

Г. М. Лисяк¹
І. І. Островка¹
І. О. Сабадаш¹

РОЗПІЗНАВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

Наведені результати досліджень струмів ліній електропередач мережі 10 кВ за різних видів аварійних ситуацій, а також ситуацій подібних до них.

Ключові слова: розпізнавання, ідентифікація, трифазне коротке замикання, двофазне коротке замикання, накид навантаження, самозапуск двигунів.

Вступ

Мікропроцесорна елементна база розвивається надзвичайно швидко. Тому істотно, що вона все ширше використовується в пристроях і системах релейного захисту та автоматики. Виконані на мікропроцесорній елементній базі пристрої мають низку загальновідомих суттєвих переваг. На жаль абсолютна більшість сучасних мікропроцесорних пристроїв і систем, як алгоритми функціонування використовують надійні, тисячократно використовувані і давно відомі принципи.

Однак, на думку авторів, можливості мікропроцесорних пристроїв можуть бути суттєво кращими за рахунок використання лише їм притаманних особливостей. Основною особливістю мікропроцесорної елементної бази у порівнянні з електромеханічною є надзвичайно проста реалізація запам'ятовування інформації. Ця особливість дала можливість створити цілі серії різноманітних реєстраторів, відображати на моніторах та різних табло поточну інформацію, фіксувати, а потім аналізувати різні ситуації, координати процесів і режимів. Захисти, як правило, аналізують співвідношення поточного діючого значення координат режиму з допустимим, що задається «уставкою» і у разі її перевищення роблять висновок про аварію в мережі.

Надзвичайно простий спосіб запам'ятовування інформації наштовхує на думку, що виявлення аварійних ситуацій можна здійснювати, порівнюючи поточні миттєві значення координат режиму з миттєвими значеннями цієї ж координати на попередньому періоді. Це порівняння можна робити різними способами — відніманням, діленням і т. п. Але у всіх випадках в результаті отримуємо деяку залежність. *Метою роботи є* отримання такої залежності, яка б однозначно ідентифікувала певний вид аварії на лінії електропередавання (ЛЕП).

Такий спосіб виявлення аварійної ситуації має суттєві переваги. У цьому випадку відсутнє поняття «уставка», бо пристрій реагує на деяке відносне, а не абсолютне значення, яке залежить від конфігурації мережі і параметрів її елементів. Для зменшення пошкодження електроустановок необхідно, якнайшвидше виявити пошкоджений елемент та відключити його від мережі пристроями релейного захисту (РЗ) [1]. Вважаємо, що визначення аварійних ситуацій запропонованим способом буде здійснюватися швидше, ніж у випадку порівняння діючого значення координати з «уставкою», бо діюче значення визначається за період промислової частоти.

Ставлячи перед собою мету виявляти аварійний режим не за загальноприйнятими правилами — порівнюючи величину координати з допустимим значенням, — потрібно бути свідомим усієї складності поставленої задачі. Справа в тім, що в електричній мережі часто виникають режими і процеси, цифрограми координат яких є подібними, а самі режими є нормальними експлуатаційними. Наприклад, процеси за накиду навантаження і трифазного короткого замикання (КЗ), чи процеси самозапуску потужних двигунів і трифазного КЗ і т. п.

Заслуговує на увагу, що для розв'язання задачі розпізнавання режиму доцільно використовувати кореляційні функції, які би дозволяли однозначно відрізнити аварійні процеси та режими від нормальних.

Означені перспективні захисти простіше було б реалізувати, використовуючи як джерела інфор-

мації не тільки струми, а й напруги. Очевидно, що використовуючи струми і напруги, легше було б встановити залежності, що свідчать про аварійну ситуацію, ніж аналізуючи значення тільки струмів. Крім того, у випадку успішного розв'язання поставленої задачі, заміна захистів не викликала би необхідності проведення додаткових робіт, пов'язаних з підведенням напругових кіл. В таких захистах часто бувають збої функціонування через несправності в напругових колах, що в свою чергу вимагає ускладнення захистів через необхідність резервування чи постійний контроль напругових кіл. Але автори зупинились на так званих «струмових» захистах через їх простоту та необхідність.

Аналіз аварійних ситуацій ліній електропередавання

Ефективним методом дослідження є цифрове моделювання. Воно забезпечує всебічний аналіз створеної моделі, можливість швидкої зміни параметрів моделі, моделювання різноманітних процесів та отримання достовірних результатів. Тому для дослідження аварійних ситуацій в ЛЕП, було здійснено їх цифрове моделювання на основі моделі кабельної електромережі 10 кВ, в програмному комплексі RE [2] (рис. 1).

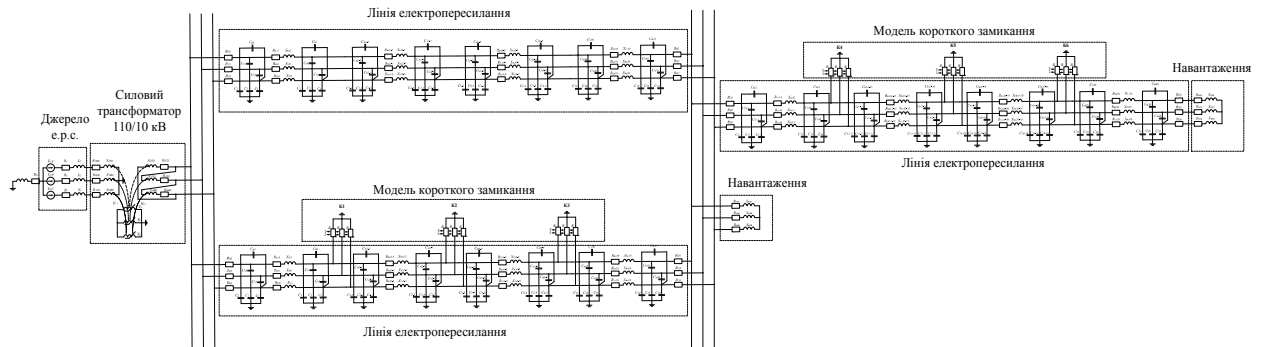


Рис. 1. Заступна схема електромережі для моделювання накиду навантаження та КЗ в програмному комплексі RE

Ця модель відтворює електромережу 10 кВ, в яку входять джерело е. р. с., силовий трансформатор 110/10 кВ, лінії електропередавання та навантаження (електродвигуни). Для моделювання короткого замикання (КЗ) використано шунти (в залежності від виду КЗ).

Ця схема мережі є характерною тим, що є можливість здійснити весь комплекс дослідів: трифазне КЗ, двофазне КЗ, накид навантаження та самозапуск двигунів. В останньому варіанті друга частина схеми замінюється групою двигунів (рис. 2).

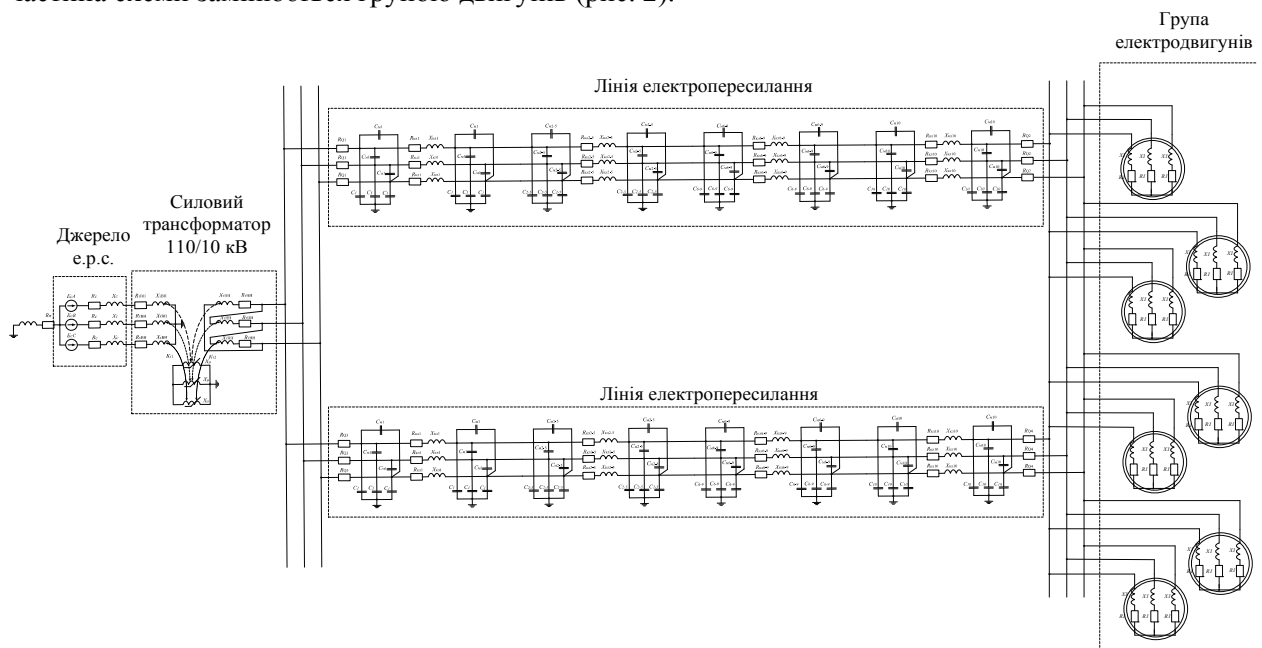


Рис. 2. Заступна схема електромережі для моделювання самозапуску групи двигунів в програмному комплексі RE

Дослід моделювання накиду навантаження здійснюється шляхом вимкнення однієї з двох паралельно працюючих ліній (див. рис. 1).

На рис. 3 показані цифрограми струмів, отримані шляхом моделювання процесів електричної мережі, схеми яких показані на рис. 1 та рис. 2 в режимах: а) трифазне КЗ; б) двофазне КЗ; в) накид навантаження; г) самозапуск групи двигунів.

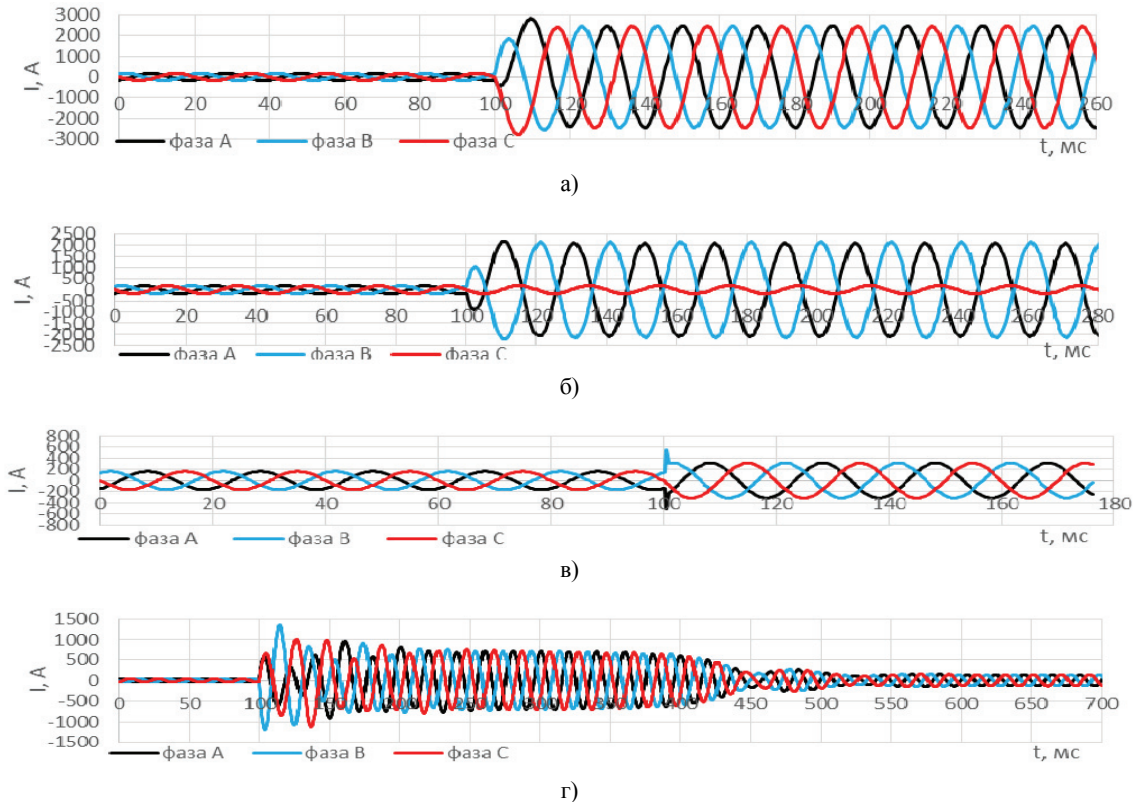


Рис. 3. Цифрограми струмів фаз за:

а — трифазного КЗ; б — двофазного КЗ; в — накиду навантаження; г — самозапуску групи двигунів

На думку авторів найважчими режимами, з точки зору їх розпізнавання, є режими трифазного КЗ, накиду навантаження та самозапуску потужних двигунів. Ці режими подібні, оскільки, характеризуються одночасним значним збільшенням струмів.

В [3] здійснено порівняння струмів двох режимів — трифазного КЗ та накиду навантаження. До координат цих двох режимів застосовано різницево-модульний метод їх ідентифікації. Порівнюючи результати застосованого різницево-модульного методу, можна зробити висновок [3], що розпізнати режим трифазного КЗ від накиду навантаження можна за півперіоду промислової частоти. Однак метод не дозволяє чітко відрізнити трифазне КЗ від самозапуску двигунів.

Для підвищення можливості розпізнавання образів сигналів авторами запропоновано метод інтегрального обчислення результатів різницево-модульного методу $H(t)$ [3]. Крок дискретизації, в обчисленнях взято таким самим, як крок інтегрування, який в нашому випадку взято 60 точок на період.

Вираз обчислення інтеграла $\Delta I(t)$

$$\Delta I(t) = \int_j^{\frac{\pi}{30}+j} H(t) dt, \quad (1)$$

де $j = n \cdot \frac{\pi}{30}$, $n = 0, 1, 2, \dots$; $H(t)$ — різницево-модульна функція миттєвих значень струму [3].

На рис. 4а показані інтегральні характеристики модульних різниць миттєвих значень струмів поточного та попереднього періодів у випадку трифазного КЗ, самозапуску двигунів та накиду навантаження і аналогічні характеристики для квадратів модульних різниць миттєвих значень струмів (рис. 4б).

На рис. 4в показані інтегральні характеристики модульних різниць миттєвих значень струмів поточного і попереднього періодів для випадків трифазного к. з. в різних місцях їх виникнення, а на рис. 4г — аналогічні характеристики для квадратів модульних різниць миттєвих значень струмів.

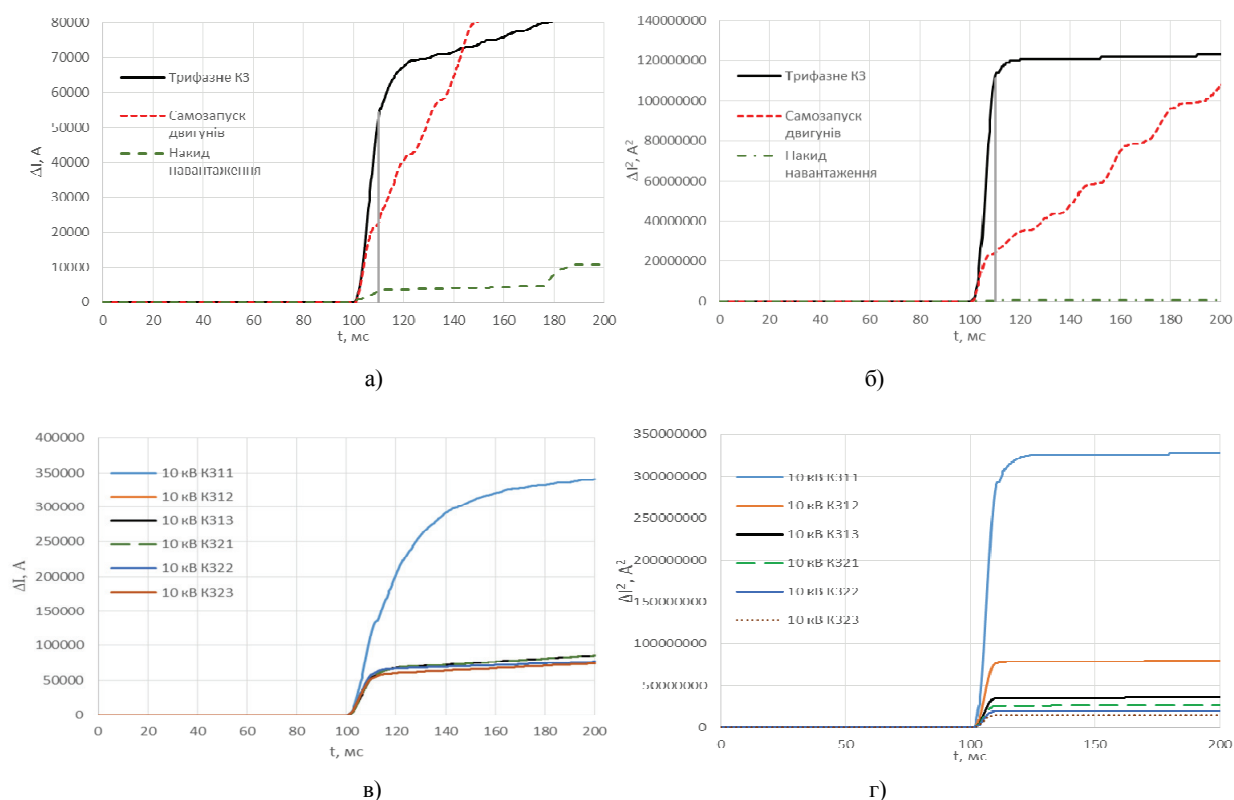


Рис. 4. Залежність інтеграла модульних різниць струму фази А від часу за:
 а, б — різних режимів; в, г — місцем виникнення трифазного КЗ

З наведених рисунків видно, що характеристики на рис. 4б, г у порівнянні з рис. 4а, в мають чіткіші профілі і значно легше можуть бути представлені аналітично.

Слід відмітити, що вже після першого періоду можна судити про те, який з режимів відноситься до аварійних, а який ні. Оскільки швидка лінійна зміна квадрату модульних різниць миттєвих значень струму відбувається за перший півперіод, то є можливість розпізнати аварійний режим навіть за перший півперіод промислової частоти. Ознакою для розпізнавання аварійних режимів може бути швидкість наростання, амплітуда та кут нахилу інтегральної характеристики.

Висновки

1. Застосування способу визначення інтегральних значень модульної різниці квадратів миттєвих значень координат дозволяє чітко відрізнити аварійний режим від експлуатаційного.
2. Визначення модульних різниць квадратів миттєвих значень координат режимів інтегральним способом дозволяє виявити аварійну ситуацію вже на першому півперіоді промислової частоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Синеглазов В. М. Автоматизоване проектування систем релейного захисту / В. М. Синеглазов, О. І. Варченко, О. П. Барановська // Наукові праці Національного авіаційного університету. — Серія «Електроніка та системи управління». — Київ : Національний авіаційний університет, 2010. — № 2 (24). — С. 158—164. — ISSN 1990-5548.
2. Равлик О. М. Цифровий комплекс для аналізу роботи та проектування пристроїв релейного захисту й автоматики / О. М. Равлик, Т. М. Гречин, В. Й. Іваноньків // Вісник ДУ «ЛП». — Серія «Електроенергетичні та електромеханічні системи». — Львів : ДУ «ЛП», 1997. — № 340. — С. 96—101.
3. Ідентифікація структурованих даних на основі нелінійного квадратично-імпульсного перетворення / [Н. Я. Возна, Т. М. Заведюк, Я. М. Николайчук та ін.] // Теорія прийняття рішень : праці VII Міжнародної школи-семінару. — Ужгород, УжНУ, 2014. — С. 60—61.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 11.11.2015

Лисяк Георгій Миколайович — канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри «Електричні системи та мережі»;

Сабадаш Ігор Олександрович — канд. техн. наук, доцент кафедри «Електричні системи та мережі»;
Островка Іван Іванович — аспірант кафедри «Електричні системи та мережі», e-mail: ostrovka123@gmail.com.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів

G. M. Lysiak¹
I. I. Ostrovka¹
I. O. Sabadash¹

Identification of Emergency Situation of Line Transmission

¹Lviv Polytechnic National University

The results of research of the current of line transmission electric network 10 kV have been presented in the article for different types of emergency situations and situations similar to them.

Keywords: recognize, identification, three-phase short circuit, two-phase short circuit, load surge, self engine.

Lysiak Georgii M. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Head of the Chair of Electrical Systems and Networks;

Sabadash Ihor O. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Electrical Systems and Networks;

Ostrovka Ivan I. — Post-Graduate Student of the Chair of Electrical Systems and Networks, e-mail: ostrovka123@gmail.com

Г. Н. Лысяк¹
И. И. Островка¹
И. О. Сабадаш¹

Распознавание аварийных ситуаций линий электропередачи

¹Национальный университет «Львовская политехника»

В статье приведены результаты исследований токов линий электропередач сети 10 кВ при различных видах аварийных ситуаций, а также ситуаций, подобных им.

Ключевые слова: распознавание, идентификация, трехфазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание, наводка нагрузки, самозапуск двигателей.

Лысяк Георгий Николаевич — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой электрические системы и сети;

Сабадаш Игорь Александрович — канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрические системы и сети»;

Островка Иван Иванович — аспирант кафедры «Электрические системы и сети», e-mail: ostrovka123@gmail.com