

Оцінка впливу точності ідентифікації параметрів електроспоживання на достовірність визначення втрат електроенергії у низьковольтних мережах

А.В. Волошко¹, Т.М. Лутчин¹

Abstract - The article reviews new methods for determining energy losses in low voltage networks. A way to improve the accuracy of existing methods is by using wavelet - analysis of the power parameters.

Ключові слова - Параметри електроспоживання, Вейвлет-аналіз, Ідентифікація, Втрати електроенергії.

І ВСТУП

Ефективність управління енергооб'єднанням, аналіз і планування його режимів істотно залежать від повноти, своєчасності і достовірності отримуваної інформації параметрів режиму і стану устаткування [1].

В якості об'єктів експлуатації можуть розглядатися вузли будь-якого рівня управління: від енергосистеми, електростанції чи ЛЕП, окремих одиниць устаткування чи ділянок, будівель споруджень первинних об'єктів. При цьому, система ідентифікації не повинна мати обмежень по охопленні кількості об'єктів експлуатації.

Оптимізація режимних показників електричної енергії є основою підвищення ефективності процесів електропередачі і споживання, так як дозволяє знизити параметри технічних втрат при передачі електричної енергії і зменшити плату за використану електричну електроенергію.

Основним режимним показником електроспоживання є графік електричного навантаження [2]. Всі інші режимні показники електроспоживання (мінімальне навантаження, кількість годин використання максимуму, коефіцієнт заповнення графіка навантаження, коефіцієнт форми графіка електричного навантаження, кількість годин максимальних втрат електричної енергії) є похідними від нього.

Особливої уваги потребує вирішення питання у вирівнюванні графіка споживання електричної енергії як для електропостачальних, так і для електрогенеруючих компаній: розв'язання цієї проблеми сприяє зменшенню витрат паливно-енергетичних ресурсів, раціоналізації процесу виготовлення електричної енергії на електрогенеруючих установках; підвищенню рівня експлуатації, надійності і зменшенню втрат електричної енергії в передавальних і розподільчих мережах електропостачальних компаній [3]. У міжнародній практиці прийнято вважати, що якщо втрати в магістральних і розподільних мережах у сумі перевищують 8 - 9%, то така передача і розподіл електроенергії вважаються нерентабельними [4]. Відповідно необхідно підвищити точність визначення параметрів графіків електричних навантажень.

Проблема ідентифікації похибок полягає у необхідності відокремлення їх при проведенні вимірів. Таким чином, констатація факту похибки схеми зводиться до визначення елемента, режим роботи якого найсуттєвіше зменшує число неприйнятних відхилень між вимірними і розрахованими параметрами [1].

Ідентифікація вимірювань, які містять грубі похибки, можлива лише за наявності достатньої надмірності вимірювань і визначається як об'ємом, так і схемою розміщення вимірювальних пристроїв. Визначення умов на локальну надмірність вимірювань, при яких можна виявити грубі похибки, дозволяє оцінити принципову можливість ідентифікації.

В залежності від повноти інформації про навантаження елементів електричної мережі за розрахунковий період для знаходження навантажувальних втрат можуть використовуватись наступні методи: елементних розрахунків; характерних режимів; характерних діб; середніх навантажень; статистичні методи, що використовують регресійні залежності втрат електроенергії.

Для електричних мереж низької напруги характерна велика кількість комутаційних перемикань, велика густина та протяжність ліній, що з'єднують споживачів. Тому закономірно, що інформація про режимні параметри цих мереж найменш повна і достовірна. Вище вказані недоліки призвели до необхідності використання принципово нових систем оцінювання втрат електроенергії.

ІІ АЛГОРИТМ ДОСЛІДЖЕННЯ

Останнім часом, для оцінювання змінних втрат електроенергії в розподільних мережах 0,38 кВ використовують метод розрахунку за сумарною довжиною лінії [5] з використанням нечітких баз знань.

Основною перевагою даного методу є відсутність необхідності проведення додаткових вимірювань режимних параметрів для розрахунку змінних втрат електроенергії за рахунок використання: коефіцієнта несиметрії навантаження по фазах мережі $k_{нес}$; коефіцієнта форми графіка навантаження $k_{ф}$; коефіцієнта, який враховує вплив на втрати розподілення навантаження вздовж лінії k_L ; коефіцієнта, який враховує зменшення втрат електроенергії при наявності відгалужень, густина струму в яких менша за густину в голові фідера $k_{від}$; коефіцієнта, який враховує взаємну відмінність густин струму на головних ділянках різних ліній k_N ; коефіцієнта використання реактивної потужності $k_{гф}$.

¹ Національний технічний університет України «КПІ», вул. Борщагівська, 115, Київ, 03056, УКРАЇНА, E-mail: t.lutchyn@gmail.ru

В результаті використання середніх або крайніх значень коефіцієнтів відносно значення похибки даного методу може досягати значення в 30%. Для зменшення значення відносної похибки до 15% здійснюють структурну ідентифікацію даних коефіцієнтів нечіткими базами знань [6]. Відносна похибка з урахуванням всіх коефіцієнтів коливається біля значення 26,3 % [7] і визначається:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_{k_0}^2 + \delta_{\varphi}^2 + \delta_{a_{\text{за}}}^2 + \delta_{f_{\text{ан}}}^2 + \delta_{k_L}^2 + \delta_N^2}. \quad (1)$$

Визначення коефіцієнта форми графіка навантаження k_{φ} , який враховує заміну середньоквадратичного струму його середнім значенням, через $k_3 \approx 0,3$ призводить до похибки у визначенні втрат електроенергії $\pm 20,3$ % [7]. Вирішення цієї проблеми та завдання відображення зміни графіка навантаження впродовж розрахункового періоду. Таким чином дане значення коефіцієнта усереднюється в двох напрямках: у часовому та у просторовому [8].

Згідно методу ідентифікації режимних параметрів в нетелевизійних ТП-10(6)/0,4 кВ, з'являється можливість засобами нечітких множин оцінити значення коефіцієнта форми графіка навантаження в задачах розрахунку змінних втрат електроенергії з втратою точності до 13% [9].

Неточне визначення призводить до появи додаткової похибки значенням ± 5 %. Це зумовлено особливостями мережі 0,38 кВ, однією з яких є змінність у часі не лише інформації про навантаження споживачів, а також зміна інформації про схемні параметри. Причиною тут є випадковий характер використання потужності побутовим споживачем.

Похибка визначення $\cos \varphi$ приймається [7] ± 20 %, тоді похибка складає $\delta_{\varphi} = 8$ %. Ця похибка, як і попередні, обумовлена кількістю споживачів та зміною у часі споживання ними реактивної потужності. Цілком зрозуміло, що визначити для кожного споживача власне значення коефіцієнта використання реактивної потужності неможливо і нераціонально, але і застосування його середніх значень також не вирішує проблеми адекватного та точного визначення втрат електроенергії в електричних мережах напругою 0,38 кВ.

Коефіцієнти відгалуження та несиметрії також вносять відповідні похибки у визначення оціночного значення втрат ($\delta_{\text{від}} = 8$ % та $\delta_{\text{нес}} = 9,8$ %).

Похибка оцінювання втрат електроенергії за даним методом може бути суттєвою. Але враховується те, що використовується модель є доволі компактною, простою і не потребує проведення додаткових вимірювань. Попередній аналіз причин усіх складових сумарної похибки засвідчив їх однотипність, що значно спрощує можливість оптимізації її точності за рахунок використання не середніх значень коефіцієнтів впливу того чи іншого фактора на втрати електроенергії в електричних мережах низької напруги [8], а певних узагальнених функцій режимних параметрів електроспоживання.

Запропоновані функції можна отримати в результаті використання залежності вейвлет - перетворених вибірок даних, сформованих зі значень втрат електроенергії у

відповідності до режимних коефіцієнтів. Застосування вейвлет – апарату повністю обґрунтоване з огляду на те, що кожен з розглянутих параметрів усереднюється у просторово – часовому напрямку [10, 11]. У такий спосіб підвищення точності ідентифікації кожного коефіцієнта призведе до значного зниження похибки оцінювання втрат електроенергії у низьковольтних мережах в цілому.

III ВИСНОВОК

Враховуючи вищесказане можливо зробити висновок, що використання апарату вейвлет - перетворення відкриє нові можливості та розширить спектр використання уже існуючих математичних методів ідентифікації параметрів режимів електроспоживання, у значній мірі дозволить автоматизувати процес обчислення, надасть можливість формувати бази даних уже відомих режимів роботи споживання.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] А.В. Кириленко, В.Л. Прихно, П.А.Черненко, «Разработка иерархического оперативно-управляющего комплекса и внедрение его в энергообъединения Украины», *Наука та інновації*, 2008, № 6, с. 12 – 25.
- [2] В.И. Гордеев, «Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей», М.: *Энергоатомиздат*, 1986, 182 с.
- [3] В.В. Михайлов, «Народнохозяйственная оценка эффективности регулирования электропотребления», *Промышленная энергетика*, 1985, №2, С. 2-6.
- [4] В. Дерзский, «Методические аспекты нормирования технологического расхода электроэнергии в распределительных сетях», *ЭСКО, Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы»*, 2005, № 10.
- [5] Л.В. Давиденко, Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, «Оптимізація режимних показників як засіб підвищення ефективності електропередачі та електроспоживання», *Електронне наукове видання — журнал ЛДТУ*, №13, 2003, с. 101-104.
- [6] М.В. Хохлов, «Методы устойчивого оценивания состояния ЭЭС в оперативных задачах надежности», *ИСЭиЭПС Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар*, С. 1 - 14.
- [7] Ю. С. Железко, «Методы расчета технических потерь электроэнергии в сетях 380/220 В», *Электрические станции*, 2002, № 1, С. 14-20.
- [8] П. Д. Лежнюк, А. В. Пискарярова, «Оцінювання втрат електроенергії в низьковольтних електричних мережах засобами нечіткої логіки», *Вінниця: ВНТУ*, 2009, 94 с.
- [9] В. М. Кутін, В. В. Кулик, Д. С. Пискаряров; О. В. Лонська, «Автоматизація розрахунку втрат електроенергії в розподільних мережах 10(6) кВ», *Енергетика та електротехніка, Наукові праці ВНТУ*, 2008, № 3, С. 1 – 7.
- [10] Н. М. Астафьева, «Вейвлет – анализ: основы теории и примеры применения», *Успехи физических наук*, 1996, т. 166, № 11, С. 1145 – 1170.
- [11] А.В. Волошко, Т.М. Лутчин, «Статистическая кластеризация информационных сигналов на основе вейвлет – преобразования», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 1, 2009, С. 80 – 86.