

УДК 621. 311.015

В. В. Кулик, к. т. н., доц.;

Д. С. Пискляров, асп.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ У РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Проведено аналіз структури, функцій автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) в Україні, а також основних проблем, які виникають на шляху її впровадження. Запропоновано метод визначення оптимальної послідовності впровадження вимірювального середовища АСКОЕ, який базується на методі аналізу ієрархій Саати та теорії ігор.

Вступ

В останні роки в енергетичній галузі України спостерігається постійне зростання понаднормативних технологічних витрат електроенергії (ТВЕ). Причиною їх виникнення, в основному, є докорінна зміна економічних відносин, зміна структури виробництва та споживання електроенергії, форм власності виробників та споживачів електроенергії, підвищення ефективності контролю над споживанням енергоресурсів з боку державних органів [1].

Поява ринкових відносин між суб'єктами енергетичної діяльності в умовах функціонування оптового ринку електроенергії (ОРЕ) виявила низку причин підвищення ТВЕ, пов'язаних з низьким рівнем обліку електроенергії, що спричиняє необґрунтовано високий рівень комерційних втрат (несинхронність зчитування даних, низький клас точності вимірювального обладнання та каналів зв'язку [2]), та відсутністю погодинної тарифікації промислових підприємств. Наслідками подібної ситуації є істотне зменшення прибутків енергопостачальних компаній України і навіть збитковість окремих з них. В таких умовах постала необхідність вдосконалення комерційного обліку шляхом впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) [1], на всіх рівнях об'єднаної електроенергетичної системи (ЕЕС) України. Крім того, для розподільних електричних мереж (ЕМ) передбачається можливість, використовуючи бази даних АСКОЕ, вирішити нагальні проблеми уточнення структури балансів електроенергії та її оптимізації. У подальшому розглядається можливість створення локальних АСДУ розподільних ЕМ з інтегрованими в них АСКОЕ, тобто автоматизації вказаних мереж 110-35-10 кВ [2].

Однак, на сьогодні у розподільних ЕМ практично відсутні технічні умови для забезпечення їх автоматизації, оскільки, високий рівень засобів телевимірювань та телекерування характерний лише для магістральних ЕМ. Таким чином, формування ефективних АСКОЕ, враховуючи розмірність та розгалуженість розподільних ЕМ, вимагає значних капіталовкладень, що робить актуальним пошук методів підвищення ефективності проектних рішень у даному напрямку.

Основні цілі та критерії якості функціонування АСКОЕ

Впровадження АСКОЕ передбачає досягнення таких цілей [3]:

1. Забезпечення комерційного обліку активної та реактивної електричної енергії у відповідності до Правил ОРЕ на межах балансової належності ЕМ — суб'єктів ОРЕ;
2. Підвищення точності, вірогідності й оперативності отримання даних з виробництва, передачі та постачання електричної енергії;
3. Автоматизація збирання, оброблення та передавання даних з приладів комерційного обліку електричної енергії;
4. Підвищення оперативності керування режимами виробництва та постачання електричної енергії;
5. Визначення і прогнозування всіх складових балансу електричної енергії;
6. Формування прозорих ринкових відносин між виробниками, постачальниками та споживачами електричної енергії (потужності) за принципами державного регулювання і конкуренції.

Основні показники досягнення поставлених цілей, згідно нормативних документів [3]:

1. Зниження витрат на виробництво та постачання електричної енергії;
2. Скорочення часу виявлення та усунення помилок і невідповідностей даних з виробництва, передачі та постачання електричної енергії, що надаються суб'єктами ОРЕ;
3. Підвищення точності, вірогідності і оперативності складання енергетичного балансу;
4. Оперативне виявлення всіх випадків порушення договірних відносин між суб'єктами ОРЕ;
5. Підвищення оперативності та вдосконалення розрахунків за електричну енергію;
6. Зниження витрат праці персоналу на збирання та обробку даних і виконання розрахунків за електричну енергію.

Структура підсистем та технічне забезпечення АСКОЕ

Відповідно до [4], передбачається така структура автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії ЕЕС України (рис. 1), що має чотири рівні, об'єкти яких з'єднані односторонніми або двосторонніми зв'язками.

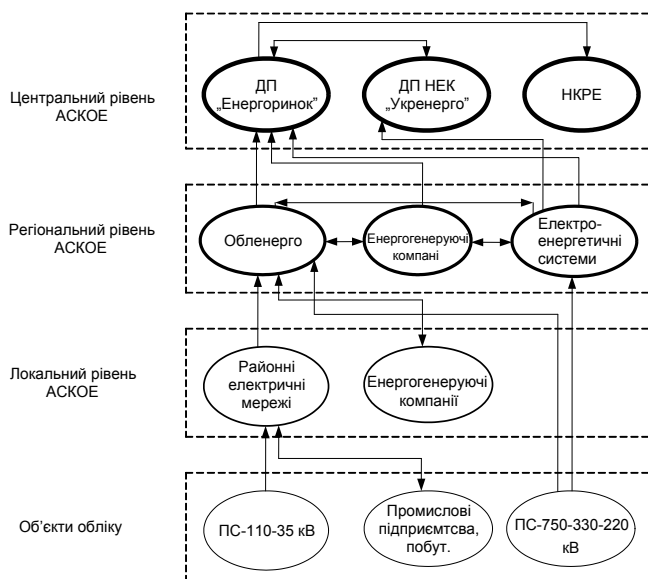


Рис. 1. Ієрархічна структура АСКОЕ

Перший тип зв'язків відповідає лише процесу передачі даних, другий тип — додатково передбачає взаємний аудит адекватності та точності інформації. Кожний із зображених рівнів виконує певний спектр функцій [5].

На рівні об'єкта обліку повинні виконуватися вимірювання відпуску/споживання електричної енергії в точках обліку, обчислення її параметрів, зберігання обчислених значень у первинній базі даних з відповідними їм мітками часу та ознаками вірогідності, доступ до первинних даних за допомогою комунікаційних протоколів.

На локальному рівні АСКОЕ здійснюється збирання первинних даних з первинної бази даних приладів обліку, оброблення, перевірка повноти та вірогідності первинних даних, відтворення пропущених даних, зберігання первинних даних у локальній базі з відповідними мітками часу та ознаками вірогідності, переда-

вання даних на регіональний та центральний рівні.

На регіональному рівні АСКОЕ організовується обмін даними з базами локального рівня, обробка даних, їх верифікація та збереження, передача даних на центральний рівень з відповідними мітками часу та ознаками вірогідності, обмін даними з суміжними регіональними АСКОЕ.

На центральному рівні АСКОЕ приймаються дані з регіонального рівня, виконується їх оброблення, верифікація, формування балансів електроенергії та збереження в базі центрального рівня з відповідними мітками часу і ознаками вірогідності.

Покладені на кожний рівень функції визначають їх функціональну структуру, яка в загальному випадку складається з вимірювального середовища АСКОЕ, системи збирання та обробки даних та комунікаційного середовища [6] (рис. 2). Останнє включає в себе перелік модулів, що забезпечують транспортування інформації від АСКОЕ об'єктів обліку до локального, регіонального та центрального рівнів. В свою чергу комунікаційні модулі складаються з каналів зв'язку (радіоканали, канали Radio Internet, канали GSM, електрозв'язок) та засобів, які формують первинну базу даних АСКОЕ.

Функціональна насиченість ієрархічного рівня АСКОЕ визначає перелік вимог до її елементів (рис. 2) в частині їх надійності та вірогідності вихідної інформації [3, 6]. Окремі вимоги висувуються до точності вимірювального середовища, а саме до класів точності трансформаторів струму й напруги, а також первинних перетворювачів та лічильників [7].

Причини низької ефективності впровадження АСКОЕ

Однією з головних причин, що зменшує ефективність реалізації АСКОЕ на нижчих ієрархічних рівнях є істотне зростання кількості об'єктів обліку, які обслуговуються даними суб'єктами Оптового ринку електроенергії (див. рис. 1). Так, якщо ДП НЕК «Укренерго» обслуговує 132 підстанції, то для обласних енергокомпаній кількість об'єктів обліку незначна, а для районних ЕМ може сягати кількох тисяч. Виходячи з цього, для ДП НЕК «Укренерго» вимірювальне середовище організоване на 60 % підстанцій, а системи збору та обробки даних реалізовані в 50 % електроенергетичних систем. У деяких обласних енергокомпаніях, наприклад ВАТ «Житомиробленерго», реалізація систем збору та обробки даних регіонального рівня завершена повністю, однак вимірювальне середовище локальних АСКОЕ рівня районних електричних мереж практично відсутнє. Автоматизація комерційного обліку електроенергії центрального рівня для ДП НЕК «Укренерго» — не реалізоване, а для ДП «Енерго-ринок» — реалізоване на рівні дослідної експлуатації.

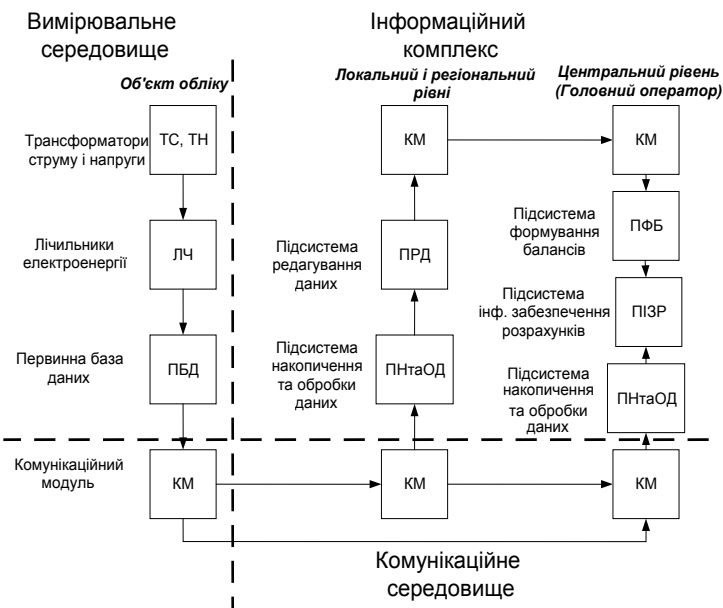


Рис. 2. Функціональна схема АСКОЕ

Основними проблемами, які призводять до низького рівня реалізації АСКОЕ на центральному та локальному ієрархічних рівнях згідно [9] є:

- відсутність необхідного державного фінансування;
- відсутність, або недосконалість нормативної документації щодо взаємовідносин суб'єктів Оптового ринку електроенергії в умовах функціонування АСКОЕ;
- відсутність єдиної стратегії впровадження АСКОЕ, яка визначатиме оптимальну послідовність встановлення засобів вимірювального середовища в точках обліку;
- відсутність остаточного, погодженого переліку функцій, які повинна виконувати АСКОЕ, а також керівних рішень щодо подальшої інтеграції даної системи обліку в автоматизовану систему диспетчерського керування;
- відсутність норм щодо порядку організації метрологічної атестації вимірювальних засобів АСКОЕ та ін.

З наведеного вище видно, що розробка та впровадження ефективної АСКОЕ є тривалим, витратним процесом і вимагає вдосконалення наявного методичного та математичного забезпечення, з метою ліквідації його відставання від інформаційних та обчислювальних можливостей сучасних технічних засобів. Крім того, враховуючи потенційну функціональність даної системи, розробка методів та засобів планування й аналізу заходів зі зниження витратних складових балансу електроенергії із залученням інформаційних можливостей АСКОЕ є актуальною задачею [8].

Оптимальна організація вимірювального середовища АСКОЕ

Наведене вище підтверджує виняткову актуальність розробки шляхів та методів оптимізації послідовності впровадження АСКОЕ, особливо в розподільних електричних мережах, оскільки на даний час не існує єдиної концепції розв'язання даної задачі. Пріоритетність визначається, в основному, технічними умовами, значенням споживання електроенергії споживачів або суб'єктивними рішеннями фахівця, який займається даною проблемою. Вочевидь, такий підхід не забезпечує стратегічного планування з послідовним вдосконаленням інформаційної інфраструктури розподільних ЕМ, здатної, на кінцевому етапі, забезпечити з прийнятною вірогідністю необхідний обсяг даних для складання балансів електроенергії, а також розробки заходів зі зменшення їх витратної складової.

Якщо дану проблему розглядати з точки зору математичного моделювання [10], то для її вирі-

шення доцільно застосувати засоби багатокритеріального аналізу з використанням перетворення вектора частинних критеріїв до вигляду інтегрального показника. Однак, такі методики не є доскональними у випадку використання якісних критеріїв, що визначаються експертами.

Отже, для вирішення поставленої проблеми доцільно використовувати комплексну методику багатокритеріального аналізу, яка базується на відомому методі аналізу ієрархій Сааті [11, 12] та теорії ігор [13]. Зазначена методика складається з таких етапів:

1. Визначення множини фрагментів ЕМ, які потребують багатокритеріального аналізу та множини критеріїв, за якими він буде проводитись.

2. Побудова на базі експертної інформації матриці парних порівнянь Сааті показників впливовості критеріїв аналізу та їх розрахунок.

3. Побудова на базі експертної інформації матриці ігор, елементами якої є значення критеріїв досліджуваних фрагментів ЕМ.

4. Ранжування варіантів на основі принципу мінімакса з урахування показників впливовості критеріїв.

Відповідно до поставленої мети — забезпечення ефективності вимірювального середовища для розв'язання задач АСКОЕ — ієрархічну структуру критеріїв для ранжування фрагментів розподільних мереж за мірою техніко-економічної доцільності встановлення засобів АСКОЕ подано в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік критеріїв для ранжування фрагментів розподільних ЕМ

Найменування критерію	Позначення	Діапазон можливих значень та крок
Інформаційні		
Комплексний критерій спостережності електричних мереж [9]	$\chi_{\Delta W}$	[50...100], %
Матеріальні (матеріальне забезпечення)		
Відносна кількість встановлених ТС	$\eta_{СТ}$	[0...100], 20 %
Відносна кількість встановлених ТН	$\eta_{ТН}$	[0...100], 20 %
Відносна кількість встановлених пристроїв збору інформації	$\eta_{ПЗІ}$	[0...100], 20 %
Відносна кількість встановлених каналів зв'язку	$\eta_{КЗ}$	[0...100], 20 %
Відносна кількість наявних електронних лічильників ЕЕ	$\eta_{Л}$	[0...100], 20 %
Наявність відповідних засобів ЕОМ	$\eta_{ЕОМ}$	Експертний [лінгвістична оцінка]
Експлуатаційні		
Наявність обслуговувального персоналу	$\eta_{ОП}$	Експертний [лінгвістична оцінка]
Довжина головної ділянки фідера	$L_{ГД}$	[відстань у км]
Кількість вузлів фідера ЕМ	$N_{В}$	Експертна [лінгвістична оцінка]
Наявність персоналу в РЕМ, що має навички користування та обслуговування ЕОМ	$\eta_{К}$	Експертний [0, 1, 3]
Природні		
Наявність природних або виробничих факторів, які негативно впливають на електронні засоби вимірювання	$\eta_{П}$	[0...100], 20 %
Технічні		
Відносна кількість вузлів — потужних споживачів	$\eta_{ПС}$	[0, 100], 10 %
Відносна кількість відповідальних споживачів	$\eta_{ВС}$	[0, 100], 10 %
Комерційні		
Відносне значення проплати за відпуск електроенергії	$\eta_{Б}$	[50, 100], 5 %
Відносне значення звітних втрат ЕЕ	ВЗТВЕ	[0, 50], 5 %
Відносна кількість споживачів, які сприяють зменшенню ТВЕ	$\eta_{ЗЗ}$	[0, 100], 10 %

Побудова матриці парних порівнянь Сааті відбувається після проведення фахівцями відповідних служб оцінки окремих фрагментів розподільних електричних мереж за кожним з критеріїв, що відповідають їх компетенції. Ця матриця має такий вигляд:

обліку електроенергії, а також забезпечити зниження технологічних витрат у розподільних електричних мережах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила користування електричною енергією. — Затв. Постановою НКРЕ від 31.07.1996 № 28 (у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 р. № 910).
2. Рабчинский С. А. Стадии и этапы создания интегрированных автоматизированных систем диспетчерского управления и учета электроэнергии // Энергетика и электрофикация. — 2004. — № 2. — С. 6—12.
3. Технічні вимоги до автоматизованої системи комерційного обліку оптового ринку електричної енергії України. Додаток 7(4) до Договору між Членами Оптового ринку електричної енергії України. Київ, 2003.
4. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електричної енергії в умовах енергоринку. — Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держкомпромполітики України № 32/28/28/276/75/54 від 17.04.2006 р. — м. Київ.
5. Праховник А. В., Коцар О. В., Прокопєць В. І. Сучасні принципи побудови АСКОЕ суб'єктів ОРЕ та АСКОЕ споживачів в умовах енергоринку України // Энергетика і електрифікація. — 2006. — № 4. — С. 2—7.
6. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ. Загальні вимоги. Стандарт ОРЕ. — Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол № 15 від 27.01.2006 р.
7. Інструкція про порядок комерційного обліку електричної енергії, Додаток № 10 до Договору між членами Оптового ринку електричної енергії: Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол № 12 від 08.10.1998.
8. Лежнюк П. Д., Красовский Ю. Л., Кулик В. В. Керування втратами електроенергії в розподільних мережах з використанням засобів АСКОЕ // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. — 2003. — вип. 19. Т. 1. — С. 99—107.
9. Пересунько В. І. Стан та перспективи впровадження АСКОЕ ОРЕ України // Новини енергетики. — 2007. — № 5. — С. 26—28.
10. Хубка В. Теория технических систем. — М.: Мир. — 1987. — 208 с.
11. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные системы. — Вінниця: Універсум-Вінниця, 1999. — 320 с.
12. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. — М: Радио и связь. — 1991. — 224 с.
13. Вентцель Е. С. Введение в исследование операции. — М.: Советское радио, 1964. — 384 с.

Рекомендована кафедрою електричних станцій і систем

Надійшла до редакції 11.12.07
Рекомендована до друку 27.02.08

Кулик Володимир Володимирович — доцент; **Пискляров Дмитро Сергійович** — аспірант.
Кафедра електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет