

УДК 621.31

В.Г. Рикун, Я.В. Головинов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## АЛГОРИТМИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ПОШКОДЖЕНЬ НА ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

У статті розглядається підвищення рівня експлуатації електричних мереж в цілому, сучасні методи визначення місць пошкодження (ВМП) в них з використанням результатів синхронної реєстрації цифровими осцилографами, які встановлені по кінцях ЛЕП.

**Ключові слова:** електричні мережі, визначення місць пошкодження, лінії електропередач.

### Вступ

Досвід експлуатації систем електропостачання показує, що значна кількість перерв в електропостачанні споживачів відбувається при аварійному відключенні ліній електропередач в результаті їх пошкодження. Для проведення ремонтних робіт спочатку потрібно визначити характер і місце пошкодження на трасі лінії. Від якості виконання цих операцій залежать термін введення лінії в експлуатацію і вартість виконуваних робіт. В цей час для визначення місця пошкодження в лініях електропередач використовують різні методи, в яких застосовують спеціальну вимірювальну апаратуру.

Рекомендації щодо використання методів визначення місця пошкодження повинні базуватися на результатах даних аналізу переваг і недоліків конкретних методів, їх фізичної сутності, а також досвіду експлуатації ліній електропередач.

### Основний розділ

Тенденція концентрації промислового виробництва безпосередньо поблизу до первинних ресурсів виявилася в постійному розвитку електроенергетичних систем і значному зростанню радіальних, розподільних електричних мереж і, як наслідок, до збільшення їх протяжності. Цією обставиною, перш за все, визначається відносна склад-

ність оперативного, швидкого пошуку, усунення аварій ліній електропередач і подальшого відновлення нормальної схеми електропостачання. Дане положення ще більше посилюється через відсутність зручної програмно-технічної бази – до цих пір на більшості енерго-об'єктів місце пошкодження високовольтних повітряних ліній електропередач визначається шляхом свідчень різного роду фіксуючих вимірів.

Сприятливіша ситуація, з точки зору оперативності і локалізації аварій, складається на енергооб'єктах, що мають в своєму складі підсистеми цифрового осцилографування. В цьому випадку вживання чисельних методів і коректного математичного апарату при рішенні задачі визначення місць пошкодження дозволяє отримати сприятливі результати (як правило, похибка складає не більш 2...5%). Проте, методи визначення місць коротких замикань на високовольтних лініях електропередачі мають досить високу долю методичної складової похибки, більшою мірою обумовлену неадекватним обліком розподілу струму в електричній мережі при к.з. (у тому числі, при к.з. через перехідний опір).

В зв'язку з цим з метою підвищення оперативності ліквідації аварій (зниження похибки визначення місць пошкодження) був розроблений і програмно реалізований принципово новий алгоритм процедури визначення місць пошкодження, заснований на використанні результатів двосторонньої реєстрації

параметрів аварійного режиму. Для організації автоматизованої процедури визначення місця к.з. високовольтних ЛЕП на основі двосторонніх методів необхідно до складу підсистеми цифрового осцилографування енергооб'єкту включати пристрої, що здійснюють прив'язку всіх засобів реєстрації до єдиного астрономічного часу. Вказані програмно-технічні засоби автоматизованої процедури визначення місць пошкодження є невід'ємною частиною підсистеми інформаційного обміну між автоматизованими робітниками місцями диспетчерської служби окремо взятого енергооб'єкту, регіонального диспетчерського управління (РДУ) зв'язку.

Розроблений алгоритм "двостороннього" визначення місць пошкодження (ВМП) призначений для визначення пошкодженого приєднання, типу короткого замикання і відстані до місця пошкодження при виникаючих аваріях на лініях електропередачі (ЛЕП) з класами напруги 35 кВ і вище. Відповідно до принципів функціонування алгоритм процедури ВМП можна розбити на етапи, що виконуються автоматично:

1. Читання даних про параметри ЛЕП, охоплених цифровими реєстраторами по її кінцях;
2. Передача всієї необхідної інформації по наявних каналах зв'язку і її концентрація в єдиному диспетчерському пункті;
3. Пошук спільного розрахункового інтервалу осцилограм; при цьому визначається початок аварії і закінчення різного роду перехідних процесів, а також початок і кінець сталого аварійного режиму;
4. Фільтрація, визначення векторів;
5. Визначення пошкодженого приєднання (ЛЕП); для кожної ЛЕП обчислюються симетричні складові фазних струмів;
6. Визначення типу короткого замикання (КЗ) і пошкоджених фаз; виявлення пошкоджених фаз (з врахуванням можливої зміни транспозиції по трасі ЛЕП) здійснюється шляхом перевірки фазових співвідношень між струмами нульової, прямої і зворотної послідовностей, а також порівняльним аналізом амплітудних значень фазних струмів;
7. Визначення місця КЗ на основі даних реєстрації параметрів аварійного режиму по кінцях ЛЕП; відповідно до виявленого вигляду пошкодження виконується пошук місця КЗ для пошкодженої ЛЕП;
8. Визначення місця КЗ на основі даних однобічного виміру.

Процедура визначення місця к.з. за результатами реєстрації параметрів аварійного режиму з обох кінців ЛЕП реалізовано у вигляді інтерактивного програмного забезпечення. Вказане програмне забезпечення дозволяє здійснити:

- автоматичне розпізнавання аварійних ситуацій з врахуванням можливої зміни розташування фаз (транспонування) по трасі ПЛ;
- напівавтоматичний або автоматичний (за фактом виникнення результатів реєстрації) розрахунок;

- розрахунок відстані до місця к.з. з підвищеною точністю за рахунок зниження впливу як методичною, так і інструментальною складових погрішності;
- підвищити оперативність усунення аварій унаслідок швидшого відшукування пошкоджень.

В даний час ведеться пробне використання розробленого алгоритму "двостороннього" ВМП. Для результатів тестування використовуються осцилограми, що надаються з енергооб'єктів, які мають в своєму складі підсистеми цифрового осцилографування. Слід відзначити, що навіть за відсутності GPS-синхронізації засобів реєстрації на електрично-видалених підстанціях (часова синхронізація проводилася програмним способом з погрішністю до 10 мс) визначення місця к.з. відбувається з підвищеною точністю.

Наступний етап у вдосконаленні алгоритмів ВМП може ґрунтуватися на реалізації методів з підтримкою адаптивного математичного опису (моделювання) ЛЕП. Для вирішення вказаних завдань необхідно в першу чергу ввести нормативно-технічну базу – провести повну паспортизацію повітряних ліній за результатами контрольних вимірів параметрів ПЛ по її кінцях для встановлення (уточнення) реальних параметрів ЛЕП. Надалі отримані паспортні дані (параметри) можна буде використовувати в адаптивній моделі ПЛ для виключення інструментальної погрішності вимірювальних трансформаторів напруги і струму.

## Висновки

1. З метою істотного зниження часу ліквідації аварій, а також для підвищення рівня експлуатації електричних мереж в цілому, слід застосовувати сучасні методи ВМП з використанням результатів синхронної (у єдиному масштабі часу) реєстрації цифровими осцилографами, встановлюваних по кінцях ЛЕП.
2. Для більш детальніших досліджень до складу прикладного програмного забезпечення повинна входити процедура ВМП з розширеними можливостями, які дозволяють зробити перерахунок (адаптацію) параметрів електричної мережі.

## Список літератури

1. Аржанников Е.А. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи / Е.А. Аржанников, А.М. Чухин. – М.: НТФ "Энергопресс", 2006. – 153 с.
2. Попов М.Г., Мякушин М.Ю. Определение мест коротких замыканий на высоковольтных линиях электропередач / М.Г. Попов, М.Ю. Мякушин. – М.: Энергетик, 2006. – 578 с.
3. Айзенфельд А.И. Алгоритмические погрешности определения мест повреждения воздушных линий 110-750 кВ. – М.: Электрические станции, 1998. – 98 с.

Надійшла до редколегії 21.06.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ  
НА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

В.Г. Рыкун, Я.В. Головинов

*В статье рассматривается повышение уровня эксплуатации электрических сетей в целом, современные методы определения мест повреждения (ОМП) в них с использованием результатов синхронной регистрации цифровыми осциллографами, которые установлены по концам ЛЭП.*

**Ключевые слова:** электрические сети, определение мест повреждения, линии электропередач.

**ALGORITHMS OF DETERMINING THE LOCATIONS OF DAMAGES  
ON HIGH-VOLTAGE LINES OF ELECTRICITY TRANSMISSIONS**

V.G. Rykun, Ya.V. Golovinov

*In the article the increase of level of exploitation of electric networks is examined on the whole, modern methods of determining the locations of damage (MLD) in them with the use of results of synchronous registration digital oscillographs which are set on ends electric main.*

**Keywords:** electric networks, determining the locations of damage, lines of electricity transmissions.