

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ СТАЦІОНАРНИХ УСТАНОВОК ШАХТ

Запропоновано для впровадження на шахтах криворізького залізрудного басейну типову інтелектуальну систему управління електроспоживанням стаціонарних установок. Прогнозування витрат електроенергії активної та реактивної потужностей, розпізнавання виробничих ситуацій та випереджене керування оптимальними режимами роботи стаціонарних установок виконано за допомогою штучних нейронних мереж. Обґрунтовано доцільність використання робастних алгоритмів прогнозування довгострокових витрат електроенергії стаціонарними установками шахт ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ». Використано інтерактивні механізми управління режимами електроспоживання підприємства з підземним видобутком аглоруди, які забезпечують координацію функцій динамічної експертної системи та енергодиспетчера щодо розв'язання задач електроспоживання у відповідності з технологічними ситуаціями, що виникають на СУ шахт.

Ключові слова: електроспоживання, прогнозування, система управління, робастні алгоритми, стаціонарні установок шахт.

V.P. KHOROLSKYI, M.I. SHPANKO

National University of Kryvyi Rih, Ukraine

INTELLECTUAL CONTROL SYSTEM POWER CONSUMPTION STATIONARY MINES

Abstract - An introduction to the mines Kryvbas typical smart power consumption management fixed installations. Forecasting electricity consumption of active and reactive power, recognition, work situations and forwarded optimal control modes stationary made using artificial neural networks. The expediency of using robust algorithms for predicting long-term costs of electricity Stationary mines PJSC "KRYVBASZALIZRUDKOM". Used integrative power consumption mode control enterprises with underground mining of sintering ore, providing coordination functions of the expert system and dynamic power operator on solving the problems of power consumption in line with technological situations arising at SU mines.

Keywords: power, forecasting, management system, robust algorithms Stationary mines.

Вступ

У процесі проектування інтелектуальних систем управління електроспоживанням (ІСУЕ) стаціонарних установок (СУ) шахт (головними водовідливними установками (ГВУ), вентиляційними установками (ВУ), компресорними станціями (КС)) виникає необхідність врахування невизначеності при прогнозуванні витрат електрики, спираючись не на кількість і потужність цих установок (приймачів електроенергії), а на заданий об'єм виробленої ними технологічної продукції чи виконаної корисної роботи (перекачаної води, стисненого повітря, свіжого повітря) [1]. Відомі розробки систем управління електроспоживанням підприємств, в яких за допомогою ІСУЕ в режимі дружнього інтерфейсу оператор (енергодиспетчер) через інтерфейс користувача, одержує детальну інформацію про стан електроустановок, технологічних параметрів, температурних режимів електроприводів з використанням мережевих моделей-фреймів, тобто структури даних призначених для уявлення про об'єкт електроспоживання деякої стандартної ситуації [2]. З іншого боку енергоменеджером потрібна інформація про електроспоживання установок шахт за довгостроковий період (наприклад прогноз місячного електроспоживання на один рік вперед) з точки зору прийняття управлінських рішень, щодо планування виробничих процесів та режимів роботи шахти і підприємства в цілому. Таким чином, виникає актуальна задача розробки інтелектуальних систем управління електроспоживанням СУ шахт в умовах невизначеності з прогнозом параметрів (витрат електроенергії, шахтної води, стисненого повітря, свіжого повітря, продуктивності скіпового підйому тощо) та випередженого керування ними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню проблеми теорії і практики управління процесами електроспоживання підприємствами присвячені наукові праці Б.І. Кудріна [2], В.Є. Шестеренко [3], Г.Г. Півняка [4], електрокерування приводами СУ шахт В.М. Чермалиха, В.В. Каневського, Д.Й. Родькіна [5] та інших. У той же час, з метою впровадження ідеології інтелектуального робототехнологічного управління СУ шахт необхідні нові дослідження щодо побудови самоорганізуючих багатоагентних систем управління електроспоживанням з використанням моніторингу витрат технологічних чинників з прогнозуванням витрат електрики у темпі з процесом [6]. Тому метою статті є дослідження алгоритмів прогнозування витрат електрики, її якості в інтелектуальній системі управління стаціонарними установками шахти та прийняття управлінських рішень щодо ефективності електроспоживання в періоди обмеження потужності енергосистеми.

Виклад основного матеріалу. Інтелектуальне гірничорудне підприємство 20–30 років нашого століття з підземними технологіями видобутку аглоруди та її дозбагаченням представляє собою автоматизоване виробництво з ефективним енергоменеджментом електропостачання та інтелектуального управління стаціонарними установками шахт. Аналіз електроспоживання головними водовідливними установками, компресорними станціями, вентиляційними установками, скіповими підйомними установками та дробарно-сортувальними фабриками ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ» за 2014 показав, що в якості їх

електроприводів використовують високовольтні синхронні та асинхронні двигуни змінного струму та двигуни постійного струму (підйомні машини). На рис. 1 наведена діаграма електроспоживання однієї із шахт підприємства за технологічними чинниками виробництва продукції, з якої слідує, що до найбільш високого рівня електроспоживання віднесені скіпові підйомні, вентиляційні та водовідливні установки. Характерною особливістю стратегічного розвитку технологій підземного виробництва аглоруди до 2030 року є збільшення глибини шахт до 1500–1600 м. Успішне освоєння глибинних горизонтів пов'язане не лише з впровадженням автоматизованих (робототехнологічних) комплексів видобутку, транспортування аглоруди та їх енергопостачання, але і забезпеченістю дільниць шахт електрикою, стисненим повітрям, шахтною атмосферою зі заданими мікрокліматичними умовами праці на робочих місцях.



Рис. 1. Діаграма електроспоживання за технологічними напрямками шахти ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ» березня місяця 2015 р.

Останні чинники повинні відповідати міжнародним стандартам: ISO-9000, ISO 28000, ISO 27000, ISO 50001, ISO-14000, менеджменту стандартів промислової безпеки OHSAS 18000, а відповідно системи інтелектуального управління повинні забезпечити ефективні режими роботи СУ шахт.

На рис. 2 наведена система інтелектуального управління електропостачанням СУ шахт та її дільниць. Живлення підземних споживачів електроенергією здійснюється від ГПП напругою 6 кВ за двома вводами [3] та з РП до 1 кВ та напругою 220/380, 660 В.

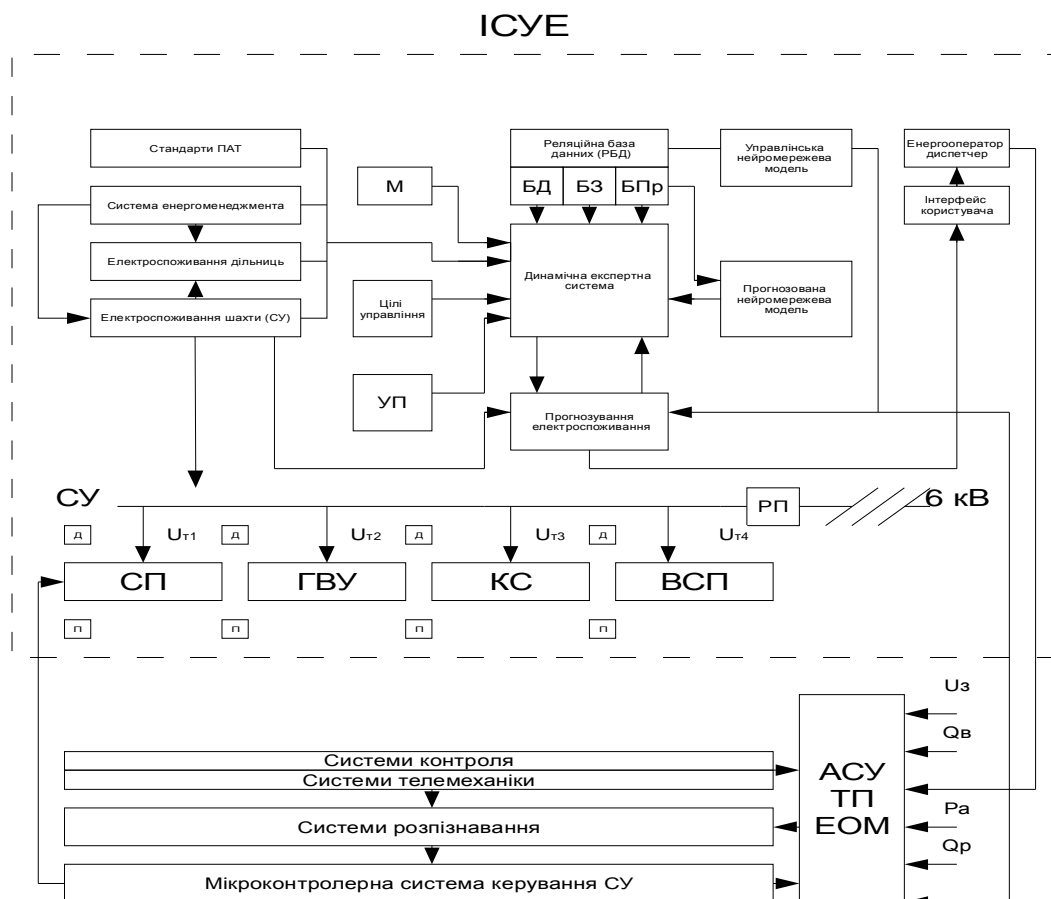


Рис. 2. Функціональна схема інтелектуальної системи управління електроспоживанням
 СУ – стаціонарні установки; Д – датчики; СП – скіповий підйом; ГВУ – головні водовідливні установки; КС – компресорні станції; ВСП – вентиляційні системи провітрювання; М – мотивація; УП – управління персоналом; БД – база даних; БЗ – база знань; БПр – база правил; РП – розподільчий пункт; П – перетворювачі

Головним завданням ІСУЕ і автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) є:

- забезпечення виробництва аглоруди заданої якості і одержання прибутку;
- мотивація управлінського персоналу до економії енергоресурсів і виконання цілей публічного акціонерного товариства (ПАТ), його місії щодо постійного підвищення якості життя персоналу, зменшення електроспоживання на 20–30%;
- на стратегічному періоді до 2020 року виконати впровадження міжнародних стандартів у

виробництво та захист екологічного середовища.

Такий багатокритеріальний підхід до управління електроспоживанням шахти, її дільниць і СУ спонукає до використання сучасної парадигми управління – інтелектуального актогенеза [7]. У таких системах дискретність управління і прогноз є невід’ємними властивостями найпростішого «інтелекту» АСУТП стаціонарних установок і систем управління електроспоживанням, що досягається за рахунок реляційних баз даних (РБД), бази знань (БЗ), бази правил (БПр), динамічної експертної системи і систем прогнозування, виконаних за допомогою нейромережових моделей та робастних довгострокових моделей витрат електрики і параметрів, які характеризують продуктивність шахти, питомі витрати електрики, P_{\max} , $P_{\text{ном}}$, Q_{\max} , $Q_{\text{ном}}$ тощо. Крім цього на кожній із СУ встановлені системи контролю параметрів (датчики Д), що визначають їх виробничі показники, стан та роботоспроможність, витрати електроенергії, потужності, напруги u_{T1} , u_{T2} , u_{T3} , u_{T4} та інших технологічних змінних необхідних для побудови адаптивних систем керування на базі мікроконтролерів типу SIMATIC 55 95F та розпізнавання технологічних (нормальних, аварійних, після аварійних) ситуацій в системі управління електроспоживанням стаціонарних установок. В якості виконавчих механізмів на кожній із СУ встановлені перетворювачі П, якими управляють мікроконтролери нижнього рівня керування, пов’язаних з управлінськими нейромережовими моделями і центральним персональним комп’ютером (ЕОМ) АСУТП.

В ІСУЕ важливу роль відіграють алгоритми довгострокового прогнозування витрат електроенергії та енергоефективності СУ та інших технологічних змінних, які визначають роботу головних водовідливних установок, компресорних станцій, вентиляційних систем провітрювання та шахтного скіпового підйому. Розглянемо більш детально роботу цього алгоритму на прикладі довгострокового прогнозування витрат електроенергії головних водовідливних установок шахт.

Прогнозування витрат електроенергії за допомогою трендів – один із методів статистичного прогнозування, коли тренд, використовують для короткострокових та довгострокових прогнозів [7].

Точність короткострокових прогнозів, які побудовані лише по підібраній кривій тренду, як правило, недостатня для управління складними процесами. При довгостроковому прогнозуванні для одержання адекватного прогнозування необхідно виконання наступних умов:

- часовий інтервал, для якого побудований тренд, достатній для визначення тенденцій;
- аналогічний процес має стійкість і характеризується транспортними запізненнями та квазістаціонарністю;
- не очікується сильних зовнішніх впливів на процес, електроспоживання стаціонарних установок (СУ) шахт.

Тоді, одержання прогнозів, тобто значення процесу, що вивчається, будемо виконувати шляхом підстановки в рівняння тренду $x(t) = t \cdot \xi(t)$ та визначення значення незалежної змінної t , яке відповідає періоду упередження τ . Одержуємо точкову оцінку прогнозного показника по рівнянню, яке описує тенденцію електроспоживання стаціонарними установками шахт.

Одержаний прогноз є середньою оцінкою для прогнозного інтервалу часу, тому що тренд характеризує деякий середній рівень в кожний момент часу.

На практиці, як правило, одиночні прогнози виконуються з використанням лінійного тренду:

$$t \cdot \xi = a_0 + a_1 t \quad (1)$$

де a_0 та a_1 – коефіцієнти лінійного тренду.

У сучасних технологічних додатках до управління енергоефективністю промислових підприємств гірничо-металургійного комплексу, використання методів прогнозування з оцінкою лінійного тренду по методу найменших квадратів не дає точних результатів. Тому в роботі будемо використовувати ROBUST алгоритми для підвищення точності ідентифікації складних моделей прогнозування. Алгоритми достатньо складні і в їх основу покладені методи ітераційної корекції початкових коефіцієнтів a_0 та a_1 , одержаних по методу найменших квадратів.

Розглянемо більш детально методику реалізацію ROBUST – алгоритму для прогнозування витрат електроенергії шахтними стаціонарними установками підприємств ГМК.

Нехай задані два вектора значень – незалежний $\bar{y} = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ та залежний $\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

У подальшому будемо визначати початкові значення a_0^i та a_1^i по формулі (2). Вектор \bar{y} перетворюється у двовірну матрицю розмірністю $2 \times n$ наступним чином

$$T = \begin{bmatrix} 1 & y_1 \\ 1 & y_2 \\ \dots & \dots \\ 1 & y_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

Після чого виконується QR – перетворення матриці T (обчислення унітарної матриці і верхньої трикутної матриці). В основі такого перетворення прийнято уявлення матриці у вигляді $T = QR$, де Q – ортогональна матриця ($Q^T = Q^{-1}$), а R – верхня трикутна матриця.

Відомо декілька методик проведення QR – перетворень [8], серед них звернемо увагу на методику перетворень Хаусхолдера. Результатами перетворень є матриці $Q [2 \times n]$ та $R [2 \times 2]$. Даний метод

дозволяє обернути в нуль групу піддіагональних елементів стовбців матриці.

Перетворення вказане вище, виконується з використанням матриці Хаусхолдера та має наступний вигляд:

$$H = E - \frac{\xi}{\xi^T \xi} \xi \xi^T \quad (3)$$

де ξ – випадковий нульовий вектор – стовбець, E – одинична матриця. $\xi \xi^T$ – квадратна матриця того ж розміру.

Зрозуміло, що будь яка матриця такого виду є симетричною і ортогональною. При цьому довільний вибір вектору ξ дає можливість побудувати матрицю, яка відповідає деяким додатковим властивостям і вимогам. Розглянемо випадок, коли необхідно спрямувати в нуль усі елементи будь-якого вектору крім першого, тобто побудувати таку матрицю Хаусхолдера, що:

$$\vec{a} = na, \rightarrow a = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T, \rightarrow \vec{a} = (\vec{a}_1, 0, \dots, 0)^T \quad (4)$$

Тоді вектор ξ визначається наступним чином:

$$\xi = a + \text{sign}(a_1) \|a\|_2 e_1 \quad (5)$$

де $\|a\|_2 = (\sum_i a_i^2)^{1/2}$ – евклідова норма вектору

$$e_1 = (1, 0, \dots, 0)^T.$$

Використовуючи описану вище процедуру з метою обчислення піддіагональних елементів кожного із стовбців вихідної матриці, ми можемо одержати зафіксоване число кроків її QR – розкладання. Розглянемо більш детально цю процедуру. Нехай $B_0 = T_n$, побудуємо перетворення Хаусхолдера $H_1(B = H_1 B_0)$, яке переводить матрицю B_0 у матрицю B_1 з нульовими елементами першого стовбця під головною діагоналлю;

$$B_0 = \begin{bmatrix} b_{11}^i & b_{12}^i & \dots & b_{1n}^i \\ b_{21}^i & b_{22}^i & \dots & b_{2n}^i \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1}^i & b_{n2}^i & \dots & b_{nn}^i \end{bmatrix} \rightarrow_{H_1} B_1 = \begin{bmatrix} b_{11}^i & b_{12}^i & \dots & b_{1n}^i \\ 0 & b_{22}^i & \dots & b_{2n}^i \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & b_{n2}^i & \dots & b_{nn}^i \end{bmatrix} \quad (6)$$

Матриця Хаусхолдера H_1 повинна визначатись по першому стовбцю матриці B_0 , тобто в якості вектору a у виразі (5) нами прийнято вектор $(b_{11}^i, b_{12}^i, \dots, b_{1n}^i)^T$.

Тоді компоненти вектору ξ обчислюються наступним чином:

$$\xi_1^i = b_{11}^i + \text{sign}(b_{11}^i) (\sum_{j=2}^n (b_{j1}^i)^2)^{1/2}, \quad (7)$$

$$\xi_t^i = b_{t1}^i, \quad t = \overline{2, n}$$

Матриця Хаусхолдера H_1 обчислюється відповідно (3)

$$H_1 = E - \frac{\xi}{\xi^T \xi} \xi \xi^T \quad (8)$$

На другому кроці розглянутого процесу побудуємо перетворення Хаусхолдера $H_2(B_2 = H_2 B_1)$, який обнуляє розташовані нижче головної діагоналі елементи другого стовбця матриці B_1 .

Якщо взяти в якості вектору a вектор $(b_{22}^i, b_{32}^i, \dots, b_{n2}^i)^T$ розмірності $n-1$, то одержимо наступні вирази для компонентів вектору:

$$\xi_1^i = 0$$

$$\xi_2^i = b_{22}^i + \text{sign}(b_{22}^i) (\sum_{j=3}^n (b_{j2}^i)^2)^{1/2}, \quad (9)$$

$$\xi_t^i = b_{t2}^i, \quad t = \overline{3, n}$$

Повторюючи процес $n-1$ раз, одержимо наступне значення розкладання $T = QR$, де

$$Q = (H_{n-1}, H_{n-2}, \dots, H_0)^T = H_1, H_2, \dots, H_{n-1}, R = B_{n-1} \quad (10)$$

Процедура QR – розкладання багатократно використовується в QR – алгоритмі обчислення власних значень. Виконаємо наступний ітераційний процес:

$$B^0 = T,$$

$$B^0 = Q^0 R^0 \text{ – виконується QR – розкладання}$$

$$B^{(1)} = R^0 Q^{(0)} \text{ – виконується перемноження матриць}$$

.....

$$B^{(k)} = Q^{(k)} R^{(k)} \text{ – розкладання,}$$

$$B^{(k)} = R^{(k)} Q^{(k)} \text{ – перемноження.}$$

Таким чином, кожна ітерація реалізується за два етапи. На першому етапі виконується розкладання матриці $B^{(k)}$ у добуток ортогональної $Q^{(k)}$, верхньої трикутної $R^{(k)}$ матриці, а на другому – одержанні матриці перемножуються у зворотному порядку.

При відсутності у матриці кратних власних значень послідовність $B^{(k)}$ сходиться до верхньої трикутної матриці (у випадку, коли всі власні значення дійсні) або до верхньої квазитрикутної матриці (якщо маємо комплексно спряжені пари власних значень).

Таким чином, кожному дійсному власному значенню буде відповідати стовбець, який наближається

до нуля піддіагональними елементами. В роботі у якості критерію збіжності ітераційного процесу нами використані наступні нерівності:

$$\sum_{i=m+1}^n ((b_{im}^{(k)})^2)^{1/2} \leq \varepsilon \quad (11)$$

При цьому можливі власні значення приймаються рівними діагональному елементу даного стовпця.

Кожній комплексно-спряженій парі відповідає діагональний блок розмірністю 2×2 , тобто матриця $B^{(k)}$ має блочно-діагональну структуру.

Принципово те, що елементи цих блоків змінюються від ітерації до ітерації без очевидної закономірності, в той же час, як комплексно-спряжені власні значення, які визначаються кожним блоком, мають тенденцію до збіжності. Цю обставину необхідно враховувати при формуванні критерію виходу із ітераційного процесу. Якщо у процесі ітерацій прослідковується комплексно-спряжені пари власних значень, а відповідному блоку, який утворений елементами J -го і $(J+1)$ -го стовбців $B^{(k)}_{JJ}$, $B^{(k)}_{JJ+1}$, $B^{(k)}_{JJ+2}$, $B^{(k)}_{J+1J+1}$, то незважаючи на значні зміни у процесі ітерацій самих цих елементів, власні значення, що відповідають даному блоку і визначені із рішення квадратного рівняння виду $(B^{(k)}_{JJ} - \lambda^{(k)}) (B^{(k)}_{J+1J+1} - \lambda^{(k)}) = B^{(k)}_{JJ+1} B^{(k)}_{J+1J}$, починаючи з деякого K , відрізняються незначно. У якості закінчення ітерацій для таких блоків можуть бути використані наступні умови:

$$|\lambda^{(k)} - \lambda^{(k-1)}| \leq \xi \quad (12)$$

Недоліком алгоритму який розробляється є значне число операцій (пропорційно n^3 , де n – розмірність матриці), необхідних для QR - факторизація матриці на кожній ітерації. Ефективність QR – алгоритму можливо підвищити, якщо попередньо за допомогою перетворення подібності привести матрицю до верхньої Хессенбергової форми. При цьому проводиться наступна операція:

$$B^{(0)} = H^T B H \quad (13)$$

де $B^{(0)}$ – матриця Хессенберга, яка має наступну структуру:

$$\begin{bmatrix} x & x & x & \dots & x & x \\ x & x & x & \dots & x & x \\ 0 & x & x & \dots & x & x \\ 0 & 0 & x & \dots & x & x \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & x & x \end{bmatrix}, \quad (14)$$

де x – чинник, який позначає не нульові елементи.

У нашому випадку принциповим є те, що у подальшому, в процесі QR – ітерацій, матриці $B^{(k)}$ зберігають верхню Хессенбергову форму, що дозволяє більш економічніше проводити їх QR – розкладання.

Після визначення матриць $Q[2 \times n]$ та $R[2 \times 2]$ у ROBUST – алгоритмі слідує наступне визначення початкового коригуючого вектору:

$$\begin{aligned} [E] &= [T]/[R] \\ [H] &= [E] \times [E], \end{aligned} \quad (15)$$

Одержана матриця $[H]$ має розмірність $[2 \times n]$. Вектор $\{h\}$ обчислюється наступним чином:

$$\{h\} = \begin{bmatrix} H_{1j} + H_{12} \\ H_{2j} + H_{22} \\ \dots \\ H_{nj} + H_{n2} \end{bmatrix}$$

Усі елементи вектору $\{h\}$ порівнюються зі значенням 0,999. Ті елементи, які більше 0,999, замінюються на 0,999, а які менше – залишаються без зміни.

Заключним етапом визначення початкового корегуючого вектору $\{b\}$ є наступне перетворення

$$\{b_i\} = \frac{1}{\sqrt{1-h_i}}$$

У подальшому циклічне обчислення скорегованих коефіцієнтів α_0 і α_1 виконується по наступному алгоритму:

а) обчислюється вектор помилок тренду

$$\{r\} = \{x\} - [T] \cdot \{a\},$$

де $\{a\} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}$; на першому кроці $\{a\} = \begin{bmatrix} a_0^2 \\ a_1^2 \end{bmatrix}$;

б) вектор помилок помножується на початковий корегуючий вектор:

$$\{r^* \} = \{r\} \times \{b\};$$

в) визначається m – медіана у векторі $\{r^*\}$;

г) визначається вектор $\{rs\}$, як $rs_i = abs(r_i - m)$, де $i = 1, \dots, n$; виконується сортування значень у векторі $\{rs\}$, для значень від 2 до n . Потім S поділяємо на коефіцієнт 0,6745;

д) обчислюється проміжний вектор $\{z\}$ як $\{z\} = \{b\} / (2.38 S)$;

е) обчислюється вектор $\{wi\} = 1 / (1 + 2z_i)$;

і) обчислюється заключний корегуючий вектор: $\{K_i\} = \sqrt{wi_i}$;

к) обчислюється скориговані параметри

$$\begin{aligned} \{\bar{x}_w\}, \{T_w\} \\ \{\bar{x}_w\} = \{x\} * \{k\}, \\ T_{wij} = [T_{wij}]^*(k); \end{aligned}$$

н) нові коефіцієнти a_0 і a_1 обчислюються із системи лінійних рівнянь: $\{\bar{x}_w\} = \{T_w\}\{a\}$.

Описана процедура виконується до тих пір, поки подальші ітерації не принесуть змін $\{a\}$.

На рис. 3 наведений часовий ряд, який має інформацію про річне споживання електроенергії головною водовідливною установкою шахти ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ», а також тренд побудований за алгоритмом, розробленому авторами. Із рис. 3 видно, що робастний алгоритм визначення тренду більш точно віддзеркалює тенденцію до зростання споживання електроенергії стаціонарними установками в період обмеження потужності енергосистеми.

Рис. 3. Графік електроспоживання та його статистична обробка

Оперативне управління режимами електроспоживання СУ шахт по критерію мінімізації витрат електрики в період пік, напівпік, ніч на основі синтезу робастних алгоритмів прогнозування витрат електрики та нейромережових систем оцінки її якості, напруги u_T , реактивної потужності Q_p , активної потужності P_a стаціонарних установок та технологічних чинників (притоку та рівня води в зумпфах шахти, відхилення тиску повітря від заданих значень, стану рудникової атмосфери, продуктивності скіпового підйому) виконано за допомогою динамічної експертної системи і диспетчерського інтерфейсу на основі принципу адаптивного діалогового управління. Технологічні процеси, при нечіткій вихідній інформації одержаної від датчиків Д, встановлених по кожній із СУ і систем телемеханіки, виконаних на базі SCADA-систем, класифікуються за допомогою системи розпізнавання образів шляхом визначення нормального, аномального, аварійного, після аварійного режимів роботи СУ. Використані в АСУТП алгоритми випередженого управління дозволяють розробити комплекс заходів, які забезпечують ефективне електропостачання СУ шахти у періоди обмеження енергосистеми шляхом розпізнавання нормальних, аномальних, аварійних, після аварійних технологічних ситуацій. При цьому ЕОМ для кожної із ситуацій за допомогою нейромережових алгоритмів оперативно визначає електричне навантаження СУ щодо активних та реактивних параметрів та підтримує напругу в їх вузлах в межах встановлених норм. Крім цього в ІСУЕ побудовані людино-машинні процедури рішення взаємозв'язаного комплексу задач автоматизованого управління режимами електроспоживання стаціонарних установок шахти, що забезпечує своєчасне прийняття ефективних управлінських рішень.

Висновки

На основі алгоритмів прогнозування витрат електрики та технологічних чинників в періоди пік, напівпік, ніч навантаження енергосистеми запропоновано інтелектуальну систему управління електроспоживанням стаціонарних установок шахт. В динамічній системі ІСУЕ використані інтерактивні механізми управління режимами електроспоживання підприємства з підземним видобутком аглоруди, що забезпечує координацію функцій які виконує ЕОМ щодо рішення задач електроспоживання у відповідності з технологічними ситуаціями, що виникають на СУ шахти. Розроблений підхід забезпечує необхідну точність і оперативність для прийняття ефективних рішень щодо управління режимами електроспоживання стаціонарних установок, що дозволяє енергодиспетчеру більш ефективно реагувати на зміни параметрів u_{T1} , u_{T2} , u_{T3} , u_{T4} , u_3 , Q_b , P_a , Q_p та одержувати за допомогою динамічної експертної системи оптимальні значення цих параметрів.

Література

1. Хорольський В.П. Інтегроване інтелектуальне управління технологічними процесами в економічних системах корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу : монографія / В.П. Хорольський ; під редакцією В.П. Хорольського. – Дніпропетровськ : Січ, 2008. – 448 с.

2. Кудрин Б.И. Организация, построение и управление электрическим хозяйством промышленных предприятий на основе теории больших систем / Кудрин Б.И. – М. : Центр системных исследований, 2002. – 368 с.
3. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підручник для вузів / В.Є. Шестеренко. – Вінниця : Нова книга, 2004. – 656 с.
4. Електрофікація гірничого виробництва : підручник для вузів / за редакцією Л.О. Пучкова, Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ, 2010. – 350 с.
5. Чермалых В.М. Системы электропривода и автоматики рудничных стационарных машин и установок / В.М.Чермалых, Д.И.Родькин, В.В.Каневский. – М. : Недра, 1976. – 399 с.
6. Хорольський В.П. Принципи побудови самоорганізуючих систем управління електроспоживанням головних водовідливних установок шахт / В.П. Хорольський, М.І. Шпанько // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 3. – С. 238–243.
7. Методы современной теории автоматического управления : учебник / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
8. Шуленко А.Н. Основы инновационного обеспечения управления качеством с использованием нейронных сетей, генетических алгоритмов и нечеткой логики / А.Н. Шуленко. – Изд-во LamdertAcademac Publising, 2011. – 199 с.

References

1. Khorolskyi V.P. Integrated intelligent process control in economic systems of corporate mining and metallurgical complex: monograph, Under the editorship of V.P. Khorolskyi, Dnipropetrovsk: Sich, 2008. 448 p.
2. Kudrin B.I. Organization, Management and building a elektricheskym improvement of industrial enterprises based on the theory of big systems, M.: Centre of research systems, 2002. 368 p.
3. Shesterenko V.E. System power consumption and electricity industry: a textbook for high schools, Vinnitsa: New Book, 2004. 656 p.
4. Elektrofikatsiya mining: a textbook for high schools; edited by L.A. Puchkov, .H.H. Pivnyaka, Dnepropetrovsk, 2010. 350 p.
5. V.M. Chermalyh, D.Y. Rodkyn, V.V. Kanevskyy, Systems and automation of electric machines and stationary mine installations, M.: Nedra, 1976. 399 p.
6. V.P. Khorolskyi, M.I. Shpanko, Principles of self-organizing systems management power consumption of the main mine dewatering plants, Herald of Khmelnytskyi National University. 2015, № 3. P. 238-243.
7. Modern methods Automatic management theory: Textbook, Ed. K.A. Umbilical, N.D. Ehupova, M.: Publishing Bauman them B.C. Bauman, 2004. 784 p.
8. A.N. Shulenko, Fundamentals of quality control provision ynnvatsyonnoho s using neural networks, algorithms and henetycheskyh nechetkoy logic, Publisher LamdertAcademac Publising, 2011. 199 p.

Рецензія/Peer review : 9.6.2015 р. Надрукована/Printed : 30.8.2015 р.
Рецензент: д.т.н. Жуков С.О.