

УДК 621.311.153

SYSTEM ANALYSIS AND APPROACHES TO THE CONSTRUCTION OF THE AUTOMATED ELECTRICITY MANAGEMENT SYSTEM AND ELECTRICAL SUPPLY OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

S. Baluta, L. Kopilova, I. Litvin

National University of Food Technologies

Key words:

*Electric power consumption by industrial enterprises
Automated control systems
Power consumption system and power supply of an industrial enterprise
System analysis*

Article history:

Received 15.09.2017
Received in revised form 05.10.2017
Accepted 27.10.2017

Corresponding author:

S. Baluta
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the analysis of the state of power consumption management and power supply of industrial enterprises. A systematic analysis of the process of management of power consumption and power supply of the industrial enterprise was carried out, which, based on the decomposition of the control process, allowed to determine the main stages of the control process: the basic control functions — registration of the EE consumption, the choice of the model and the forecasting of the EE expenses; calculation of norms of EE expenses, calculation of parameters of EE quality; formation of the list of electric consumers of regulators; conditions for management functions — information on the cost of EE, restrictions and tariffs; requirements for the accuracy of the electricity consumption forecast; mechanisms of control functions implementation — information and computing complex; power supplier, process operator; chief power engineer; basic information flows — predicted values of temperature; current data on EE costs and output; making decisions on the cost of EE. The concept of building an automated control system for power consumption and power supply of an industrial enterprise was formulated. The main functional blocks of the control system are presented.

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-12

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

С.М. Балюта, Л.О. Копилова, І.Ю. Литвин

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано аналіз стану керування електроспоживанням та електропостачанням промислових підприємств. Проведено системний аналіз процесу керування електроспоживанням та електропостачанням промисло-

вого підприємства, який на основі декомпозиції процесу керування дає змогу визначити основні етапи процесу керування: базові функції керування — реєстрація споживання ЕЕ, вибір моделі і прогнозування витрат ЕЕ; розрахунок норм витрат ЕЕ, розрахунок параметрів якості ЕЕ; формування переліку електроспоживачів регуляторів; умови забезпечення функцій керування — інформація про витрати ЕЕ, обмеження та тарифи; вимоги до точності прогнозу електроспоживання; механізми реалізації функцій керування — інформаційно-обчислювальний комплекс; енергодиспетчер, оператор технологічного процесу; головний енергетик; базові інформаційні потоки — прогнозні значення температури; поточні дані про витрат ЕЕ та випуск продукції; прийняття рішень щодо витрат ЕЕ. Сформульовано концепцію побудови автоматизованої системи керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства. Представлено основні функціональні блоки системи керування.

Ключові слова: споживання електроенергії промисловими підприємствами, системи автоматизованого керування, система електроспоживання та електропостачання промислового підприємства, системний аналіз.

Постановка проблеми. Зменшення споживання електричної енергії є актуальним для промисловості, оскільки дає змогу підвищити ефективність використання генеруючих потужностей, зменшити втрати електроенергії при транспортуванні та енергоемність продукції, що випускається підприємствами. Для забезпечення раціональних рівнів споживання електричної енергії доцільно регулювати напругу в електричних мережах промислових підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням керування електроспоживанням присвячені праці [1—6]. Так, в [1] проаналізовано ПЗ систем комерційного обліку ЕЕ і комплексу технічних засобів (КТС) «Енергоміра», представлене сукупністю програмних модулів для організації комерційного обліку ЕЕ на енергетичних об'єктах. Такими об'єктами можуть виступати АТ «Енерго», РЕМ, підстанції та інші споживачі ЕЕ.

Програмне забезпечення КТС «Енергоміра» включає:

- АРМ диспетчера, який здійснює обробку даних з УСД і УСПД, подання їх у вигляді графіків і таблиць;
- генератор звітів для створення різних форм документів;
- програми збору даних та формування БД; :
- програми адміністрування КТС для визначення параметрів пристроїв системи.

ПЗ, представлене в [1; 2], створено різними організаціями, які не взаємодіють між собою при його створенні. Це викликає істотні ускладнення при спільному використанні.

У статті [3] представлена дворівнева автоматизована система обліку споживання ЕЕ «Е1–Енерго–облік». Нижній рівень системи містить електронні лічильники «Євро Альфа» і «Альфа Плюс» з цифровими каналами зв'язку, а

верхній — сучасні комп'ютери з АРМ. Система побудована за архітектурою «клієнт–сервер». Вона дає змогу підтримувати довільну кількість клієнтських комп'ютерів з АРМ. Однак цією системою вирішуються лише завдання обліку ЕЕ.

Останнім часом все більше застосування знаходять АСКОЕ нового покоління, основу побудови яких складають сучасні промислові контролери [4]. Ці системи орієнтовані на вирішення завдань комерційного обліку споживання ЕЕ і потужності, а також технічного обліку і моніторингу електричних навантажень промислових підприємств в режимі реального часу (РЧ).

Розглянуті в [4—6] системи виконують функції контролю електричної потужності і ЕЕ. Ці системи не реалізують функцій нормування, планування, прогнозування та оптимізації керування електроенергетикою промислових підприємств, що дають змогу отримати основний економічний ефект.

Мета дослідження полягає у синтезі автоматизованої системи керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства на основі системного аналізу процесу керування передаванням, розподілом і споживанням ЕЕ.

Викладення основних результатів дослідження. Керування електроспоживанням та електропостачанням є найважливішою підсистемою автоматизованої системи керування промисловим підприємством, що обумовлює ефективність електропостачання підприємства.

На теоретико-множинному рівні процес керування організаційно-технічними об'єктами представляється у вигляді відображень окремих етапів

$$F_n : \{L \times K \times Z \times P_{\text{вх}}\} \rightarrow P_{\text{вих}}, n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де L — етап формування основних функцій керування; K і Z — відповідно етапи формування можливих сполучень основних умов і механізмів реалізації функцій керування; $P = P_{\text{вх}} \cup P_{\text{вих}}$ — етап формування можливих сполучень основних інформаційних потоків; $P_{\text{вх}}$ і $P_{\text{вих}}$ — множини вхідних і вихідних інформаційних потоків.

При керуванні процесом транспортування, розподілу та споживання електричної енергії промислового підприємства виділяють такі етапи:

1. Етап формування основних функцій керування: L_1 — реєстрація споживання електричної енергії, стану електричної мережі та ПЯЕЕ і перевірка даних вимірювань на достовірність; L_2 — вибір моделі і прогнозування витрат (споживання) електроенергії (ЕЕ) у виробничих підрозділах і підприємстві; L_3 — розрахунок норм витрат ЕЕ, планування витрат ЕЕ і формування балансів ЕЕ; L_4 — розрахунок параметрів якості електричної енергії, параметрів режиму СЕП, аналіз конфігурації електричної мережі; L_5 — формування переліку електроспоживачів регуляторів та їх оптимального складу (ЕСР); L_6 — формування бази даних (БД) з керування витратами ЕЕ підприємства і підтримання її в актуальному стані. L_7 — прийняття рішень щодо витрат ЕЕ

виробничих підрозділів і підприємства, максимальної споживаної потужності; L_8 — прийняття рішень щодо вибору конфігурації електричної мережі, підвищення показників якості електричної енергії, оптимізації режимів роботи СЕП.

2. Етап формування основних умов реалізації функцій керування: K_1 — інформація про витрати ЕЕ підприємством (нормативні акти); K_2 — інформація про обмеження та тарифи, що містяться в договорі на постачання ЕЕ на підприємство); K_3 — вимоги до точності метрологічних прогнозів; K_4 — вимоги до точності прогнозу електроспоживання; K_5 — порядок взаємодії з системою керування БД (СУБД); K_6 — вимоги до показників якості електричної енергії та надійності електропостачання. K_7 — вимоги до параметрів режиму СЕП.

3. Основні елементи і механізми, які реалізують функції керування: Z_1 — інформаційно-обчислювальний комплекс (ІОК) служби головного енергетика, який надає інформацію про стан і режими СЕП; Z_2 — енергодиспетчер, який формує обмеження для виконання нормативів щодо енергоспоживання; режимів функціонування СЕП; показників якості електричної енергії та конфігурації електричної мережі Z_3 — оператор технологічного процесу, який формує обмеження щодо споживачів регуляторів; Z_4 — головний енергетик, який формує обмеження для виконання вимог енергосистеми, надійності електропостачання; Z_5 — датчики для вимірювання електроспоживання, параметри якості електричної енергії; стану елементів СЕП і електричні апарати для комутації споживачів та зміни конфігурації СЕП; Z_6 — БД АСУ енергетикою підприємства, яка використовується для підготовки рішень.

4. Основні інформаційні потоки, які використовуються для реалізації функції керування: P_1 — прогнозні значення температури навколишнього середовища і вологості повітря, отримані з метеостанції; P_2 — поточні дані про витрат ЕЕ виробничими підрозділами і підприємством; P_3 — поточні дані про обсяги продукції, виробленої підрозділами і підприємством; P_4 — поточні дані про включені споживачі регулятори та збитки, які обумовлені їх відключенням; P_5 — ліміт електроспоживання підприємства; P_6 — поточні дані про витрати ЕЕ; P_7 — дані про поточну температуру навколишнього середовища; P_8 — прогнозні значення витрат ЕЕ по підрозділах і підприємству; P_9 — план витрат ЕЕ підприємством; P_{10} — прийняття рішень щодо витрат ЕЕ; P_{11} — керуючі дії з регулювання витрати ЕЕ; P_{12} — оптимальний склад споживачів регуляторів; P_{13} — поточні дані про ПЯЕЕ; P_{14} — поточні дані про параметри режиму СЕП; P_{15} — поточні дані про конфігурацію СЕП; P_{16} — керуючі діяння з керування ПЯЕЕ; P_{17} — керуючі діяння зміни конфігурації СЕП; P_{18} — керуючі діяння з оптимізації режимів СЕП.

Результати системного аналізу процесу керування електроспоживанням промислових підприємств представляються у вигляді відображень для окремих етапів:

- реєстрації споживання ЕЕ, стану електричної мережі та ПЯЕЕ та перевірки на достовірність вимірювальної інформації:

$$F_1 : \{L_1, (P_1, P_2), K_3, (Z_1, Z_2, Z_5)\} \rightarrow (P_6, P_7); \quad (2)$$

- вибору моделі та проведення прогнозування електроспоживання:

$$F_2 : \{L_2, (P_3, P_6, P_7), (K_1, K_4), Z_1\} \rightarrow P_8; \quad (3)$$

- нормування, планування та формування балансів по окремим підрозділам та підприємству:

$$F_3 : \{L_3, (P_3, P_8), K_1, (Z_1, Z_2)\} \rightarrow P_9; \quad (4)$$

- проведення аналізу режимів СЕП, ПЯЕЕ та надійності СЕП:

$$F_4 : \{L_4, (P_3, P_4, P_5), (K_6, K_7), (Z_1, Z_2, Z_4, Z_5)\} \rightarrow P_3, P_4, P_5; \quad (5)$$

- формування переліку споживачів регуляторів та їх оптимального складу:

$$F_5 : \{L_5, (P_2, P_3, P_5, P_8), (K_1, K_2), (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)\} \rightarrow P_4, P_2; \quad (6)$$

- прийняття рішення по витратах ЕЕ:

$$F_6 : \{L_7, (P_5, P_6, P_9, P_{12}), (K_1, K_2), (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)\} \rightarrow P_{10}, P_{11}; \quad (7)$$

- прийняття рішення про зміну конфігурації й оптимізацію режимів СЕП, нормалізацію ПЯЕЕ:

$$F_7 : \{L_8, (P_{13}, P_{14}, P_{15}), (K_6, K_7), (Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_6)\} \rightarrow P_{16}, P_{17}, P_{18}; \quad (8)$$

- формування та підтримання в актуальному стані БД по керуванню витратами ЕЕ:

$$F_8 : \{L_6, (P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{12}), K_5, (Z_1, Z_3, Z_6)\} \rightarrow P_3, P_4, P_5, P_6, P_8, P_9. \quad (9)$$

Виконана декомпозиція цієї системи, яка забезпечила цілісність її представлення і відображає інформаційну взаємодію, умови і механізми.

Побудуємо структуру системи автоматизованого керування електроспоживанням та електропостачанням підприємства на основі системного аналізу. Використовуючи результати системного аналізу, сформулюємо вимоги до окремих функціональних підсистем автоматизованого керування електроспоживанням та електропостачанням промислових підприємств.

Функціональний блок моніторингу електроспоживання, за допомогою якого здійснюється автоматичної передачі даних з приладів обліку ЕЕ. Часовий інтервал знімання даних визначається, виходячи з точності обчислення параметрів, що описують процес споживання ЕЕ.

Ефективність керування електроспоживанням промислових підприємств значною мірою залежить від якості первинної інформації, що знімається з вимірювальних приладів для подальшої обробки.

На початковому етапі контроль достовірності цієї інформації здійснюється шляхом аналізу апріорних даних про параметри електроспоживання під-

приємства, таких як допустимі межі і характер їх зміни в часі, несуперечливість та ін. Додатковий контроль полягає у використанні різних залежностей між параметрами електроспоживання підприємства.

Функціональний блок прогнозування електроспоживання проводить прогноз (добовий, місячний і річний) електроспоживання підприємства і виробничих підрозділів. Для прогнозування використовуються як статистичні моделі, так і ШНМ, що дають змогу врахувати різноманіття факторів, які впливають на норми і ліміти споживання ЕЕ енергооб'єктами підприємства.

Функціональний блок аналізу й оптимізації електроспоживання на основі автоматизації збору і обробки інформації про електроспоживання промислових підприємств проводиться оперативне співставлення і оптимізація річних, квартальних та місячних балансів по ЕЕ для підприємств і окремих виробничих підрозділів (цехів), а також забезпечується їх точність і достовірність за рахунок виключення помилкових записів показань приладів.

На основі балансів по ЕЕ:

- виконується аналіз електроспоживання;
- визначаються напрямки економії ЕЕ;
- виявляються можливості скорочення втрат ЕЕ;
- намічаються заходи щодо поліпшення електроспоживання;
- виконується вибір оптимальної стратегії планування електроспоживання.

Електричний баланс є базою для вдосконалення нормування електроспоживання, суть якого зводиться до застосування при плануванні економічно і науково обґрунтованих норм витрати ЕЕ.

Функціональний блок контролю за виконанням питомих норм витрат ЕЕ і раціонального електроспоживання забезпечує процес прийняття керуючого і повинен здійснюватися експертом або групою експертів на основі професійно-логічного аналізу з використанням систем підтримки прийняття рішень (СППР) для електроенергетики.

Використання СППР забезпечує:

- прийняття більш точних і ефективних рішень з керування електроенергетикою промислового підприємства і виробничих підрозділів;
- підвищує якість прийняття рішень в умовах неповноти і невизначеності вихідної інформації;

- скорочує час і трудомісткість процесу прийняття рішень. Щодо видається зведена відомість показників електроспоживання по виробничим підрозділам, таких як фактичні та планові абсолютні і питомі витрати ЕЕ, коефіцієнти використання встановлених лімітів і вартісні показники. За необхідності зведена відомість може бути видана за вимогою персоналу енергетичного бюро СГЕ в будь-який момент часу. Особливо це необхідно при збоях в електропостачанні підприємства і дефіциті потужності в ЕЕС.

За цією інформацією СГЕ на основі використання СППР приймаються обґрунтовані рішення щодо параметрів електроспоживання підприємства і його підрозділів. СППР містить систему оперативно-диспетчерського контролю та керування, що забезпечує оперативне прийняття рішень, в тому числі в аварійних ситуаціях у системі електропостачання підприємства і при дефіциті потужності в ЕЕС.

Так само прийняття управлінських рішень підтримується засобами візуалізації, що реалізують графічні моделі.

На основі запропонованих методик нормування споживання ЕЕ приймаються рішення щодо управління електроспоживанням.

Функціональний блок оптимізації режимів електропостачання на основі вимірних значень напруги у вузлових точках СЕП, активних та реактивних потужностей на основі математичних моделей забезпечує формування рівнів напруги, які забезпечують раціональні рівні втрат електричної енергії в розподільних електричних мережах підприємств.

У функціональному блоці контролю показників якості електричної енергії (ПЯЕЕ) за допомогою вимірювальних приладів, встановлених на різних ієрархічних рівнях СЕП, визначаються ПЯЕЕ, за допомогою математичних моделей визначаються технічні засоби забезпечення нормативних ПЯЕЕ.

Для забезпечення функціонування функціональних блоків розробляються відповідні алгоритми керування.

Висновки

Синтез автоматизованої системи керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства доцільно проводити на основі системного аналізу. Це дає змогу встановити основні функції керування, умови реалізації функцій керування, елементи і механізми, які реалізують функції керування, основні інформаційні потоки, які використовуються для реалізації функцій керування, сформулювати окремі етапи процесу керування і визначити основні функції блоків керування.

Література

1. *Мирзоян Ю.Ц.* Программное обеспечение КТС «Энергомера» / Ю.Ц. Мирзоян // Энергетик. — 2000. — № 8. — С. 42—44.
2. *Капитонова Л.* Территориально-распределенная автоматизированная система учета и контроля электропотребления / Л. Капитонова, Б. Туганов, В. Сатаров // Современные технологии автоматизации. — 1996. — № 1. — С. 78—80.
3. *Булаев Ю.В.* Комплексная автоматизация энергоснабжения предприятия / Ю.В. Булаев, В.А. Табаков, В.В. Еськин // Промышленная энергетика. — 2001. — № 2. — С. 11—15.
4. *Егоров В.А.* АСКУЭ современного предприятия / В.А. Егоров // Энергетик. — 2001. — № 12. — С. 41.
5. *Ковезев С.Н.* Создание АСКУЭ на базе ИВК «Спрут» / С.Н. Ковезев, В.В. Уразов, В.В. Чумаков // Энергетик. — 2001. — № 2. — С. 11—13.
6. Автоматизация учета энергопотребления / Э. Молокан [и др.] // Современные технологии автоматизации. — 1996. — № 1. — С. 74—76.