

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АСКОЕ ДЛЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ 10(6)
КВ**

Кулик В. В., Пискляров Д. С.

Вінницький національний технічний університет

Розглядаються шляхи та засоби вирішення проблем інформаційного забезпечення задачі аналізу структури технологічних витрат електроенергії, що виникають в процесі впровадження АСКОВЕ у розподільних електричних мережах 10(6) кВ. Представлено методику визначення оптимальних напрямків та послідовності розвитку інформаційної інфраструктури АСКОВЕ в розподільних електричних мережах, яка базується на системному підході та передбачає проведення багатокритеріального аналізу з можливістю врахування не тільки кількісних, але й якісних показників ефективності.

Вступ. Однією з основних проблем, що виникають на шляху підвищення ефективності експлуатації розподільних електричних мереж, поряд з технічними проблемами, є проблема вдосконалення інформаційного забезпечення задач планування та ведення їх режимів. Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій забезпечує технічні можливості покращення спостережності розподільних електричних мереж 10(6) кВ. Головним напрямком є розробка та впровадження засобів автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). За різними дослідженнями [1-8] впровадження АСКОВЕ дасть можливість, як мінімум, зменшити фактичні балансові витрати електроенергії, що викликані її недообліком та забезпечити прозорість формування тарифів на електроенергію для споживачів, а, як максимум, додатково знизити рівень технологічних витрат електроенергії (ТВЕ) за рахунок підвищення ефективності планування електроощадних заходів.

АСКОЕ, як інформаційно-технологічна система містить такі основні технічні елементи [2, 3]: трансформатори напруги (ТН); трансформатори струму (ТС); вимірювальні датчики (ВД); інформаційно-вимірювальні системи (ІВС); канали зв'язку (КЗ); засоби обчислювальної техніки (ЕОМ), для аналізу та обробки інформації, а також пере-

дачі її на вищі ієрархічні рівні керування. Виходячи з цього впровадження даної системи вимагає значних капітальних вкладень, що можуть бути залучені лише у випадку забезпечення її достатньої економічної ефективності. Таким чином [2], розробка та впровадження АСКОЕ у розподільних електричних мережах 10(6) кВ потребує вирішення низки проблем, однією з яких є оптимізація програми поетапного розвитку інформаційного забезпечення АСКОЕ. Отже, необхідно визначити послідовність встановлення на кожному фідері 10(6)/0,4 кВ ВД, ІВС, КЗ, що забезпечує максимальну техніко-економічну ефективність функціонування системи по завершенні окремих етапів її впровадження.

Розв'язок даної задачі повинен носити системний характер, тобто потребує: всебічного аналізу наявного технічного забезпечення щодо кожного окремого фідера 10(6)/0,4 кВ (окремого району електромереж); формування узагальненого критерію оцінки ефективності інформаційного забезпечення основних задач АСКОЕ; прийняття, на його підставі, оптимального рішення у вигляді зранжованого переліку елементів електричних мереж, що підлягають оснащенню інформаційними засобами АСКОЕ.

Методичні основи впровадження АСКОЕ. З аналізу публікацій, які стосуються розробки основних засад впровадження АСКОЕ, як в Україні, так і за її межами, видно, що розробці шляхів та методів оптимізації послідовності впровадження АСКОЕ в розподільних електричних мережах приділяється недостатньо уваги. Разом з тим, у ряді робіт визначаються завдання АСКОЕ [4, 8], конкретизуються основні вимоги, щодо стандартизації засобів вимірювання [2, 3, 6], принципів складання балансів електроенергії [4] в умовах функціонування АСКОЕ, загальної структури функціонування АСКОЕ [5], розглядаються питання інтегрування АСКОЕ в АСДУ [7]. Таким чином, на даний час не існує єдиної концепції, що регламентує послідовність впровадження АСКОЕ. Пріоритетність визначається, в основному, технічними умовами, значенням споживання електроенергії споживачів або суб'єктивними рішеннями спеціаліста, який займається даною проблемою. Вочевидь, такий підхід не забезпечує стратегічного планування з послідовним вдосконаленням інформаційної інфраструктури розподільних електричних мереж, здатної, на кінцевому етапі, забезпечити необхідний обсяг даних не тільки для складання балансів, але й для розробки заходів по зменшенню витрат електроенергії на її транспортування та розподіл.

Якщо дану проблему розглядати з точки зору математичного моделювання [10], то для її вирішення доцільно застосувати засоби багатокритеріального аналізу з використанням перетворення вектору частинних критеріїв до інтегрального показника. Однак, такі методики не є досконалими у випадку використання якісних критеріїв, що визначаються експертами.

Багатокритеріальна оптимізація інформаційної системи АСКОЕ. Для вирішення поставленої проблеми доцільно використовувати методику багатокритеріального аналізу, яка запропонована в [11] і базується на відомому методі аналізу ієрархій Сааті [12] та теорії прийняття рішень по схемі Белмана-Заде.

Зазначена методика складається з таких основних етапів:

1. Визначення множини елементів (варіантів), які потребують багатокритеріального аналізу та множини критеріїв за якими він буде проводитися.

2. Побудова на базі експертної інформації матриць парних порівнянь за кожним частинним критерієм.

3. Розрахунок векторів частинних критеріїв у вигляді нечітких множин, які задані за допомогою функцій приналежності.

4. Ранжування варіантів на основі перетину нечітких множин – часткових критеріїв.

Відповідно до поставленої мети – вдосконалення інформаційного забезпечення розподільних електричних мереж 10(6) кВ – ієрархічну структуру критеріїв за якими пропонується проводити ранжування фрагментів мереж (фідерів) 10(6) кВ за мірою техніко-економічної доцільності встановлення засобів АСКОЕ подано в табл. 1.

Таблиця 1 – Перелік критеріїв для аналізу фідерів 10(6) кВ

Найменування критерію	Позначення	Діапазон, крок
Інформаційні		
Комплексний критерій спостережності [9]	$\chi_{\Delta W}$	[50-100], %
Матеріальні (матеріальне забезпечення)		
Відносна кількість ТС	$\eta_{СТ}$	[0-100], 20%
Відносна кількість ТН	$\eta_{ТН}$	[0-100], 20%
Відносна кількість пристроїв збору інформації	$\eta_{ПЗІ}$	[0-100], 20%
Відносна кількість КЗ	$\eta_{КЗ}$	[0-100], 20%
Відносна кількість лічильників ЕЕ	$\eta_{Л}$	[0-100], 20%

Наявність засобів ЕОМ	$\eta_{\text{ЕОМ}}$	[лінгвістична оцінка]
Експлуатаційні		
Наявність обслуговуючого персоналу	$\eta_{\text{оп}}$	[лінгвістична оцінка]
Довжина головної ділянки фідера	$L_{\text{гд}}$	[відстань у км]
Кількість вузлів фідера	$N_{\text{в}}$	[лінгвістична оцінка]
Наявність персоналу в РЕМ, що має навички користування та обслуговування ЕОМ	$\eta_{\text{к}}$	експертний[0, 1, 3]
Природні		
Наявність природних або виробничих факторів, які негативно впливають на електронні засоби вимірювання	$\eta_{\text{п}}$	[0-100], 20%
Технічні		
Відносну кількість вузлів – потужних споживачів	$\eta_{\text{пс}}$	[0, 100], 10%
Відносна кількість відповідальних споживачів	$\eta_{\text{вс}}$	[0, 100], 10%
Комерційні		
Відносне значення проплати за відпуск ЕЕ	$\eta_{\text{б}}$	[50, 100], 5%
Відносне значення звітних ТВЕ	$VЗТВЕ$	[0, 50], 5%
Відносна кількість споживачів, які сприяють зменшенню ТВЕ	$\eta_{\text{зз}}$	[0, 100], 10%

Побудова матриць парних порівнянь Сааті відбувається після проведення фахівцями відповідних служб оцінки кожного з фідерів 10(6) кВ розподільних електричних мереж за кожним з критеріїв, які відповідають їх компетенції. Дана матриця мати наступний вигляд:

$$A^l = \begin{bmatrix} a_{11}^l & a_{12}^l & \dots & a_{1n}^l \\ a_{21}^l & a_{22}^l & \dots & a_{2n}^l \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}^l & a_{n2}^l & \dots & a_{nm}^l \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де елемент $a_{ij}^l = \frac{r_i}{r_j}$ – рівень переваги, який представляє собою відношення рангів фідерів v_i та v_j за 9-ти бальною шкалою Сааті.

За алгоритмами наведеними в [11, 12] проводиться розрахунок часткових критеріїв у вигляді нечітких множин:

$$\tilde{c}_i = \left\{ \frac{\mu^l(v_1)}{v_1}, \frac{\mu^l(v_2)}{v_2}, \dots, \frac{\mu^l(v_n)}{v_n} \right\}, \quad (2)$$

де $\mu^l(v_i)$ – міра приналежності фідерів v_i до нечіткої множини; \tilde{c}_i – критерій аналізу.

Перетин нечітких множин (2) дає в результаті нечітку множину, елементами якої є мінімальні функції приналежності кожної з нечітких множин \tilde{V}_i :

$$\tilde{D} = \tilde{c}_1 \cap \tilde{c}_2 \cap \dots \cap \tilde{c}_m$$

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{l=1,m} \mu^l(v_1)}{v_1}, \frac{\min_{l=1,m} \mu^l(v_2)}{v_2}, \dots, \frac{\min_{l=1,m} \mu^l(v_n)}{v_n} \right\} \quad (3)$$

Визначення максимальної функції приналежності (агрегування) нечіткої множини \tilde{D} (3) дає можливість отримати перший фідер 10(6) кВ у черзі встановлення вимірювальних засобів АСКОЕ за усіма критеріями

$$D = \arg \max(\mu_D(v_1), \mu_D(v_2), \dots, \mu_D(v_n)).$$

Враховуючі, що всі критерії є нерівнозначними, для отримання адекватного розв'язку поставленої задачі ранжування фідерів 10(6) кВ пропонується використовувати метод вагових коефіцієнтів [11].

Нехай w_1, w_2, \dots, w_m – коефіцієнти відносної важливості критеріїв c_1, c_2, \dots, c_m такі, що $w_1 + w_2 + \dots + w_m = 1$. Для визначення коефіцієнтів w_j , необхідно сформулювати матрицю парних порівнянь важливості критеріїв $c_j \in C$, аналогічну (1) та використати один з запропонованих методів [11, 12].

Після розрахунку коефіцієнтів важливості w_j вираз (3) перетворюється до наступного вигляду

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{l=1,m} [\mu^l(v_1)]^m}{v_1}, \frac{\min_{l=1,m} [\mu^l(v_2)]^{m_2}}{v_2}, \dots, \frac{\min_{l=1,m} [\mu^l(v_n)]^{m_n}}{v_n} \right\} \quad (4)$$

Виходячи з того, що кількість критеріїв 16, тобто матриця порівнянь буде мати великий розмір (16×16), складання її експертом представляється доволі трудомісткою операцією, тому пропонується формувати її за принципом ієрархічності: спочатку проводиться порівняльний аналіз (визначення вагових коефіцієнтів) окремих груп критеріїв ω_g , а потім критерії кожної групи ω_{gj} ($g = \overline{1, h}$, а $j = \overline{1, k}$, де k – кількість критеріїв в i -ій групі), тобто $n = \sum_{i=1}^h k_i$

В результаті вираз (4) буде мати наступний вигляд

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{l=1,m} [\mu^l(v_1)]^{\omega_g \cdot \omega_{gj}}}{v_1}, \frac{\min_{l=1,m} [\mu^l(v_2)]^{\omega_g \cdot \omega_{gj}}}{v_2}, \dots, \frac{\min_{l=1,m} [\mu^l(v_n)]^{\omega_g \cdot \omega_{gj}}}{v_n} \right\}$$

Таким чином $w_i = \omega_g \cdot \omega_{gj}$.

В наслідок оцінювання за інтегральним показником ефективності інформаційного забезпечення D фрагменти електричних мереж 10(6) кВ ранжуються за сукупністю запропонованих критеріїв (табл. 1) з урахуванням важливості кожного з критеріїв. Отже, отримане таким чином рішення можна вважати ефективним з технічної точки зору і, разом з тим, максимально адаптованим до реалізації.

Висновки

1. На даний час не існує єдиної концепції, що регламентує послідовність впровадження АСКОЕ, що унеможливило стратегічне планування розвитку інформаційної інфраструктури розподільних електричних мереж з поетапним її вдосконаленням з огляду на забезпечення підтримки розв'язання основних технологічних задач.

2. На базі методу багатокритеріального аналізу, який базується на методі аналізу ієрархій Сааті та теорії прийняття рішень Белмана-Заде запропоновано метод формування оптимальної послідовності впровадження засобів інформаційного забезпечення АСКОЕ, що дозволять розв'язувати проблеми зниження як на комерційної, так і на технічної складової витрат електроенергії у розподільних мережах 10(6) кВ.

Список використаних джерел

1. Пейзель В.М., Степанов А.С. Расчеты технических потерь энер-

гии в распределительных электрических сетях с использованием информации АСКУЭ и АСДУ // Электричество. – 2002. – №3. – С.10–15.

2. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку: Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держпромполітики України від 17.04.2000 № 32/28/28/276/75/54. – 2000.

3. Сборник нормативных и методических документов по измерениям, коммерческому и техническому учету электрической энергии и мощности. – М.: НЦ ЭНАС, 2002. – 490с.

4. Ю. В. Мясоедов, Н. В. Савина. Общая характеристика задача автоматизированного учета электроэнергии // Материалы науч.-техн. конф. “Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов”. – Благовещенск, 2000. – С. 254–258.

5. А. С. Степанов, А. Ю. Ермолаев, О. С. Гинц. Создание автоматизированной системы работы с коммерческими потерями электроэнергии // Материалы науч.-техн. конф. “Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов”. – Благовещенск, 2000. – С. 274–276.

6. Сподин О.И. Анализ возможных решений усовершенствования учета электроэнергии и обслуживания бытовых потребителей, снижения операционных затрат. Предложения оптимального решения // Электрические сети и системы. – 2006. – №3. – С.65–73.

7. Говоров Ф.П., Говоров В.Ф. Повышение уровня автоматизации управления распределительными электрическими сетями, как фактор ресурсо- и энергосбережения // Энергетика и электрофикация. – 2004. – №9. – С.12-17.

8. А.В. Праховник, О.В. Коцар, В.І. Про копець. Сучасні принципи побудови АСКОЕ суб'єктів ОРЕ та АСКОЕ споживачів в умовах енергоринку України // Енергетика та електрифікація. – 2006. – №4. – С. 2-7.

9. Кулик В.В., Пискляров Д.С. Оцінка вірогідності результатів аналізу втрат електроенергії в розподільних електричних мережах засобами АСКОЕ // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2006. – Вип.43. т.1. – С. 40–49.

10. Хубка В. Теория технических систем. – М.: Мир. – 1987. – 208с.

11. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии: нечеткие

множества, генетические алгоритмы, нейронные системы. – Винница: Універсум - Вінниця, 1999. – 320 с.

12. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем.- М: Радио и связь.- 1991.- 224 с.

Аннотация

Усовершенствование информационного обеспечения АСКУЭ для распределительных сетей 10(6) кВ

Кулик В.В., Пискаряров Д.С.

Рассматриваются пути решения проблем, связанных с внедрением АСКУЭ в распределительных сетях. Представлена методика получения наиболее оптимальной стратегии развития информационной инфраструктуры АСКУЭ в распределительных сетях 10(6) кВ, которая базируется на системном подходе и предусматривает проведение многокритериального анализа. Последний дает возможность учитывать как количественные, так и качественные критерии оценки вариантов. Оптимизация последовательности внедрения АСКУЭ дает возможность получить максимальный экономический эффект в виде уменьшения не только коммерческой, но и технической составляющей потерь электроэнергии.

Abstract

Optimization of ASKAE information subsystem for distributive networks 10(6) kV

Kulyk V.V., Pisklyarov D.S.

The ways of decision of problems, related to introduction of ASKAE in distributive networks are examined. The method of receipt of the most optimum strategy of introduction of ASKAE is presented in distributive networks by tension 10(6) kV, which is based on approach of the systems and foresees conducting of multicriterion analysis which enables to take into account the high-quality criteria of estimation of variants.