

ВИКОРИСТАННЯ ТИПОВИХ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ У ЗАДАЧАХ ДОСТОВЕРІЗАЦІЇ ДАНИХ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

ПАТ «Вінницяобленерго»¹
Вінницький національний технічний університет²

Анотація

Запропоновано використання типових графіків навантаження для підвищення інформативності математичної моделі оцінки стану розподільної електричної мережі. Наявність достовірної інформації про режими розподільних електричних мереж дозволить підвищити ефективність провадження електроощадних заходів в умовах недосконалості вихідної інформації та адресного енергопостачання споживачів.

Ключові слова: розподільні електричні мережі, оцінка стану, комерційний облік електроенергії, електроощадні заходи, типовий графік навантаження.

Abstract

It is proposed to use typical load schedules to increase the informativeness of the mathematical model of the state estimation of the distributive electric network. The availability of reliable information on the modes of distribution electric networks will increase the efficiency of the implementation of economical measures in the conditions of imperfect source information and address power supply consumers.

Keywords: distributive electric network, state estimation, commercial electricity accounting, energy saving measures, typical load schedule.

Вступ

Ефективне виконання завдань забезпечення фінансових взаєморозрахунків потребує точної та достовірної інформації про обсяги спожитої електроенергії. Оскільки інформація про вимірювання в системах обліку надходить через певні періоди часу, існує можливість використовувати математичні моделі й методи для оцінювання належного функціонування системи обліку та оцінювання достовірності комерційних вимірювань в реальному масштабі часу.

В теорії оцінювання стану (ОС) розроблено декілька підходів для аналізу достовірності вимірюваної інформації. Класична для електроенергетики задача ОС [1-4] використовує в якості рівнянь стану рівняння усталеного режиму, засновані на базових законах електротехніки – законі Ома і законах Кірхгофа. В якості змінних до цих рівнянь входять потоки активної й реактивної потужності, струми й напруги, а також параметри заступної схеми електричної мережі, які вважаються умовно-постійними. Струми, напруги, потоки активної й реактивної потужностей є телевимірюваними [1]. Режим електричної мережі, що характеризується цими параметрами, відноситься до миттєвого зрізу часу й постійно змінюються. Наслідком цього є необхідність постійного оновлення поточної інформації про параметри режиму. Тому задача ОС повинна розв'язуватись з використанням синхронізованих у часі миттєвих значень телевимірювань протягом певних повторюваних періодів часу.

У розподільних електричних мережах основним джерелом вимірювань є автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Системи АСКОЕ покликані надавати надійну та своєчасну інформацію про облік електроенергії на підставі якої можуть бути проведені фінансові розрахунки між суб'єктами ринку.

Використання достовірної інформації щодо обліку електроенергії дозволить виконувати оцінювання ефективності експлуатації розподільних електричних мереж, ранжувати елементи електричної мережі за критеріями енергоефективності та розробляти ефективні електроощадні заходи.

Однак, на сьогоднішній день встановлення систем АСКОЕ у розподільних мережах є досить ви-

тратним, тому у більшості випадків облік електроенергії проводиться з використанням традиційної системи. Звітним періодом в подібних системах є місячний інтервал, а збір показників проводиться за участі персоналу служби комерційного обліку електроенергії розподільних електричних мереж або споживачів. Такий спосіб збору й оброблення комерційних вимірів є джерелом для помилок і спотворень комерційних даних. Крім того, агрегування інформації призводить до неможливості виокремлення найбільш витратних елементів електричних мереж та ранжування їх за критеріями енергоефективності.

З метою створення належного інформаційного забезпечення та підвищення достовірності інформації про облік електроенергії в роботі пропонується використання усереднених за часом та сукупністю електроприймачів типових графіків навантаження (ТГН) аналогічних за режимом роботи споживачів [5]. Значення навантаження типового графіка, як правило, нормується відносно максимального значення й подається у відсотках. Традиційно ТГН використовувались під час електричних розрахунків для складання балансу потужності, проектування електричних мереж, а також для розрахунків технологічних витрат електроенергії, пов'язаних з її транспортуванням та розподілом електричними мережами.

Відповідно до [5] кожному ТГН відповідає код споживача – джерела цього ТГН згідно КВЕД-2010. Це дозволяє відносити конкретного споживача до того чи іншого ТГН.

Результати дослідження

Особливості режимів роботи розподільних електричних мереж та недостатня кількість вимірювань у реальному часі, не дозволяють безпосередньо перенести методи оцінки стану електроенергетичних систем на розподільні електричні мережі.

На сьогодні, апаратна частина інформаційного забезпечення розподільних електричних мереж складається, в основному, з вимірювальних пристроїв встановлених на вводах трансформаторних підстанцій та головних ділянках фідерів, що не забезпечує необхідної спостережності. Відповідно до сукупності вимірюваних параметрів у розподільних мережах, їх точності та можливості синхронізації, для оцінки стану доцільно застосовувати підходи, що базуються на методі найменших квадратів та використовують рівняння стану мереж у формі балансу струмів, як функції вузлових напруг в полярних та прямокутних координатах.

Метод оцінки стану на основі методу найменших квадратів базується на лінеаризації взаємозв'язку між вимірюваннями та змінними стану електричної мережі. Нелінійні співвідношення між вектором стану та вимірними електричними змінними можна подати у такому вигляді:

$$z = h(x) + v$$

де z – вектор вимірних параметрів; x – змінні стану; $h(x)$ – векторна функція, яка пов'язує вимірювання з змінними стану; v – неточність вимірювань або шум у вимірах. Для формування вектору стану x можна використовувати декілька комбінацій змінних.

Цільова функція у загальному вигляді записується так:

$$\begin{aligned} J(x) &= [z - h(x)]^T W [z - h(x)] \\ &= \sum_{i=1}^m \frac{[z_i - h_i(x)]^2}{\sigma_i^2} \end{aligned}$$

де σ – стандартне відхилення кожного вимірювання; $W = \text{diag} [\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_m^2]^{-1}$ – обернена діагональна матриця середньоквадратичних відхилень очікуваних помилок вимірювання.

Зазвичай за змінні стану приймають модуль та кут напруг у вузлах електричної мережі, а у якості вимірюваних параметрів використовують активну та реактивну потужності у вузлах та/або вітках.

Доповнення вектору вимірних параметрів z інформацією з типових графіків навантаження для неспостережених вузлів дозволить підвищити спостережність електричної мережі без додаткових фінансових витрат. Таким чином одержання надійної та точної оцінки стану розподільної електричної мережі з використанням ТГН є актуальною науковою-технічною задачею, що потребує подаль-

шого дослідження.

Висновки

Застосування наявних вимірювань АСКОВЕ, інформації про види економічної діяльності споживачів, що міститься у білінгових системах та типових графіків навантаження відповідно до [5] створює умови для оцінювання стану розподільних електричних мереж.

Наявність достовірної інформації про режими розподільних електричних мереж створює передумови для підвищення ефективності розроблення електроощадних заходів в умовах недосконалості вихідної інформації та адресного енергопостачання споживачів завдяки вдосконаленню математичних моделей та застосуванню технологій комп'ютерних експертних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кочнева Е. С. Использование методических подходов теории оценивания состояния для расчета и достоверизации потоков электрической энергии в сетях / Е. С. Кочнева, А. В. Паздерин, В. О. Самойленко // *Электричество*. - 2014. - №10. - С. 12-21.

2. Tarafdar Hagh M. Improving bad data detection in state estimation of power system / M. Tarafdar Hagh, S. M. Mahaei, K. Zare // *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. - 2011. - Vol.1. - №2 - P. 85-92.

3. Mili L. Least median of squares estimation in power systems / L. Mili, V. Phaniraj, P. J. Rousseuw // *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*. - 1991. - Vol.6. - №2. - P.325-339.

4. Гамм А. З. Оценивание состояния в электроэнергетике / А. З. Гамм, Л. Н. Герасимов, И. И. Голуб и др. - М.: Наука, 1983. - 302 с.

5. Буславець О.А. Типові графіки електричних навантажень у 3D зображенні / О. А. Буславець, А. О. Квицинський, Л. Н. Кудаський, С. Я. Меженний, Л. В. Мойсеєнко // *Енергетика та електрифікація*. – 2016. – № 2. – С. 2–12.

Томашевський Юрій Васильович — директор з інформаційних технологій, ПАТ «Вінницяобленерго», м. Вінниця

Бурикін Олександр Борисович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Кулик Володимир Володимирович — доктор техн. наук, доцент, професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Tomashevsky Yuriy V. - Director of Information Technologies, PJSC "Vinnytsyaoblenergo", Vinnytsya

Burykin Oleksandr B. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : mr.burykin@mail.ru

Kulyk Volodymyr V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Chair of Power Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.