

## СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

*Метою статті є узагальнення всіх можливих напрямків використання систем моніторингу режимів електроспоживання у виробничій діяльності.*

*В публікації запропонована концепція створення системи моніторингу режимів електроспоживання на промислових підприємствах.*

*Розглянуті заходи, що зменшують втрати електроенергії та розмір оплати за неї, та процедури, що забезпечують точність, оперативність та достовірність вимірювальної інформації, що надходить з автоматизованих систем обліку електроенергії.*

*Доведена важливість моніторингу та контролю поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання на промислових підприємствах.*

*Розроблено декілька нових поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання.*

*Зроблено висновок про те, що на промисловому підприємстві необхідно створити цілісну автоматизовану систему моніторингу режимів електроспоживання (а в подальшому і всіх енергоресурсів) для проведення комплексу заходів, направлених на підвищення енергоефективності підприємства в цілому.*

**Ключові слова:** режим електроспоживання, облік електроенергії, система моніторингу.

**Вступ.** Підвищення ефективності економіки є одним із найбільш актуальних питань сучасності, особливо зараз це гостро стосується України. Тільки максимально ефективне використання кожної виробленої кВт·год електричної енергії дозволить забезпечити економічну незалежність і конкурентоспроможність як окремого промислового підприємства (ПП), так і країни в цілому. Тобто, гостро стоїть питання енергоефективності. Якщо брати до уваги вирішення даного питання на окремому ПП, то необхідно відмітити наступне. Останнім часом з'явилося багато шляхів застосування автоматизованих систем обліку електроенергії (АСОЕ) як для підвищення ефективності і раціонального використання електричної енергії, так і для контролю параметрів режимів електропостачальних систем (ЕПС) промислових підприємств.

**Мета та завдання.** Метою роботи є розробка концепції створення системи моніторингу режимів електроспоживання на основі збору та аналізу інформації від впроваджених АСОЕ для вирішення питань підвищення енергоефективності на ПП, а також узагальнення усіх можливих напрямків використання систем моніторингу режимів електроспоживання в виробничій діяльності ПП.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** АСОЕ вже декілька десятиліть знаходять застосування на ПП для організації та автоматизації обліку електричної енергії. Перші інформаційно-вимірювальні системи були розроблені в СРСР у 70-х роках минулого сторіччя [1 - 5]. У більшості випадків, і на даний час також, впроваджені АСОЕ використовуються у якості так званих AMR (Automated Meter Reading) – дистанційний збір даних із лічильників електричної енергії. Інформація із первинної бази даних лічильника через цифрові інтерфейси зчитується і передається в центри їх обробки для аналізу і формуванню рахунків за поставлену/спожиту електричну енергію. Тобто, впровадження АСОЕ значно скорочує строки збору даних, підвищує їх достовірність та дозволяє автоматизувати процес розрахунків за поставлену/спожиту електричну енергію.

Враховуючи стрімке вдосконалення як технічних засобів, так і математичних методів які можуть бути застосовані для вирішення питань підвищення енергоефективності ПП, постає необхідність перетворення (на першому етапі) системи типу AMR в систему AMI (Advanced Metering Infrastructure) – розвинену інформаційну структуру, тобто вимірювально-інформаційну структуру, яка здібна не тільки збирати дані із лічильників електричної енергії, а ї їх аналізувати. Це дозволить (на другому етапі) впровадити на ПП повновісну, інформаційну одиницю, як складову загальної системи Smart Grid, систему АММ (Advanced Meter Management – система інтелектуальних вимірювань).

Проаналізуємо стан справ на даний час в сфері застосування інформації від АСОЕ на ПП.

Інформація в АСОЕ відображається у вигляді мнемосхем, таблиць, графіків і діаграм [6].

Від зручності роботи операторів автоматизованих робочих місць АСОЕ залежить ефективність використання даних АСОЕ, оперативність і правильне управління енергоспоживанням.

В даний час для власників ПП існує основна мета використання АСОЕ: зменшення витрат електроенергії та зменшення розміру оплати за електроенергію.

**Зменшення витрат електроенергії та розміру оплати за електроенергію здійснюється шляхом використання таких заходів:**

1. Розрахунок за спожиту електроенергію при наявності економічного ефекту за тарифами, диференційованими за періодами часу.

2. Проведення внутрішньозаводських розрахунків між структурними підрозділами за електроенергію.

АСОЕ зменшує технологічну складову електроспоживання ПП, пов'язану з порушенням технологічного циклу та неефективністю використання устаткування [3].

3. Контроль витрат і виробітку реактивної електроенергії в структурних підрозділах і на підприємстві в цілому.

АСОЕ здатна розраховувати в режимі реального часу оптимальну потужність компенсуючих пристроїв перетікання реактивної потужності в електропостачальній системі промислового підприємства. За даними АСОЕ за розрахунковий інтервал визначаються реактивні потужності підстанцій, визначаються відхилення від оптимальних значень та обираються регулюючі впливи на компенсуючі пристрої. Головне завдання при цьому – зменшити перетікання реактивної потужності на межі балансового розподілу електричних мереж споживача та енергопостачаючої організації та не допустити генерації реактивної потужності в мережу її.

4. Розробка процедури проведення оперативного, короткочасного прогнозування електричного навантаження. Це дозволить уникнути перевищення узгодженого розрахункового навантаження на ПП. Прогнозування може бути виконане або економіко-математичними методами (наприклад, методом експоненціального згладжування [7]), або методом нейронних мереж [8]. По кожному приєднанню технічного обліку електроенергії (найбільш доцільно це для найпотужніших приєднань) необхідно розрахувати максимальне значення електричного навантаження. Це створить можливість точно одержати значення розрахункового максимуму для точки комерційного обліку електроенергії.

5. Розрахунок у режимі реального часу або за запитом втраченої електроенергії в елементах електричної мережі згідно формул, вказаних в [9].

6. Розрахунок в режимі реального часу втрат на власні потреби на підстанціях ПП [10].

7. Перевірка якості роботи технологічного або оперативного персоналу шляхом порівняння питомих норм витрат електроенергії на одиницю продукції або іншого паливно-енергетичного ресурсу (ПЕР) за кожну зміну, добу, тиждень тощо.

8. Інтеграція АСОЕ з системами управління ресурсами підприємств, щоб впровадити на виробництві систему контролю і оперативного планування енергоресурсів (КіОП). Після збору значень факторів, від яких залежить рівень споживання ПЕР, даних обсягу випускаємої продукції, та кількості спожитої сировини система КіОП повинна побудувати математичну модель енергоспоживання об'єкта, обрахувати індивідуальні та групові «стандарти» нормального енергоспоживання. Докладніше ці питання розглянуті в роботах [11,12].

9. Інструментальна підтримка процесів впровадження та супроводу енергозберігаючих заходів та технологій, в т.ч. енергетичного аудиту, а також реалізації керуючих впливів в рамках впровадження систем енергетичного менеджменту та енергетичного моніторингу [13,14].

10. Зведення балансів на підстанціях ПП з метою виявлення небалансів, невиробничих втрат з метою їх подальшого усунення.

Балансовий метод є основним способом достовіризації та виявлення похибок вимірювання електроенергії. Суть методу складається в порівнянні значень фактичного та допустимого небалансів електроенергії на всій підстанції або секції шин [15].

Фактичний небаланс в процентах  $НБ_{\phi}$  обраховується згідно показників приладів обліку як різниця між електроенергією, що поступила на об'єкт  $W_n$  та відпущеною електроенергією  $W_o$ . Крім того, враховуються власні, господарчі та виробничі потреби об'єкту  $W_n$ , а також технічні втрати в елементах устаткування  $\Delta W_{mex}$  за формулою:

$$НБ_{\phi} = \frac{W_n - W_o - W_n - \Delta W_{mex}}{W_n} \cdot 100 \%$$

Значення допустимого небалансу електроенергії в процентах  $НБ_o$  визначається за формулою, що враховує максимально допустимі відносні похибки  $\delta_{wi}$  кожного вимірювального каналу, а також частку електроенергії  $d_i$ , що поступила по всім вимірювальним каналам прийому електроенергії  $N_n$  та частку електроенергії  $d_j$ , що поступила по всіх вимірювальних каналах віддачі електроенергії  $N_o$  з енергооб'єкту:

$$HB_{\phi} = \pm \sqrt{\left( \sum_{i=1}^{Nn} \delta_{wi}^2 d_i^2 + \sum_{i=1}^{No} \delta_{wj}^2 d_j^2 \right) \cdot 100 \%}.$$

Максимально допустима відносна похибка вимірювального каналу розраховується за наступною формулою:

$$\delta W_i = \pm \sqrt{\delta_i^2 + \delta_U^2 + \delta_{\Delta U}^2 + \delta_{\Delta}^2},$$

де  $\delta_i$ ,  $\delta_U$ ,  $\delta_{\Delta U}$ ,  $\delta_{\Delta}$  - похибки трансформатора струму, трансформатора напруги (ТН), лічильника, внаслідок втрат між ТН та лічильником відповідно.

У випадку, коли  $HB_{\phi}$  не перевищує  $HB_{\phi}$ , облік електроенергії може бути визнаний достовірним. В іншому разі облік є недостовірним, і персонал підстанції повинен в'янути причини небалансу та вжити заходів з їх усунення.

Необхідно розраховувати небаланс по кожній секції лінії 6, 10 або 110 кВ головних понижуючих підстанцій та розподільних пунктів з урахуванням кількості та класів точності приладів обліку комерційного обліку і технічного обліку [15].

11. Використання засобів АСОЕ, які повинні враховувати всі можливі співвідношення перетікань у відповідних тимчасових інтервалах в умовах складних схем електропостачання із змінними напрямками перетікань реактивної потужності.

Мінімізація оплати за перетікання реактивної електроенергії для складноструктурованих ЕПС ПП зі змінними напрямками перетікань реактивної потужності з трьохфазними силовими трансформаторами з розщепленими обмотками або трьохобмоточними, в яких межа балансового розподілу знаходиться на стороні вищої напруги силових трансформаторів, а прилади обліку встановлені на стороні низької або середньої напруги.

На рис. 1 наведено концептуальний приклад такої схеми, де приладовий облік встановлений на низькій напрузі живлячого трансформатора (секції I, II, III, IV), на кожній секції є режими споживання і (або) генерації реактивної потужності і, у принципі, можливі внутрішні зрівняльні перетікання  $W_{Qy}$ , які не виходять в мережу енергопостачальної організації. Ці зрівняльні перетікання двічі враховуються приладовим обліком (по одній секції як генерація, по іншій - споживання). У звичайних умовах обліку фіксувати величини зрівняльних перетікань не є можливим.

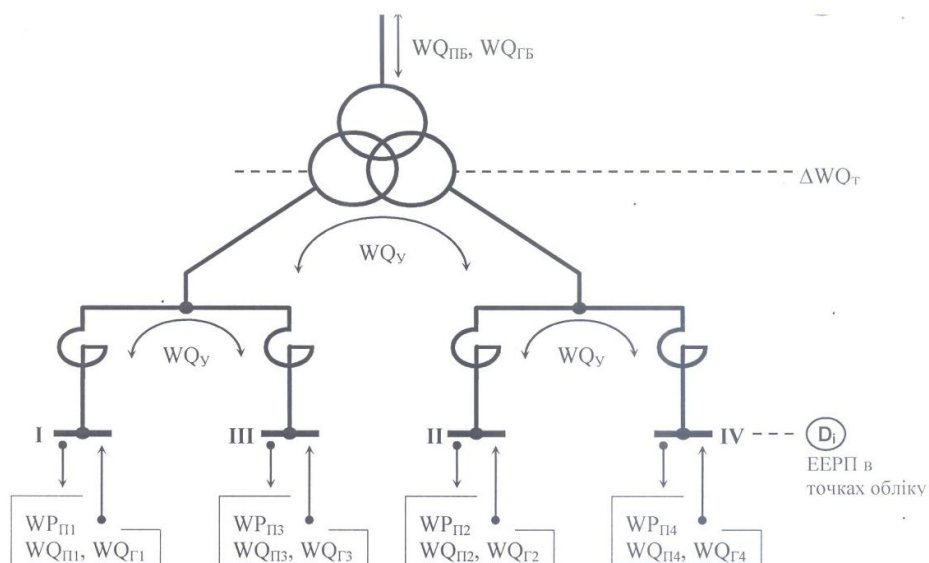


Рис. 1. Схема електропостачання підстанції 110/6 кВ

Умовні позначення на рис. 1:

$WQ_{Pi}$  – споживання реактивної електроенергії в точці обліку;

$WQ_{Gi}$  – генерація реактивної енергії в точці обліку;

$WQ_y$  – внутрішні зрівняльні перетікання, які не виходять в мережу енергопостачальної організації;

$WQ_{ПБ}$ ,  $WQ_{ГБ}$  – відповідні розрахункові балансні перетікання реактивної електроенергії на межі балансового розділу електричних мереж (МБР);

ЕЕРП – економічний еквівалент реактивної потужності.

Тому доцільно розробити спосіб розрахунків балансу і оптимізації перетікань реактивної електроенергії на електричних підстанціях у складі АСОЕ промислових підприємств [16], що дозволить

також проводити точний розрахунок втрат електроенергії в силових трансформаторах в інформаційних умовах АСОЕ в режимі реального часу.

12. Управління режимами електроспоживання з метою зниження споживання в години пікового навантаження та збільшення його в позапіковий час.

Вирівнювання навантаження має велике значення як для зменшення втрат енергії, так і для зменшення оплати за електроенергію. АСОЕ здатна розраховувати коефіцієнти форми, максимуму, загрузки, а також інші морфометричні характеристики графіків електричних навантажень, запропоновані в роботі [17].

Неможливо досягти зменшення обсягу оплати за електроенергію та зменшення величини електроспоживання без забезпечення точності, оперативності та достовірності вимірювальної інформації, а також постійного моніторингу та контролю поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання на ПП.

**Точність, оперативність та достовірність вимірювальної інформації забезпечується за рахунок застосування таких процедур:**

1. Верифікація та достовіризація даних обліку електроенергії.

Це досягається як перевіркою масивів даних електроспоживання на грубі помилки, так і застосуванням балансового методу, розглянутого вище.

2. Відновлення відсутніх даних електроспоживання. У вимогах Головного оператора системи комерційного обліку ОРЕ щодо складу, змісту та умов погодження проектної документації на створення автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) [18] п. 5.12 вказано, що однією з функцій АСКОЕ є заміщення (відновлення даних), не отриманих Операторами АСКОЕ в установлений термін. В [19] розглянуті методи відновлення облікових даних.

3. Резервування каналів зв'язку між лічильником (пристроєм збору-передачі даних) та сервером. В даний час в якості каналів зв'язку в АСКОЕ використовуються виділені телефонні лінії або канали стандарту GSM або Radioethernet. Рекомендовано в таких випадках мати резервні канали зв'язку та дублювати передачу даних по каналах Radioethernet каналами стандарту GSM. Доцільно на кожному вимірювальному каналі в АСКОЕ мати як основний, так і резервний канал зв'язку. Якщо є технічна можливість, краще перейти на лінії зв'язку з оптоволокна, які мають високу швидкість та надійність передачі даних. Але необхідно пам'ятати, що такому каналу зв'язку будуть властиві такі недоліки, як висока вартість, неможливість охоплення важкодоступних точок обліку і необхідність дотримання спеціальних вимог при прокладанні.

4. Встановлення на відповідальні приєднаннях згідно Інструкції [15] дублюючих лічильників.

5. Розробка сигналізації про відсутність обліку електроенергії в будь-якій точці.

6. Своєчасна перевірка приладів обліку електроенергії, пристроїв збору-передачі даних та вимірювальних каналів АСОЕ.

7. Перевірка правильності схем обліку, надійності контактних з'єднань в них. Ці питання розглянуті в монографії [20].

8. Встановлення більш точних приладів обліку (наприклад, лічильників, трансформаторів струму та напруг класу 0,5 або 0,2), що забезпечує підвищення точності обліку електроенергії та зменшення похибки приладів обліку електроенергії.

**Проводиться моніторинг та контроль наступних поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання на ПП:**

1. Усереднене значення активного та реактивного навантаження за 5, 30 хвилин, годину, добу, декаду, місяць тощо.

2. Пофазні ( $P_A, P_B, P_C$ ) активні потужності; пофазні ( $Q_A, Q_B, Q_C$ ) реактивні потужності; пофазні ( $S_A, S_B, S_C$ ) повні потужності; кути зсуву фаз ( $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ ).

3. Середнє значення фазного або лінійного струму на приєднанні за вищеперечислені інтервали часу.

4. Параметри якості електроенергії, що вимірюються та збираються електронними лічильниками, згідно ГОСТ 13109-97 [21] (фазні ( $U_A, U_B, U_C$ ) або лінійні ( $U_{AB}, U_{CA}, U_{BC}$ ) напруги; частоту ( $f$ ); усталені відхилення напруги ( $\Delta U_y$ ), коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги  $K_U$ , коефіцієнт  $n$ -ої гармонічної складової напруги  $K_{U(n)}$ , коефіцієнт несиметрії напруги за оберненою та нульовою  $K_{2U}$  та  $K_{0U}$  послідовністю відповідно та інші). Необхідно зауважити, що вищевказані параметри електронні лічильники вимірюють, але не з вказаною в [21] дискретністю і, що головне, вимірювання ними даних параметрів якості електричної енергії метрологічно не атестовано. Точність вимірюваних результатів на даний час за деякими параметрами ще недостатня і що особливо важливо). В роботі [4] запропоновано поєднати АСОЕ з системою контролю якості електроенергії. Реєстратори (монітори) якості електроенергії здатні забезпечити частоту одержання даних не менше 5 кГц (5000 вимірювань в секунду), що забезпечує значно кращий контроль за показниками якості електроенергії, ніж електронні лічильники, у яких частота одержання найважливіших даних не перевищує 3 або 5 хвилин. Дані,

зафіксовані реєстраторами якості електроенергії, застосовуються з метою використання як доказової бази при вирішенні спірних питань з енергопостачаючою організацією; з метою коригування рахунків оплати електроенергії; для виявлення винуватця погіршення якості електроенергії.

5. Величина коефіцієнту потужності та коефіцієнту реактивної потужності.

6. Стан (ввімкнено, вимкнено) вимикача напругою 6 ÷ 110 кВ. Інтеграція АСОЕ та автоматизованих систем диспетчерського управління допоможе оперативному персоналу краще вести нагляд за станом ЕПС.

7. Наявність навантаження на приєднанні, де встановлені прилади обліку.

8. Резонансна частота в паралельному контурі, що складається або зі зведеного струмообмежувального реактора, конденсаторної установки в одній вітці та активно-індуктивного навантаження в іншій вітці з джерелом вищих гармонік (рис. 2) [22], або з конденсаторної установки в одній вітці, а в іншій - активно-індуктивного навантаження з джерелом вищих гармонік, та контроль її в режимі реального часу.

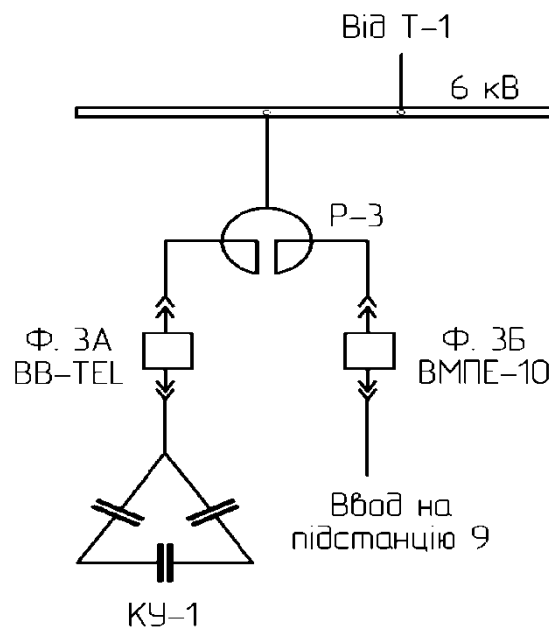


Рис. 2. Однолінійна схема підключення КУ через вітку зведеного струмообмежувального реактора

На потужних промислових підприємствах зустрічаються такі схеми електропостачання, коли до одної вітки контуру підімкнено смісне навантаження, необхідне для компенсації реактивної потужності в мережі, а до другої вітки – активно-індуктивне навантаження, що містить джерело вищих гармонік (рис. 2).

Струм, напруга, коефіцієнт потужності активно-індуктивного навантаження змінюються в досить широких діапазонах, змінюється також ємність КУ. При деякому значенні струму, напруги, коефіцієнта потужності, ємності КУ резонансна частота  $f_{рез}$  в контурі може співпадати з частотою непарних гармонік (з 3 до 19), кратних 50 Гц (150, 250, ..., 950) Гц. Тому необхідно, ґрунтуючись на даних, зібраних електронними лічильниками, встановлених на приєднаннях 3А та 3Б (рис. 2) при умові підключення цих лічильників до АСОЕ, організувати моніторинг резонансної частоти в такому контурі в режимі реального часу. Доцільно також при цьому проводити оперативне прогнозування даних електроспоживання на один-два періода упередження. Цей захід дозволить створити запас часу для оперативного персоналу, щоб зменшити ємність КУ або відключити її зовсім.

9. Час роботи (пробігу) основного електроустаткування (силових трансформаторів, електродвигунів напругою 10 (6) кВ). Це дозволить визначити момент виведення в ремонт електродвигунів, силових трансформаторів; розрахувати з більшою точністю втрати енергії в силових трансформаторах.

В даний час на виробництві ведуть вручну журнали пробігу устаткування, за якими визначається час роботи електродвигунів. Якщо на приєднанні електродвигуна або силового трансформатора встановлений електронний лічильник, що передає дані електроспоживання в АСОЕ, то цю функцію ще точніше може виконувати система обліку без використання ручної праці.

### Висновки

1. Проведений аналіз можливих шляхів застосування інформації від АСКОВЕ дозволяє стверджувати, що на промисловому підприємстві можливо і необхідно створення цілісної автоматизованої системи моніторингу режимів електропостачання / електроспоживання електричної енергії (а в подальшому і всіх енергоресурсів) для проведення комплексу заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності підприємства в цілому.

2. Докладно розглянуті заходи з використання АСОВЕ для зменшення витрат на оплату спожитої електроенергії та розміру електроспоживання.

3. Звернено увагу на важливість питань забезпечення точності та достовірності вимірювальної інформації та постійного моніторингу та контролю поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання на ПП.

4. Розглянуті процедури, що гарантують точність та достовірність вимірювальної інформації.

5. Перераховано найбільш важливі поточні технологічні параметри режимів електроспоживання на ПП.

6. Запропоновано використовувати АСОВЕ замість журналів пробігу для визначення часу роботи (пробігу) основного електроустаткування (силових трансформаторів, електродвигунів напругою 6 (10) кВ). Це дозволить розрахувати з більшою точністю втрати енергії в силових трансформаторах та визначити термін проведення ремонту високовольтних або низьковольтних електродвигунів.

### Список літератури

1. Праховник А.В. Автоматизация управления электропотреблением / А.В. Праховник – К.: Вища школа, 1986. – 76 с.

2. Гинайло В. А. Зачем нужны автоматизированные системы учета электроэнергии? / В.А. Гинайло, А.В. Гинайло, П. Р. Надуда, Е.Н. Танкевич // Промэлектро. – 2008 – № 5 – С. 47–52.

3. Гуртовцев А.Л. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах / А.Л. Гуртовцев // СТА. – 1999. – № 3. – С. 44–45.

4. Праховник А.В. Автоматизовані системи обліку та якості електроенергії в оптовому ринку / А.В. Праховник, Ю.Ф. Тесик, А.Ф. Жаркін, В.О. Новський, О.Г. Гриб [та ін.] (під ред. Гриба О.Г. ). – Харків.: ПП «Ранок-НТ», 2012. – 516 с.

5. Петухов В. Г. АСКУЭ как инструмент энергосбережения. – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.eu.sama.ru/publications>

6. Калинин В.П., Розен В.П., Соловей А.И., Танский А.-М. М. Энергетический менеджмент. Графические методы обработки информации: Учебное пособие / В.П. Калинин, В.П. Розен, А.И. Соловей, А.-М. Танский. – К.: Кондор. – 2007. – 104 с.

7. Бедерак Я.С. Применение метода экспоненциального сглаживания для восстановления утраченных данных технического учета на промышленных предприятиях / Я.С. Бедерак // Электротехника і Електромеханіка. – 2014. – №4. – С. 52–55.

8. Р.О. Буйний. Використання інформації від АСКОВЕ та нейронних мереж для розрахунку недовідпуску електричної енергії споживачам / Р.О. Буйний, В.В. Зорін, В.В. Козирський // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2009. – № 2. – С. 82 – 86

9. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю.С. Железко. – М.: НЦ ЭНАС. – 2002. – 280 с.

10. ГНД 34.09.203-2004. Нормування витрат електроенергії на власні потреби підстанцій 35-750 кВ і розподільчих пунктів 6-10 кВ. Інструкція. Галузевий нормативний документ. . – К.: ОЕП «ГРІФРЕ». – 2004. – 38 с.

11. Банин Д.Б., Банин М.Д., Дегтярев А.В., Бедерак Я.С. Расчет реальной величины перетока реактивной электроэнергии для промышленных предприятий на основе данных АСКУЭ / Д.Б. Банин, М.Д. Банин, А.В. Дегтярев, Я.С. Бедерак // Енергетика та електрифікація. – 2013. – №9. – С. 16 – 21.

12. Находов В.Ф. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, О.В. Тишко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2010. – № 3. – С. 51 – 58.

13. Находов В.Ф. Контроль та аналіз виконання встановлених «стандартів» в системах статистичного контролю ефективності використання електричної енергії / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2011. – № 2. – С. 16 – 23.

14. Прокопенко В.В. Полнофункциональный инструмент для реализации перманентного энергетического аудита / В.В. Прокопенко, О.В. Коцарь, Ю.А. Расько, Ю.С. Павлова // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. – № 2. – С. 85 – 92.

15. Чернявський А.В. Інформаційно-аналітичні засоби моніторингу енергоефективності об'єктів нафтодобувної галузі / А.В. Чернявський, Д.В. Якобюк // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – 2014. – № 2. – С. 111 – 115.
16. Інструкція про порядок комерційного обліку електричної енергії, затверджена Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол №12 від 08 жовтня 1998 р.
17. Коменда Н.В. Пошук споживачів-регуляторів на основі морфо метричного підходу при управлінні добовим навантаженням промислового підприємства / Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, О.Д. Демов // *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України: Зб. наук. пр.* — К.: ІЕД НАНУ, 2010. — Вип 27. — С. 22 – 26.
18. Вимоги Головного оператора системи комерційного обліку ОРЕ щодо складу, змісту та умов погодження технічних завдань, технічних, робочих та техноробочих проектів на створення автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) ОРЕ. Додаток до листа ДП «Енергоринок» від 13.06.2014 № 03/35-6204.
19. Волошко А.В. Восстановление учетных данных энергопотребления на промышленных предприятиях / А.В. Волошко, Т.Н. Лутчин, Я.С. Бедерак // *Материалы VII Международной научно-практической конф.*, 26 ноября 2012 г. – Москва, 2012. – С. 179 – 188.
20. Бедерак Я.С. Методы проверки схем включения счетчиков и измерительных каналов систем учета электроэнергии: Монография / Я.С. Бедерак, А.В. Волошко, Ю.А. Родин, А.В. Праховник. – Харьков: Изд-во «Форт», 2012. – 136 с.
21. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Межгосударственный стандарт. [Действителен от 2000 – 01 – 01]. – М., ИПК Издательство стандартов, 1998. К., Госстандарт Украины с дополнениями и поправками, 1999. – 31 с. (Госстандарт).
22. Бедерак Я.С. Засоби захисту конденсаторних установок 10 (6) кВ, встановлених в однієї вітці здвоеного струмообмежувального реактору, у випадку наявності підключеного до другої вітки джерела вищих гармонік, від резонансу струмів / Я.С. Бедерак // *Енергетика і Електрифікація*. – 2014. – №6. – С. 34–37.

**A.V. Voloshko, Ya.S. Bederak**

**National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»**

### **MONITORING SYSTEM MODE POWER CONSUMPTION INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*The aim of the article is generalization of all possible usage directions of monitoring modes of power consumption in production activity.*

*The concept of creating a system of monitoring modes of power consumption in the industrial enterprises was proposed in this publication.*

*The measures that reduce power losses and the amount of payment for these losses, as well as and procedures for ensuring accuracy, efficiency and reliability of measurement data, which are coming from the automated systems of electric power metering were considered.*

*The importance of monitoring and control of current technological parameters of power consumption modes in the industrial enterprises was proved.*

*Several new current technological parameters of the power consumption regimes were developed.*

*It is concluded that in an industrial plant, it is necessary to create an integrated automated system for monitoring power consumption modes (and eventually all energy resources) for conducting a set of measures aimed to improve the energy efficiency of the enterprise as a whole.*

**Keywords:** mode power consumption, accounting for electricity, monitoring system.

1. Prahovnik A. V. Automating of energy management / A. V. Prahovnik – K.: Vishcha shkola, 1986. 76 p.
2. Ginajlo V. A. Why automated accounting systems of electricity are needed? / V.A. Ginajlo, A. V. Ginajlo, P. R. Naduda, E. N. Tankevich // *Promehlektro*. – 2008 – № 5 – P. 47–52.
3. Gurtovcev A. L. Integrated automation of energy accounting at industrial enterprises and commercial facilities / A. L. Gurtovcev // *STA*. – 1999. – № 3. – P. 44 – 45.
4. Prahovnik A. V. Automated accounting and quality of electricity in the wholesale market / A. V. Prahovnik, Yu. F. Tesik, A. F. Zharkin, V. O. Novs'kij, O. G. Grib [ta in.] (pid red. Grib O. G.). – Harkiv.: PP «Ranok-NT», 2012. – 516 p.
5. Petuhov V. G. AMR as an instrument for energy saving. – [Elektronij resurs] – Rezhim dostupu – URL: <http://www.eu.sama.ru/publications>
6. Kalinchik V. P. Energy management. Graphical methods for data processing : Uchebnoe posobie / V. P. Kalinchik, V. P. Rozen, A. I. Solovej, A.-M. Tanskij. – K.: Kondor. – 2007. – 104 p.

7. Bederak Ya. S. Application of the method of exponential smoothing to recover lost data of technical accounting at industrial enterprises / Ya. S. Bederak // *Elektrotehnika i Elektromekhanika*. – 2014. – №4. – P. 52 – 55.
8. R. O. Buynny. Use information from AMR and neural networks to calculate undersupply of electric energy to consumers / R. O. Buynny, V. V. Zorin, V. V. Kozys'kyi // *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya*. – 2009. – № 2. – P. 82 – 86.
9. Zhelezko Yu. S. Calculation, analysis and rationing of losses in electrical networks / Yu.S. Zhelezko. – M.: NC EHNAS. – 2002. – 280 p.
10. HND 34.09.203-2004. Rationing of electricity consumption for own needs substations 35-750 kV and 6-10 kV distribution points. Instruction. Industry regulation. Instruksiya. Haluzevyy normatyvnyy dokument. – K.: OEP «HRIFRE». – 2004. – 38 p.
11. Nakhodov V. F. Improvement of the current energy consumption normalizing system based on the power control and scheduling the power consumption / V. F. Nakhodov, O. V. Borychenko, O.V. Tyshko // «Promyslova elektroenerhetyka ta elektrotehnika» *Promelektro : inform. zb.* – 2010. – № 3. – P. 51 – 58.
12. Nakhodov V. F. Monitoring and analysis of execution established "standards" in the systems of statistical control efficiency of electricity / V. F. Nakhodov, O. V. Borychenko // «Promyslova elektroenerhetyka ta elektrotehnika» *Promelektro : inform. zb.* – 2011. – № 2. – P. 16 – 23.
13. Prokopenko V. V. Full functional tools for the implementation of the permanent energy audit / V. V. Prokopenko, O. V. Kocar', Yu. A. Ras'ko, Yu. S. Pavlova // *Energetika: ekonomika, tekhnologii, ekologiya*. – 2014. – № 2. – P. 85 – 92.
14. Chernyavs'kij A. V. Informational and analytical tools for monitoring of energy facilities at oilfield industry / A. V. Chernyavs'kij, D. V. Yakobyuk // *Energetika: ekonomika, tekhnologii, ekologiya*. – 2014. – № 2. – P. 111 – 115.
15. Instructions on the commercial electricity metering, approved by the Board of the Wholesale Electricity Market of Ukraine, report №12 from October 8, 1998.
16. Banin D. B. The calculation of the real value of reactive power flow for industrial enterprises based on the AMR / D. B. Banin, M. D. Banin, A. V. Degtyarev, YA. S. Bederak // *Energetika ta elektrifikatsiya*. – 2013. – №9. – P. 16 – 21.
17. Komenda N. V. Search consumers-regulators on the basis of morphometric approach in the management of the daily load of industrial enterprises / N. V. Komenda, T. I. Komenda, O. D. Demov // *Pratsi Instytutu elektrodynamiky Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny: Zb. nauk. pr.* — K.: IED NANU, 2010. — V. 27. — P. 22 – 26.
18. The main requirements for the operator of commercial accounting system WEM on the composition, content and conditions approval of specifications, technical, operational and detailed design projects for creating automated systems of commercial electricity metering (AMR) WEM. *Dodatok do lysta DP «Enerhorynok» vid 13.06.2014 № 03/35-6204.*
19. Voloshko A. V. Restoration of energy consumption credentials at industrial enterprises / A. V. Voloshko, T. N. Lutchin, Ya. S. Bederak // *Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konf.*, 26 noyabrya 2012 g. – Moskva, 2012. – P. 179–188.
20. Bederak Ya. S. The methods of verification switching circuits of meters and measuring channels of electricity metering systems *Monografiya* / Ya. S. Bederak, A. V. Voloshko, YU. A. Rodin, A. V. Prahovnik. – Har'kov: Izd-vo «Fort», 2012. – 136 p.
21. GOST 13109-97. Electrical energy. Electromagnetic compatibility of equipment. Quality standards for electrical energy in power systems of general purpose. *Mezhgosudarstvennyj standart. [Dejstvitelen ot 2000 – 01 – 01].* – M., IPK Izdatel'stvo standartov, 1998. K., Gosstandart Ukrainy s dopolnennyami i popravkami, 1999. – 31 p. (Gosstandart).
22. Bederak Ya. S. Tools for protection of capacitor banks 10 (6) kV installed in a dual branch limiting current reactor in the case of presence connected to the second branch source of higher harmonics from resonance currents / Ya. S. Bederak // *Enerhetyka i Elektrifikatsiya*. – 2014. – №6. – P. 34 – 37.

УДК 519.22 : 621.316

**А. В. Волошко**, канд. техн. наук, доцент; **Я.С. Бедерак**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Целью статьи является обобщение всех возможных направлений использования систем мониторинга режимов электропотребления в производственной деятельности.*

*В публикации предложена концепция создания системы мониторинга режимов электропотребления на промышленных предприятиях.*



*Рассмотрены меры, уменьшающие потери электроэнергии и размер оплаты за нее, а также процедуры, обеспечивающие точность, оперативность и достоверность измерительной информации, поступающей из автоматизированных систем учета электроэнергии.*

*Доказана важность мониторинга и контроля текущих технологических параметров режимов электропотребления на промышленных предприятиях.*

*Разработано несколько новых текущих технологических параметров режимов электропотребления.*

*Сделан вывод о том, что на промышленном предприятии необходимо создать целостную автоматизированную систему мониторинга режимов электропотребления (а в дальнейшем и всех энергоресурсов) для проведения комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности предприятия в целом.*

**Ключевые слова:** режим электропотребления, учет электроэнергии, система мониторинга.

Надійшла 29.11.2014

Received 29.11.2014

УДК 621.311

**В. М. Сулейманов**, канд. техн. наук, професор

**В. А. Баженов**, канд. техн. наук, доцент, **Т. Л. Кацадзе**, канд. техн. наук, доцент  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ОСНОВНИХ МЕРЕЖ ЕНЕРГОСИСТЕМ В УМОВАХ РИНКОВИХ ВІДНОСИН

*У статті проведено аналіз чинної методики оптимізації розвитку та техніко-економічного обґрунтування проектних рішень з перспективного розвитку сучасних електроенергетичних систем. Представлена методика визначення оптимальної конфігурації основної мережі електроенергетичної системи, яка базується на методі виключення гілок. Показані потенційні загрози, спрямовані на зниження якості прийнятих проектних рішень, серед яких – недостатня об'єктивність економічних критеріїв ефективності технічних рішень, штучне обмеження простору пошуку на попередньому етапі відбору можливих рішень. Для розв'язання оптимізаційних задач з перспективного розвитку електроенергетичних систем запропоновано використовувати математичний апарат генетичних алгоритмів. Показано, що запропонований підхід забезпечує стійку збіжність процесу пошуку за прийнятну кількість кроків без штучного обмеження простору пошуку і використання додаткової експертної інформації щодо доцільності можливих проектних рішень.*

**Ключові слова:** електроенергетична система, прийняття проектних рішень, оптимізація, техніко-економічне обґрунтування, генетичний алгоритм

**Вступ.** Енергетика України є базовою галуззю національної економіки, найважливішим фактором її розвитку. Стале функціонування та розвиток паливно-енергетичного комплексу визначає долю реформування енергетики та майбутнього України.

На перспективу до 2030 р в Об'єднаній енергосистемі України зберігається стратегія розвитку живлячих електричних мереж, де системоутворюючі функції видачі потужності крупних електричних станцій та забезпечення паралельної роботи з енергетичними системами інших держав, як і раніше, залишається за електричними мережами напруг 330 та 750 кВ при суттєвому зростанні частки мереж надвисокої номінальної напруги [1, 2].

Енергетика України має у своєму розпорядженні унікальні резерви генеруючих потужностей, але здатність цих резервів стало забезпечувати електроенергією економіку країни обмежено такими негативними факторами:

- 1) недостатньою пропускну здатністю міжсистемних зв'язків;
- 2) моральним та фізичним зносом основних фондів енергооб'єднань внаслідок систематичної недостатності бюджетних коштів;