

УДК 681.31.001.8

С.В. Юхимчук, д.т.н., нач. департ.
Вінницький державний технічний університет**ВДОСКОНАЛЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Наводяться структурні схеми мікропроцесорних систем контролю витрат електричних та неелектричних енергоносіїв на промислових підприємствах, які дозволяють підвищити точність та оперативність обліку, та нова матрична модель обліку електричної енергії.

Існуючі системи контролю передбачають ручну обробку показів самописних приладів, що, природно, не дає можливості забезпечити оперативний контроль за процесом розподілу енергоносіїв черговим персоналом відділу головного енергетика. Крім того, на більшості підприємств всі існуючі системи контролю встановлені на територіально рознесених один від одного щитах, де розміщені реєструючі прилади.

Слід також підкреслити, що проблема вимірювання масових витрат енергії та тепла на більшості промислових підприємств не має задовільного розв'язку. Системи контролю з диференціально-трансформаторною системою передачі показів типу КСД2, системи з перетворювачами типу КСМЗ, КСУ2 мають недостатню точність, надійність та передбачають ручну обробку діаграмних стрічок. При цьому недоцільно використовувати системи контролю, які розв'язують спрощені рівняння витрат, тому що навіть при зміні ними існуючих пристроїв не будуть усунуті наступні недоліки:

- недостатня точність, оскільки такі електромеханічні прилади при виконанні основних математичних операцій використовують профільовані кулачки;
- недостатня надійність за рахунок використання ковзаючих контактів реохордів, механічних кулачків;
- для визначення інтегрального значення витрат необхідно встановлювати інтегруючі пристрої;
- системи контролю не мають вихідного електричного сигналу, пропорційного витратам, який можна було б безпосередньо вводити у систему збору інформації або передавати на відстань.

Якщо ж замість електромеханічних систем контролю витрат застосувати мікропроцесорні системи, повністю будуть усунуті похибки ручного підрахунку, зменшена до десятих часток відсотка похибка обчислювальних пристроїв, та не перевищить одного відсотка похибка методу контролю, бо мікропроцесорна система може розв'язувати більш складні системи рівнянь, які визначають витрати теплоносіїв в залежності від вимірювальних параметрів, а також враховувати зміни параметрів первинних датчиків шляхом використання результатів узагальнення методу описуючих функцій [1, 2].

Структурна схема мікропроцесорної системи контролю витрат неелектричних енергоносіїв, яка дозволяє позбутися вищезазначених недоліків, наведена на рис. 1.

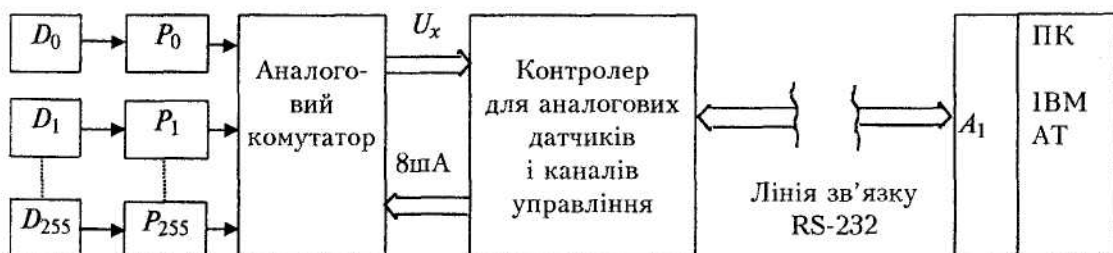


Рис. 1. Структурна схема мікропроцесорної системи контролю витрат неелектричних енергоносіїв

До складу системи входить персональна ЕОМ типу IBM AT, в якій є послідовний комутаційний адаптер А1. До адаптера А1 підключений контролер аналогових датчиків теплових сигналів на базі однокристалльної мікроЕОМ КР1816ВЕ31, який фіксує стан датчиків теплових сигналів $D_0 \div D_{255}$ через аналоговий комутатор. За запитом персональної ЕОМ контролер передає до ЕОМ зібрану інформацію про теплові параметри неелектричних енергоносіїв за проміжок часу між двома сусідніми запитами. В ЕОМ відбувається обробка зібраної інформації. Обмін інформацією між ЕОМ та контролером здійснюється по трипровідній лінії зв'язку по послідовному каналу у стандарті RS-232.

Для опитування i -го аналогового каналу, сигнал якого формується нормуючим перетворювачем P_i , контролер видає відповідну адресу на шину адреси та перетворює аналоговий сигнал U_x у цифровий код.

Відзначимо, що детально робота контролера описана у роботі [3]. Він відрізняється від існуючих можливістю підключення 256 аналогових каналів вхід-вихід, а також можливістю обміну інформацією по послідовному каналу в стандарті RS-232 без використання спеціальних схем послідовних адаптерів, що суттєво спрощує його схемну реалізацію та знижує вартість.

Наведена на рис. 1 мікропроцесорна система контролю витрат енергоносіїв працює за певним алгоритмом. Розглянемо більш детально деякі операції, реалізовані таким алгоритмом.

У зв'язку з тим, що характеристики первинних вимірювальних перетворювачів, які використовуються для обліку виробітку пари, витрат води, газу, температури води та пари, рівня води у барабанах котлів, таких як манометр диференціальний мембранний (ДМ), манометр диференціальний колокольний (ДКО), перетворювач термоелектричний хромель-копель (ТХК), термоперетворювач опору платиновий (ТСП), термоперетворювач опору мідний (ТСМ), мають однозначні характеристики типу "підсилювач із зоною нечутливості та насиченням" та "підсилювач із насиченням", параметри яких з часом змінюються, в алгоритмі роботи системи, що розглядається, передбачена операція коректування масивів характеристик таких датчиків. Коректування здійснюється шляхом задання первинних значень відповідних характеристик перерахованих вище датчиків та законів їх зміни, що дає можливість використовувати у подальшій роботі системи результати узагальнення методу описуючих функцій [2]. Крім того, здійснюється програмним шляхом і алгоритмічна корекція похибок первинних перетворювачів [4].

Крім того, як частина об'єктів контролю, наприклад, парові котли, можуть зупинятися для профілактичного ремонту, так і окремі вимірювальні прилади також можуть відключатися з різноманітних причин. Тому при роботі даної системи передбачається виключення з алгоритму обробки інформації датчиків, які не працюють.

Для попередження втрат інформації, яка пов'язана з відключенням живлення персонального комп'ютера чи його виходом з ладу, передбачений запис інтегральних значень, що контролюються, в постійну пам'ять ЕОМ.

У стандартному режимі роботи передбачено здійснювати запам'ятовування основних інтегральних витрат енергоносіїв за 24 години (три або дві робочі зміни), що дає можливість здійснювати документування таких показників для кожної із змін протягом астрономічної доби. Отримані дані дозволяють здійснювати розрахунок техніко-економічних показників роботи як всієї ТЕЦ, так і окремих її бригад протягом більшого періоду часу (декади, місяця, кварталу тощо).

Відмітимо, що система, яка розглядається, впроваджена на ТЕЦ ВО "Хімпром" (м. Вінниця) та на ТЕЦ підприємства теплових мереж ВАТ "Вінницяобленерго".

Відзначимо, що розроблені системи контролю витрат неелектричних енергоносіїв мають високий ступінь адаптації до вимог користувача, які безперервно змінюються, а також забезпечують робастність, тобто спроможність успішно функціонувати в умовах відхилень параметрів первинних вимірювальних перетворювачів від початкових значень.

Також відмітимо, що при зміні параметрів пари, характерних для ТЕЦ ($P = 0,78 \div 1,37$ МПа ($8-14$ кгс/см²), $t = 240 \div 300$ °С, при модулі звужуючого пристрою

$m = 0,4$, якщо у звужуючому пристрої встановлений дифманометр з граничним перепадом $\Delta p = 0,1333$ МПа (1000 мм рт. ст.)), максимальна похибка обліку енергоносіїв у вищезазначеному діапазоні буде дорівнювати $\pm 0,75$ %. Якщо ж не враховувати похибки датчиків, то максимальна похибка такої системи $\pm 0,32$ % [5].

Окремо відзначимо, що існуючі системи контролю та обліку витрат енергоносіїв вирішують відповідні задачі лише тільки для одного виду енергоносія, їм не властиві функції швидкої зміни структури при зміні в структурі енергоспоживання [6, 7].

Якщо ж в структурну схему мікропроцесорної системи на рис. 1 додати ще один контролер для датчиків електричної енергії, який буде зв'язаний з персональною ЕОМ через другий комунікаційний адаптер, то така система зможе контролювати та здійснювати облік не тільки неелектричних енергоносіїв, але й розв'язувати таку ж задачу для електричної енергії [8–11].

Для промислових підприємств, крім того, характерною особливістю є наявність міжцехових енергетичних перетоків, які в існуючих системах обліку не враховуються.

Зрозуміло, що побудову таких мікропроцесорних систем, які б проводили облік всіх видів енергоносіїв, можна здійснити, якщо запропонувати прозорий для користувачів та зручний для реалізації на ЕОМ метод обробки відповідної інформації. Такий метод і був запропонований у [12], що дало можливість здійснити його апаратну реалізацію, новизна якої захищена патентом Російської Федерації та патентом України на винахід [13].

Розглянемо деякі ключові моменти методу, що пропонується використовувати для обліку електричної енергії за допомогою мікропроцесорної системи. Витрати енергоносія по окремому датчику W представимо у вигляді:

$$W = K_n L, \quad (1)$$

де K_n – коефіцієнт пропорційності;

L – кількість імпульсів, отриманих від відповідного лічильника електричної енергії.

Відзначимо, що за допомогою коефіцієнта K_n враховується вплив додаткових пристроїв перетворення (для електричних лічильників це – коефіцієнти трансформації трансформаторів струму чи напруги) і встановлюються масштаби одиниць перетворення.

Найбільш прозорими та такими, що легко реалізуються на ЕОМ, є матричні обчислення, тому й будемо представляти процес обліку енергоносіїв у матричному вигляді. При цьому введемо у розгляд дві матриці – A та B . Матриця A має розмірність $n \times n$ і є діагональною, а її елементи a_{ii} визначають кількість електричної енергії, що надходить через вводи відповідного підрозділу промислового підприємства, тобто

$$W_i = a_{ii} = \sum_{l=1}^m K_{il} L_{il}, \quad (2)$$

де W_i – кількість електричної енергії, яка спожита i -тим підрозділом промислового підприємства;

m – кількість лічильників електричної енергії, що встановлені на вводах в i -тий підрозділ;

K_{il} – коефіцієнт пропорційності l -того лічильника ($l = \overline{1, m}$) на вводах в i -тий підрозділ;

L_{il} – кількість імпульсів, отриманих від l -того лічильника i -го підрозділу промислового підприємства.

Слід відзначити, що (2) не враховує енергії, яка перетікає між підрозділами у зв'язку з неможливістю забезпечення повністю автономного живлення всіх структурних підрозділів промислових підприємств, що й призводить до похибок обліку у підрозділах спожитої ними електричної енергії.

З метою усунення такого явища введемо у розгляд другу матрицю B розмірністю також $n \times n$, яка має вигляд:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & 0 & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ b_{31} & b_{32} & 0 & \dots & b_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

та враховує перетоки електричної енергії між структурними підрозділами промислових підприємств внаслідок відповідної побудови схеми електропостачання.

Якщо відповідний i -тий підрозділ живиться від іншого j -того підрозділу по кількох лініях, то відповідний елемент матриці (3) будемо знаходити за співвідношенням:

$$W_{ij} = b_{ij} = \sum_{k=1}^p K_{ijk} L_{ijk}, \quad (4)$$

де W_{ij} – кількість електричної енергії, що надійшла у i -тий підрозділ з j -того підрозділу;

p – кількість лічильників, встановлених на лініях живлення між підрозділом i та підрозділом j ;

K_{ijk} – коефіцієнт перерахунку k -того лічильника;

L_{ijk} – кількість імпульсів, отриманих від k -того лічильника.

Зрозуміло, що матриця (3) буде розрізною. Сума матриць A і B дасть нам матрицю C , за допомогою якої можна здійснювати облік витрат електричної енергії як окремо i -тим структурним підрозділом промислового підприємства, так і всім підприємством загалом.

Так, витрати i -того структурного підрозділу підраховуються як алгебраїчна сума елементів відповідного рядка матриці C , а витрати всього підприємства знаходяться як сума таких сум рядків.

Така модель впроваджена на Державному концерні України "Арксі" (м. Боярка Київської області) при розробці оперативної системи контролю та управління енергоресурсами. Впроваджена система дозволяє здійснити облік міжцехових перетоків електричної енергії, підвищити оперативність контролю за раціональним використанням електричної енергії, зменшити витрати на облік та контроль за споживанням електричної енергії структурними підрозділами підприємства.

Таким чином, в роботі наведений опис мікропроцесорних систем контролю за витратами як електричних, так і неелектричних енергоносіїв на промислових підприємствах, які забезпечують точність обліку на рівні $\pm 0,75\%$, а також дозволяють суттєво підвищити оперативність контролю за відповідними витратами з боку служб головного енергетика підприємства.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Юхимчук С.В., Батиха Х.М. Обобщение метода гармонической линеаризации для исследования нелинейных электромеханических систем с переменными параметрами // Известия высш. учебн. завед. Сер. Электромеханика. – 1994. – № 1–2. – С. 9–15.
2. Юхимчук С.В. Математические модели оценки устойчивости нелинейных нестационарных систем. – Винница: Универсум, 1997. – 141 с.
3. Дементьев Ю.В., Мокін Б.И., Юхимчук С.В. Контроллер с расширенными функциональными возможностями по входу и выходу // Управляющие системы и машины. – 1994. – № 1–2.
4. Видмиш А.А., Юхимчук С.В. Алгоритмічна корекція похибки первинних давачів // Вісник ВПІ. – 1997. – № 4. – С. 48–52.

5. *Дементьев Ю.В., Юхимчук С.В.* Микропроцессорные системы контроля технологических параметров в теплоэнергетике // Комплексная автоматизация промышленности // Труды четвертой международной научно-техн. конф. Секция 5. – К., 1990. – С. 21–25.
6. *Соскин Э.А., Киреева Э.В.* Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 384 с.
7. *Шорников Е.А.* Измерительно-вычислительные устройства в теплоэнергетике. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 88 с.
8. *Белоус В.Н., Видмиш А.А., Юхимчук С.В.* Разработка диспетчерских систем контроля и учета энергопотребления промышленных предприятий // Контроль и управление в технических системах // Сб. тез. докл. второй научно-техн. конф. стран СНГ. – Винница, 1993. – С. 224.
9. *Юхимчук С.В.* Информационные средства контроля расхода энергоносителей на промышленных предприятиях // Всемирный конгресс ITS-93 "Информационные коммуникации, сети, системы и технологии" // Сб. тез. докл. – М., 1993. – С. 203–205.
10. *Видмиш А.А., Мокин Б.И., Юхимчук С.В.* Микропроцессорные системы контроля и учета энергоносителей на промышленных предприятиях // Первая Украинская конф. по автоматическому управлению // Сб. тез. докл. Ч. II. – К., 1994. – С. 403.
11. *Білоус В.М., Видмиш А.А., Дементьев Ю.В., Мокин Б.І., Юхимчук С.В.* Адаптивна мікропроцесорна система контролю та обліку споживання електроенергії на промисловому підприємстві // Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці // Тези доп. першої міжн. науково-техн. конф. – Львів, 1995. – С. 126.
12. Патент 2035820 Российской Федерации, МКИ H02J13/00. Устройство для учета и контроля потребления электроэнергии / Б.Н. Белоус, Б.И. Мокин, С.В. Юхимчук, С.В. Дикий (Украина). – № 5039955; Заявл. 06.03.92; Оpubл. 20.05.95, Бюл. № 14. – 16 с.
13. Патент 18551 України, МКІ H02J13/00. Пристрій для обліку та контролю споживання електроенергії / В.М. Білоус, Б.І. Мокин, С.В. Юхимчук, С.В. Дикий (Україна). – № 94051280; Заявл. 11.05.93; Оpubл. 25.12.97, Бюл. № 6. – 18 с.

ЮХИМЧУК Сергій Васильович – доктор технічних наук, начальник департаменту міжнародних зв'язків Вінницького державного технічного університету, завідувач кафедри інтелектуальних систем.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання в наукових дослідженнях;
- теорія автоматичного керування.

Подано 32.11.1999.