

УДК 621.316

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ЗАСОБАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗ'ЄДНУВАЧА З PLC-КАНАЛОМ ЗВ'ЯЗКУ

**В.Г. Пазій, О.О. Мірошник**, докт. техн. наук, **О.М. Мороз**, докт. техн. наук

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка,

вул. Різдяна, 19, м. Харків, 61052, Україна

e-mail: pazziy@ukr.net, miroshnyk@rambler.ru, anmoroz@ukr.net

*Запропоновано метод та пристрій локалізації місць пошкоджень у радіальних повітряних лініях електропередавання, що дає змогу скоротити час пошуку пошкодження та знизити недовідпуск електроенергії споживачу за рахунок локалізації та відмикання лише аварійної ділянки без відмикання всієї лінії. Бібл. 6, рис. 4.*

**Ключові слова:** пошкодження в повітряних лініях, Power Line Communication, інтелектуальний роз'єднувач.

**Постановка проблеми.** Розвиток електричних мереж потребує все більшої їх надійності, зменшення незапланованих перерв у електропостачанні та інтелектуалізації, що може бути реалізовано в рамках концепції Smart Grid. Поряд з підвищенням надійності елементів системи електропостачання та їх належною експлуатацією досить важливим є якнайшвидший пошук місця пошкодження та усунення його причини. Повітряні електричні мережі енергетичних систем України напругою 6...10 кВ характеризуються значною довжиною, а також мають велику кількість розгалужень та ділянок з ускладненим доступом. Тому навіть при використанні спеціальних технічних засобів, що визначають характер та відстань до місця пошкодження, доводиться вимикати всю лінію на час, необхідний для проведення заходів з усунення аварії.

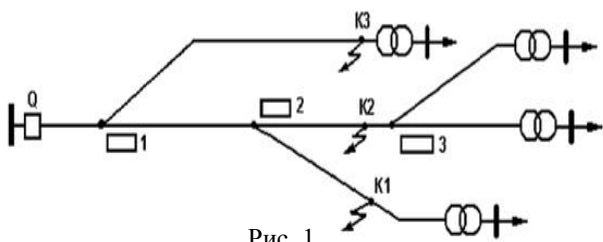
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для визначення місць пошкодження в повітряних лініях (ПЛ) усіх класів напруг використовуються технічні засоби – покажчики місць замикань (ПМЗ). Існує значна кількість ПМЗ різних виробників і різного призначення. Вони відрізняються величиною фіксованого струму однофазного короткого замикання (КЗ) залежно від режиму нейтралі мережі, способом установки – на опорі чи на проводі, принципом роботи.

У мережах 110 кВ і вище, що мають великі струми КЗ на землю, використовуються напівпровідникові та мікропроцесорні фіксуючі прилади [1, 5, 6], що дають змогу реалізувати більш складні алгоритми. Дія таких ПМЗ ґрунтується на вимірюванні та запам'ятовуванні параметрів аварійного режиму (струмів і напруг прямої, зворотної та нульової послідовностей) і обчисленні відстані до місць пошкодження.

У розподільних мережах напругою 10 кВ знайшли застосування найпростіші прилади типу ФІП (ФІП-1, ФІП-2, ФІП-Ф), ЛІФП, а також ФМК-10 та ін. [5]. Однак ці прилади мають низку недоліків та низьку точність. Також внаслідок значної розгалуженості мереж 6...35 кВ досить складно точно вказати місце пошкодження при використанні навіть високоточних ПМЗ, які встановлені на живильних підстанціях.

При пошкодженні на лінії можливо кілька варіантів внаслідок розгалуженості мережі. Для орієнтування при пошуку місця пошкодження в місцях розгалуження мережі встановлюються ПМЗ, що фіксують факт протікання струму КЗ.

За даними показників 1, 2 і 3 (рис. 1) можна правильно визначити напрямок пошуку місця КЗ. Зокрема, при замиканні в точці К1 факт протікання струму КЗ буде зафіксований тільки покажчиком 1. В якості таких покажчи-



ків можуть бути використані, наприклад, індикатори КЗ ІКЗ-3 [2], що призначені для визначення місця знаходження КЗ та спостереження за станом ПЛ розподільних мереж напругою 6...35 кВ. Такі прилади встановлюються на опорах ПЛ. Вони реєструють міжфазні та однофазні замикання на землю та дають змогу здійснювати візуальний або дистанційний контроль наявності аварійної ситуації. Параметри передаються по GPRS-каналі, що не завжди зручно, оскільки GPRS-канал потребує додаткової оплати, яка суттєво зростає при значній кількості пристроїв та має обмежену зону дії.

Позбутися цього недоліку можна, застосувавши ПМЗ з Power Line Communication (PLC) каналом передачі даних [5]. ПМЗ такого типу містить датчик струму, який є трансформатором струму з роз'ємним магнітопроводом, що дає змогу надягати його на провід ЛЕП. Через цей датчик відбувається живлення пристрою, тобто за допомогою нього відбувається відбирання з лінії струму промислової частоти для заряджання акумуляторної батареї. Також за допомогою датчика струму здійснюється введення в лінію електропередачі струмів високої частоти (70...90 кГц) від PLC-модема для передавання інформації про значення струму в лінії. Недоліком цих пристроїв є невелика відстань передачі, внаслідок малої потужності модема, що живиться через трансформатор струму.

У розподільних мережах 6...10 кВ АК «Харківобленерго» близько 10 років експлуатується автоматизована система моніторингу розподільних електричних мереж (СМРЕМ) [3], модулі якої встановлюються на відгалуженнях, мають надійне живлення та оснащені GSM каналом зв'язку. Призначення СМРЕМ – зменшення обсягу аварійних невідпусків електроенергії споживачам. Завдяки використанню такої системи зменшується час очікування готовності оперативної виїзної бригади (ОВБ), порівняно з неавтоматизованою лінією за рахунок скорочення тривалості обслуговування однієї заявки внаслідок зменшення тривалості пошуку пошкодження. Модулі СМРЕМ дають змогу вимірювати значну кількість параметрів мережі, а також метеопараметри, і мають в своєму складі акумулятор та сонячну батарею, що забезпечує безперебійність живлення та надійність зв'язку з ними. Проте оскільки вони встановлені лише на відгалуженнях, то точно визначити місце пошкодження з їх допомогою все ж досить складно.

Запропонована в [4] система є удосконаленою СМРЕМ, яку доповнено ПМЗ з PLC-каналом передачі даних, що дає змогу підвищити точність визначення місць пошкоджень. ПМЗ з PLC встановлюються через певні відстані на відгалуженнях із встановленими модулями СМРЕМ (рис. 2). ПМЗ будуть реєструвати струми у цьому відгалуженні і надсилати дані до модуля СМРЕМ, що встановлений на цьому відгалуженні.

При використанні ПМЗ скорочення невідпуску електроенергії від пошкодження повітряної лінії досягається за рахунок мінімізації часу пошуку місця аварії. Щоб вирішити цю задачу, необхідно вибрати тип ПМЗ, що найбільше задовольняє конкретним умовам, визначити оптимальну кількість та місце установки ПМЗ і вибрати оптимальний маршрут пошуку місця аварії.

**Мета роботи.** Підвищення ефективності системи моніторингу розподільних мереж для локалізації коротких замикань на ПЛ 6...10 кВ засобами інтелектуального роз'єднувача з PLC-каналом зв'язку за рахунок відключення лінії у безструмову паузу.

#### Основні матеріали дослідження.

Недоліком розглянутих пристроїв є відсутність можливості відключення лінії у безструмову паузу, тому при виникненні аварійної ситуації необхідне відключення всіх споживачів лінії. Розширити функціональні можливості системи моніторингу розподільних мереж за рахунок можливості відключення лінії у безструмову паузу дає можливість введення до її складу роз'єднувача з електричним приводом, який призначений

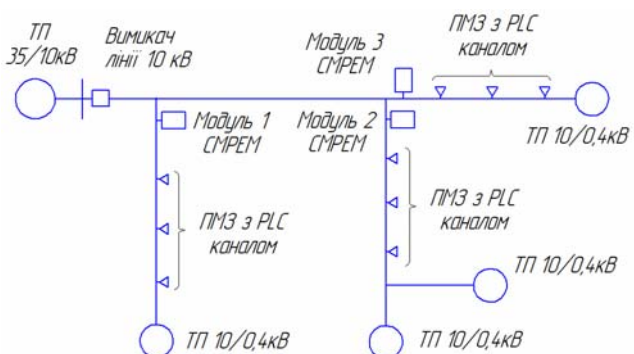


Рис. 2

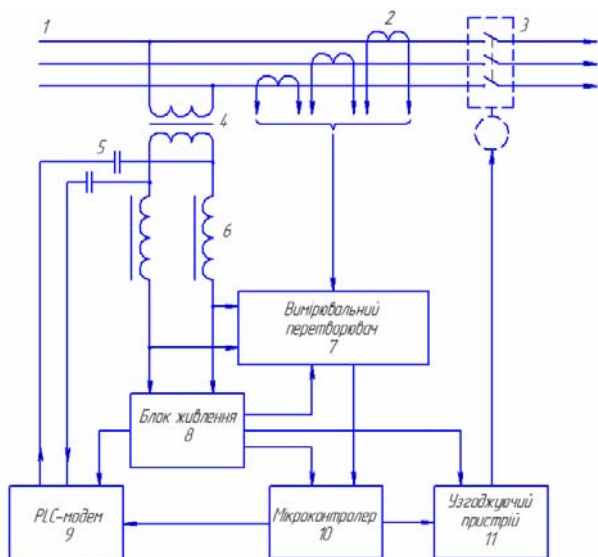


Рис. 3

для відключення частини лінії при КЗ на ній у безструмову паузу, що виникає при спрацюванні вимикача в голові лінії. Пристрій функціонує таким чином: при наявності напруги в лінії електропередачі 1 вона подається до трансформатора напруги 4 для її зниження до необхідного значення. Далі напруга подається до вимірювального перетворювача 7 (рис. 3). Також до нього подаються і струми кожної з фаз від трансформаторів струму 2. Далі інформація про струми і напругу надходить до мікроконтролера 10, що здійснює їх обробку за визначеним алгоритмом. При фіксації стрибка струму понад задане значення та при наступному зникненні напруги в лінії, зумовленому вимкненням вимикача в голові лінії, мікроконтролер подає сигнал через узгоджувачий пристрій 11 на привод роз'єднувача 3.

При цьому у безструмову паузу роз'єднувач відключає відгалуження, але живлення з пристрою не знімається, і він продовжує працювати, передаючи з мікроконтролера через PLC-модем в лінію сигнали діючого значення струму, що крім контролю справності пристрою та відстеження пошкоджень лінії дає змогу виконувати моніторинг усталених режимів мережі.

У нормальному режимі PLC-модем 9 через конденсатори 5 із заданою періодичністю передає в лінію сигнали діючого значення струму, що крім контролю справності пристрою та відстеження пошкоджень лінії дає змогу виконувати моніторинг усталених режимів мережі. Також можлива робота пристрою на прийом сигналу з диспетчерського пункту, що може бути необхідно при локалізації місця однофазного короткого замикання на землю.

Живлення пристрою в нормальному режимі відбувається від блока живлення 8 через дроселі 6. При зникненні напруги в лінії, живлення пристрою відбувається від акумуляторної батареї, що входить до складу блока живлення. Відключення роз'єднувача забезпечується енергією пружини, що запасується за допомогою електричного приводу в нормальному режимі роботи лінії.

Пристрої для визначення місць КЗ встановлюються в лінії електропередачі на відгалуженнях (рис. 4). Вся інформація, що передається пристроєм для визначення місць коротких замикань, приймається за допомогою PLC-концентратора, що встановлюється в голові лінії (рис. 4).

Наприклад, при КЗ на відгалуженні за пристроєм №2, цей пристрій зафіксує значне зростання струму, на той час як струм через інші пристрої (№1, №3 та №4) помітно не зміниться. При співпаданні двох умов: фіксації стрибка струму понад задане значення та при наступному зникненні напруги в лінії, зумовленому вимкненням вимикача лінії 10 кВ в голові лінії, пристрій у безструмову паузу подає команду на роз'єднувач і відмикає відгалуження. За інформацією, що надходить у лінію, можна визначити номер відпайки, на якій відбулося відімкнення.

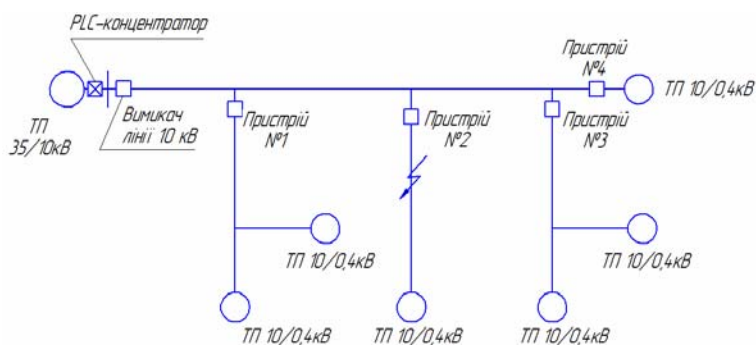


Рис. 4

У запропонованому пристрої трансформатори струму є трансформаторами з роз'ємними магнітопроводами, що дає змогу встановлювати їх на проводи лінії електропередавання. Вони призначені для моніторингу значення струму в нормальному та аварійному режимах. Дроселі призначені для усунення шунтуючої дії вимірювального перетворювача та блока живлення на PLC-модем.

**Висновки.** Для зменшення незапланованих перерв у електропостачанні споживачів у мережах 6...10 кВ виникає необхідність підвищення надійності розподільних мереж та їх інтелекту в рамках концепції Smart Grid. За рахунок можливості відімкнення лінії у безструмову паузу значно розширюються функціональні можливості системи моніторингу для локалізації КЗ на ПЛІ 6...10 кВ та знижуються капітальні вкладення в лінії електропередавання.

1. Блинов И.В., Парус Е.В., Танкевич С.Е., Журавлев И.В. Применение индикаторов повреждений для определения аварийных участков радиальных воздушных линий электропередачи // Электрические сети и системы. – 2015. – № 6. – С. 8–12.
2. ИКЗ-3 Индикаторы короткого замыкания. [Электронный ресурс]: <http://mirmsk.ru/ikz-3-indikatory-korotkogo-zamykani>.
3. Мірошник О.О., Черемісін М.М. Моніторинг навколишнього середовища на основі системи відомчих автоматизованих метеопостів в енергетиці України // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 37, Т. I. – С. 3–7.
4. Пазій В.Г., Сиротенко М.О., Мірошник О.О. Обґрунтування вибору оптимальної кількості та місць встановлення показників місць коротких замикань в ПЛІ 10 кВ на базі PLC технологій // Вісник ХНТУСГ «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 175. – С. 27–29.
5. Пазій В.Г. Підвищення ефективності пристроїв контролю адресності місць коротких замикань в електричних розподільних мережах 6-10 кВ на базі PLC технологій // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 153. – С. 29–31.
6. Тарасов В.В. Монтаж, наладка, експлуатація електрооборудовання. Часть I. Воздушные и кабельные линии электропередачи: Учеб. пос. – Томский политехн. ун-т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – 146 с.

УДК 621.316

**В.Г. Пазій, А.А. Мірошник**, докт. техн. наук, **А.М. Мороз**, докт. техн. наук

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко,  
ул. Рождественская, 19, г. Харьков, 61052, Украина

**Повышение эффективности системы мониторинга распределительных сетей средствами интеллектуального разъединителя с PLC-каналом связи**

*Предложены метод и устройство локализации мест повреждений в радиальных воздушных линиях электропередачи, что позволяет сократить время поиска повреждения и уменьшить недоотпуск электроэнергии потребителю за счет локализации и отключения только аварийного участка без отключения всей линии.* Библ. 6, рис. 4.

**Ключевые слова:** повреждение в воздушных линиях, Power Line Communication, интеллектуальный разъединитель.

**V. Paziy, A. Miroshnyk, A. Moroz**

Kharkov Petro Vasilenko National Technical University of Agricultural,  
Rizdviana, 19, Kharkiv, 61052, Ukraine

**Improving the efficiency of the distribution network monitoring system by means of intelligent disconnect with PLC communication channels**

*The proposed method and device for localizing fault locations in radial overhead transmission lines, which allows to reduce the time for searching of damage and downsize unloading of electricity to the consumer, by localizing and disconnecting only the emergency area, without unlocking the entire line.* References 6, figures 4.

**Key words:** damage in air lines, Power Line Communication, intelligent disconnecter.

Надійшла 07.09.2017

Received 07.09.2017

УДК 621.311:681.5+536.24

## **БАГАТОПОВЕРХОВІ БУДИНКИ ЯК АКТИВНІ СПОЖИВАЧІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

**М.П. Тимченко, Н.М. Фіалко**, чл.-кор. НАН України

Інститут технічної теплофізики НАН України,

вул. Желябова, 2а, Київ-57, 03057, Україна

e-mail: [tnp\\_books@ukr.net](mailto:tnp_books@ukr.net) <http://orcid.org/0000-0003-4426-713X>