регіна» при реєстрації штатної і нештатної ситуації

Постановка задачі. Для ідентифікації аварії, що виникла і була зареєстрована системою «Регіна», прийmemo такі позначення :

$A = \{A_i\}$ – множина аварій, які можуть виникнути в системі; A_p – множина аварій, які відбулись і були сприйняті системою (система навчена аваріям, що відбулися); A_n – множина аварій, які не відбулися (аварії, які не були сприйняті системою).

Виходячи з даних позначень, множина аварій, які можуть виникнути в системі [3, 4]:

$$A = A_p \cup A_n \quad (1)$$

Аварії, які належать до множини A_p , при повторному виникненні ідентифікуються системою. Множина аварій A_n також може бути розпізнана системою, якщо їх характеристики наперед відомі.

Таким чином, задачею даної роботи є розробка методу ідентифікації аварій, що реєструються ІДК «Регіна» по зареєстрованих параметрах їх аналогових сигналів в реальному часі.

Математична модель процесу ідентифікації аварій

Кожна аварія A_i подається множиною сигналів або множиною змінних у часі величин, тобто:

$$A_i = \{u_j^i(t)\}, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

де T – тривалість аварійної події, або значної зміни аналогового сигналу; $u_j^i(t)$ – амплітуда аналогового j -го сигналу i -ї аварії у момент часу t ; j – індекс, який визначає кількість сигналів, що характеризують аварію.

Аналоговим сигналом може бути величина напруги, сила струму, частота, фаза тощо. Отже,

$$u_j^i(t) = \{u_j^i(t_1), u_j^i(t_2), \dots, u_j^i(T)\}, \quad (3)$$

де $u_j^i(t)$ – значення, яке отримується в момент часу t . При цьому, всі $u_j^i(t)$ також розбиваються на множини значень по часу:

$$u_k(t) = \{u_j(t_k)\}, \quad (4)$$

де $u_j(t_k)$ – значення, яке отримано при оцінці j -го сигналу у момент часу t_k . Тобто кожному аварію можна подати, як:

$$A_i = \bigcup_k u_k(t). \quad (5)$$

Більш наглядно кожному аварію A_i можна представити у матричній формі:

$$A_i = \begin{bmatrix} u_1^i(t_1) & u_1^i(t_2) & \dots & u_1^i(T) \\ u_2^i(t_1) & u_2^i(t_2) & \dots & u_2^i(T) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ u_j^i(t_1) & u_j^i(t_2) & \dots & u_j^i(T) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Матриця (6) дає повний опис аварії, яка виникає в мережі і зафіксована системою «Регіна».

Вся сукупність можливих аварій (1) характеризується змінами аналогових сигналів. При цьому багато аварій з (1), характеризуються однаковими підмножинами сигналів у (2). З цього приводу процес ідентифікації аварії можна скоротити за рахунок виділення загальних ознак. Для зменшення часу на ідентифікацію визначається загальна множина параметрів для всіх аварій згідно з виразом:

$$A_s = \bigcap_i A_i. \quad (7)$$

Якщо $A_s = \{\emptyset\}$, то проводиться пошук аварій, які мають спільні параметри за якими визначається група аварій для подальшої ідентифікації. Але на практиці неможливо описати всі аварії A_n . Тому описуються аварії множини A_p , а система послідовно навчається з настанням нової аварії. Згідно з даними умовами та судженнями загальна множина параметрів, яка визначається, залежить від часу

$$A_s(t+1) = A(t+1) \cap A_s(t), \quad (8)$$

де $A(t+1)$ – множина параметрів нової аварії, що надійшла у момент часу $(t+1)$; $A_s(t)$ – множина, отримана в результаті перетину (7) на момент часу t .

$$A_s(t+1) \leq A_s(t). \quad (9)$$

Якщо

$$A_s(t+1) = \{\emptyset\}, \quad (10)$$

то

$$A_s(t+2) = A(t+2) \cap A_s(t). \quad (11)$$

Множина $A_s(t)$ переводиться до групи аварії, параметри яких не належать до отриманої множини $A_s(t+2)$.

Процес визначення множини параметрів A_s проводиться постійно з надходженням кожної нової аварії. Отже, формується перша множина $A_s^1(t)$ отримана шляхом перетину множин параметрів аварій, що відбулися.

Друга множина перетину починає формуватись з виявлення множини $A(t+1)$, при якій виконується (10). Починається процес пошуку аварій, множини параметрів яких дають не пустий перетин з даною множиною. Процес формування множини $A_s^2(t)$, як і множини $A_s^1(1)$, триває постійно.

З надходженням аварії $A_1(t)$, при якій виконуються такі співвідношення:

$$\begin{cases} A_1(t) \cap A_s^1(t) = \{\emptyset\} \\ A_1(t) \cap A_s^2(t) = \{\emptyset\} \end{cases} \quad (12)$$

починає формуватись нова загальна множина шляхом визначення перетинів з іншими множинами параметрів аварій, що відбулися.

Таким чином, при ідентифікації в реальному часі, постійно формується множина:

$$A_s^z(t) = \{A_s^1(t)\} \quad (13)$$

Всі елементи множини (13) змінюються в часі і процес зміни відбувається з надходженням нової аварії, яка ще не відбувалася за весь час роботи системи.

Для прискорення процесу ідентифікації проводиться розподіл елементів множини $A_s^z(t)$ по кількості охоплених аварій, які закріплюються за ними. З надходженням аналогових сигналів, які свідчать про аварію, що відбуваються вперше, формується множина параметрів для подальшого порівняння з елементами множини $A_s^z(t)$. При цьому, елементи даної множини (13) розташовуються у послідовність в порядку спадання кількості елементів множини.

$$A_s^1(t) > A_s^2(t) > \dots > A_s^n(t) \quad (14)$$

Отже, з початку порівнюється перша множина, шляхом визначення перетину і відповідно належності аварії до існуючих:

$$A_1(t+1) = \begin{cases} 1, \text{ при } A_1(t+1) \cap A_s^1(t) = A_s^1(t) \\ 0, \text{ в інших випадках} \end{cases} \quad (15)$$

Одиниця вказує на те, що $A_1(t+1)$ належить до групи аварій, які формують $A_s^1(t)$, нуль вказує на необхідність порівняння з наступною множиною $A_s^2(t)$. Таким чином, визначення групи, до якої належить аварія, яка відбулася, здійснюється формуванням множини:

$$A_1(t+1) \in \begin{cases} A_s^k(t), \text{ при } A_1(t+1) \cap A_s^k(t) = A_s^k(t) \\ 0, \text{ в інших випадках} \end{cases} \quad (16)$$

де k – вказує на k -ту групу аварій, перетин множин яких дає $A_s^k(t)$.

Для ідентифікації аварії у кожній множині виділяється мінімальний базис параметрів якого достатньо для ідентифікації.

Процес ідентифікації подано на рис. 2 множинною діаграмою [6, 7], яка ілюструє перетин множин.

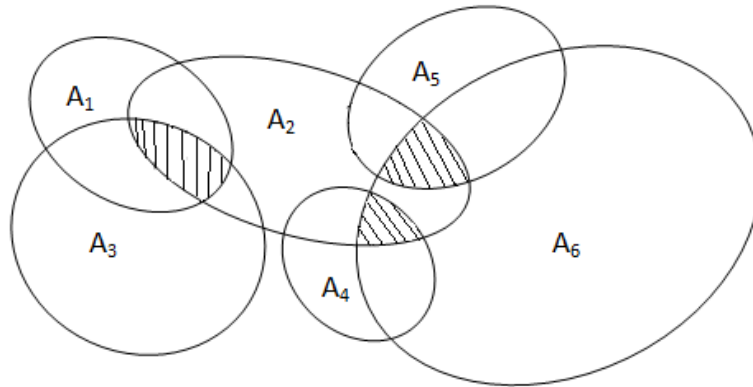


Рис. 2. Діаграма прикладу подання аварії моделлю (12)

Для детальнішого подання процесу ідентифікації побудовано таблицю 1 для десяти аварій, що відбулись.

Таблиця 1. Процес ідентифікації для десяти аварій, які відбулися

№ аварії	Параметри										1 група	2 група	і-та група	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
A1	■	▨				▩	▩					x		
A2	■	▨											x	
A3				▨	▨						■	x	x	
A4							▩				■			x
A5	▨						▩						x	x
A6	▨									▨			x	
A7										▨			x	
A8										▨				x
A9						▩	▩					x		
A10						▩	▩					x		

Алгоритм ідентифікації аварій (рис. 3) складається з таких етапів:

1. Виявлення зміни аналогового сигналу на вході системи та наявності аварії.
2. Формування множини параметрів, що характеризують аварію згідно з (6).
3. Виявлення групи аварій, до яких належить $A_1(t)$. Визначення:

$$A_1(t+1) \cap A_2^k(t) = A_2^k(t).$$

Шляхом послідовного порівняння (визначення перетину) здійснюють пошук множини, яка залишається в результаті порівняння.

4. Порівняння множини параметрів аварій з кожною множиною виділеної групи та пошук співпадання найбільшої кількості параметрів у групі.

5. Визначення достатньої кількості параметрів, які ідентифікують аварію.

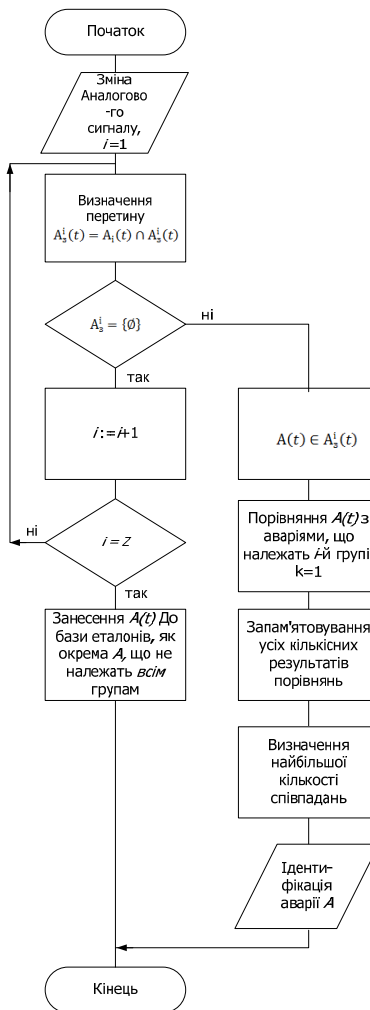


Рис. 3. Алгоритм ідентифікації аварій, де z – кількість аварій, що відбулися

Висновки. Запропоновано модель ідентифікації аварії в реальному масштабі часу в формі зображення гармонічного сигналу, що підлягає аналізу і був зареєстрований за допомогою ІДК «Регіна». Розроблено алгоритм ідентифікації аварії за допомогою апарату теорії множин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Информационно-диагностический комплекс «Регина» // Проспект МЧП «Анигер». – Киев, 2008.
2. Стогній Б. С., Сопель М. Ф. Інформаційно-діагностичний комплекс «Регіна» // Новини енергетики. – 2000. – №10. – С. 44–47.
3. Белан С. Н., Моторнюк Р. Л. Системы наблюдения за подвижными объектами железнодорожного транспорта в реальном времени на основе клеточных технологий // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті». – Т. 1. – 2011. – С. 231–233.
4. Білан С. М., Моторнюк Р. Л. Спосіб ідентифікації рухомих об'єктів // Патент України на корисну модель № 61493. – Бюл. №14 від 25.07.11 р.
5. Білан С. М., Моторнюк Р. Л. Система супроводження рухомих об'єктів у реальному часі на основі клітинних технологій// Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». – Вип.18. – 2011. – С. 5 – 13.
6. Александров П. С. Введение в теорию множеств и общую топологию. – М.: Наука, 1977. – 368 с.
7. Капітонова Ю. В., Кривий С. Л., Летичевський О. А., Луцький Г. М., Печурін М. К. Основи дискретної математики. – К.: Наукова думка, 2001. – 579 с.