

9. **Бережной А.Ю.** Обоснование параметров ножевых очистителей лент конвейеров для горных предприятий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / **Бережной Андрей Юрьевич.** – Донецк, 2008. – 198 с.
10. **Тарасов Ю.Д.** Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства / **Тарасов Ю.Д.** - М.: Недра, 1993. – 192 с.
11. **Dinlinger E.** Uber dem Grabewiderstand. "Fordertechik", Bd. 22, 1929. s. 386-412.
12. **Kummer H.W., Meyer W.E.,** Paper B-II, 11-th FISITA Congress, Munich. 1966.
13. **Rathje J.** Der Schnittvorgang im Sande. V.D.J. - B.: Verlag G.M.B.B. -1931. s. 213-265.
14. **Stepian K.** Porownanie i ocena wlasnosci eksploatacyjnych tasm przenos-nikowych oraz prezentacja mozliwosci wykorzystania odradow tasm.- Prace naukowe Instytutu Gornictwa Politechniki Wroclawskiej 75, Seria: Konfer-encje 17, Wroklaw, 1994, s. 235-243.
15. 127. Gow A.M., Gugenhetm M., Campba U. and Goghil W.H. Ball milling Methods, 1934.
16. Grinding With an angular sapiral lining system, "Aastmt. Mining", 1975, v.67, № 5, p. 23.

Рукопись поступила в редакцию 15.04.14

УДК 681.5.015: 622.73.002

В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. Криворізький національний університет
Д.В. ХОРОЛЬСЬКИЙ, ПАТ «ПівдГЗК», **К.Г. ТІТОРЕНКО**, ПАТ «ПівдГЗК»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ДРОБАРНОЇ ФАБРИКИ

Розроблено інтелектуальну систему управління електроспоживанням дробарної фабрики в період обмеження максимуму енергосистеми. Управління дробарними фабриками за допомогою сучасних інтелектуальних систем експертного оцінювання багатостадійного процесу дроблення в період «день», «ніч», «пік», «напівпік» забезпечує оптимальне оперативне управління технологічним процесом з гарантованим зменшенням питомих витрат електрики на одну тону дробленого продукту. Розроблено адаптивну систему управління електроспоживанням типової дробарної фабрики гірничозбагачувального комбінату, в якій використано експертні системи автоматизованого управління технологічними процесами дроблення та управління електроспоживанням. У системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання дробарних фабрик важливу роль відіграє організація процесу розпізнавання технологічних ситуацій оцінки знань оператора електроспоживання і прийняття рішень. Усі процесори в інтелектуальній системі управління (ІСУ) працюють в режимі циклічного сканування вхідних даних і команд з датчиків контролю якості руди, систем телемеханіки і систем локальної автоматики керування процесом дроблення в ККД, КСД, КМД1, КМД2.

Ключові слова: система, електропостачання, дробарна фабрика, інтелектуалізація.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними виконаннями. Сучасні автоматизовані системи управління електроспоживанням складних технологічних процесів дроблення руди на дробильних фабриках гірничо-металургійного комплексу України представляють собою багаторівневі людино-машинні системи управління [1]. Створення АСУ електроспоживання дробарних фабрик зі складними технологічними процесами переробки руди з різними текстурними характеристиками міцності є основним завданням спеціалістів проектувальників на стратегічному періоді до 2020 р., яке можна виконати за рахунок розробки та впровадження сучасних інтелектуальних систем управління з використанням автоматичних інформаційних систем збирання даних і обчислювальних комплексів та програмного забезпечення. Внаслідок недостатньої автоматизації і комп'ютеризації технологічних процесів дроблення, подрібнення та збагачення енергозабезпеченість вітчизняних гірничодобувних підприємствах істотно відстає від світового рівня. До 50 % основних витрат у собівартості гірничозбагачувального комбінату і 70-85 % витрат на електроенергію становлять технологічні процеси дроблення, здрибнення та збагачення [1] [2]. Тому енергозабезпечення визначено одним із пріоритетних напрямків державної політики України і має реалізовуватися, як довгострокова та чітко спланована програма дій до 2030 р. [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Відомі роботи [1,2,4,5] в яких розглянуто можливість економії енергоресурсів за рахунок впровадження систем автоматизованого управління технологічними процесами дроблення. Головною ознакою сучасних робіт в сфері управління енергозбереженням є впровадження інтелектуальних систем управління енергозбереженням на усіх ієрархічних рівнях енергоспоживання. Тому комплексне вирішення проблеми енергозбереження за рахунок впровадження інтелектуальних систем управління гірничо-металургійним ком-

плексом на базі EPR систем, є одним із шляхів успішного подолання економічної та енергетичної кризи, які тісно пов'язані з оптимізацією енергопостачання [1,6].

Постановка завдання. Головним завданням статті є розробка концепцій інтелектуального управління процесами енергоспоживання дробарних фабрик підприємств гірничо-металургійного комплексу України. Справа в тому, що витрати на технологічні процеси дроблення і здрібнювання та огрудкування складають більше половини собівартості гірничо-збагачувального виробництва. Наприклад, питомі витрати електроенергії для підприємств Групи «МетІнвест» на виробництво 1 т концентрату склали у 2011-2013 рр. відповідно 120 кВт/т - 128 кВт/т. Тому актуальним питанням є оптимізація процесів електроспоживання шляхом підвищення якості автоматизованого керування дробарними, збагачувальними фабриками на базі інтелектуального управління технологічними процесами.

Викладання матеріалу та результати. Основними вихідними змінними процесу дроблення в конусних дробарках (КД) є питомі затрати електроенергії на створення заданого гранулометричного складу дробленого продукту $\gamma_{\text{вих}}$, продуктивність процесу $Q_{\text{др}}$, і споживана потужність $P_{\text{др}}$. Керуючими впливами є продуктивність рудного постачання $Q_{\text{вх}}$, розмір розвантажувальної щілини КД і частота хитань її рухливого конусу ν , а збуреннями - гранулометричний склад вхідної руди $\gamma_{\text{вх}}$ та її міцності ρ стан футеровок, тощо. В роботі [1,2] доведено, що для оптимізації рудо підготовки необхідно узгоджено управляти процесами електроспоживання і процесами багато стадійного дроблення і транспортування заповнення бункерів.

Процеси дроблення і здрібнення з позиції оптимального керування електроспоживанням є динамічними, нелінійними, стохастичними об'єктами зі змінними параметрами, що мають транспортні запізнювання, різні динамічні режими споживання активної потужності (зміну структуру) і залежать від досвіду персоналу диспетчерів, як електроспоживчих систем так і дробарних фабрик. Їх динамічні властивості в різних каналах визначаються лінійними передатними функціями аперіодичної ланки першого або другого порядку із запізненням та складними вимогами до ОПР – особи, яка приймає рішення – диспетчера енергосистеми і диспетчера дробарної фабрики. У цьому випадку, такі складні системи управління можливо спроектувати на основі технологій штучного інтелекту, в яких людина її управлінський досвід є експертною системою при побудові систем керування, як технологічних процесів дроблення так і керування системою енергоспоживання.

В системі використана ідея побудови автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ) енергоспоживанням дробарної фабрики з особою, яка приймає рішення (ОПР) і експертної системи (ЕС) та з системою прийняття рішень, щодо чинників електроспоживання ДФ в періоди обмеження потужності енергосистеми.

В якості архітектури інтелектуальної системи управління (ІСУ) прийнята композиція із наступних блоків:

БАВІ - блока аналізу вхідної інформації, який виконує зв'язок із системою телемеханіки і засобами спілкування ОПР з персоналом енергосистеми. БРКС - блок розпізнавання і класифікації ситуацій БПУР - блок планування управлінських рішень. Дану процедуру опишемо так

$$\varphi_{n.p} = (S, R_{\text{ц}}, \Pi, K_p, M_{\text{опр}}, O_{\text{опр}}, R_{\text{ц1}}), \quad (1)$$

де S - ситуація електроспоживання; $R_{\text{ц}}$ - множина цільових управлінських рішень, які можуть бути знайдені в моделі пошуку рішень (БЗ) M_1 , яка налагоджена на поточну ситуацію $S_1 \in S$ при використанні стратегії максимізації завантажень ДФ. Дана процедура виконує дві функції планування електроспоживання ДФ та пошуку оптимальних рішень, щодо завантаження конусних дробарок чотирьох стадій дроблення сирової руди. Π - цілі управління енергоспоживанням ДФ; K_p - критерії, що характерні для даного рівня прийняття рішень, щодо енергоспоживання ДФ; $M_{\text{опр}}$ - моделі допустимої області прийняття управлінських рішень; $O_{\text{опр}}$ - область оптимальних управлінських рішень у відповідності з визначенням енергетичним менеджментом ДФ цілями і критеріями; елемент кортежа $R_{\text{ц1}}$ - є множиною тих управлінських рішень, які задовольняють $O_{\text{опр}}$ і можуть бути в першу чергу рекомендованими для реалізації в системі енергоспоживання ДФ.

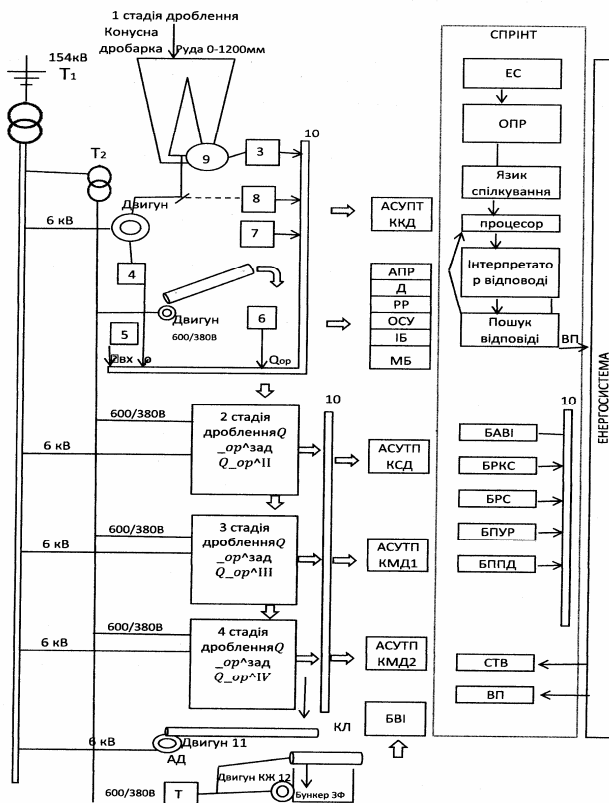


Рис. 1. Інтелектуальна система управління електроспоживанням дробарної фабрики

Процедура $\varphi_{п.р}$ - синтез рішень, який дозволяє зменшити кількість одночасно рекомендацій ОПР управлінських рішень. Крім того процедура ранжує управлінські рішення, які надають диспетчеру по інформації чинників φ_6, R_{φ} у вигляді експертних оцінок (ЕО).

При цьому процедура задається у вигляді виразу $\varphi_{п.р1} = (S, R_{\varphi2}, O_{опр}, R_{\varphi1})$, а інформація для ОПР після виконання цієї процедури надається у вигляді ситуацій

$$\langle \{S\} \rangle = \{R, O_{опр}, O_{дур}\}, \quad (2)$$

де $O_{дур}$ - область допустимих управлінських рішень.

Отже людина-диспетчер електроспоживання ДФ може зв'язати поточну ситуацію з необхідними рішеннями з врахуванням їх належності до $O_{опр}$, задаючи значенням $R_{\varphi2}$; При цьому ОПР може вибирати одне із рішень (із системи рекомендованих), або приймає своє рішення, яке може відрізнитись від рекомендованого R_{φ}

Якщо $R_{\varphi} \cap \bar{R} = 0$, то це рішення може

бути реалізовано, у даному випадку

$\bar{R} = R_{\varphi} \cap R_{\varphi1} \cap R_{\varphi2}$ - заперечена множина рішень. Формально цю процедуру опишемо

$$\varphi_8 = \langle S, R, \bar{R}, R_{\varphi} \rangle$$

Процедура оцінки результатів реалізації рішень в енергосистемі ДФ дозволяє оцінити ефективність прийнятих і реалізованих рішень з метою корекції (в режимі навчання або самонавчання), моделі знань системи і переведення частини інформації виду $\langle \langle \text{ситуація} \rangle - \langle \text{рішення} \rangle \rangle$ із сфери системи ІСУ в сферу локальної автоматики. Цю процедуру може описано так

$$\varphi_9 = \langle S, R, U, R_{\varphi}, M_1, \varphi_{13} \rangle, \quad (3)$$

де φ_{13} - процедура навчання (самонавчання) системи і корекції її моделі знань M_1 .

Процедура інформаційного діалогу організовує людино-машину взаємодію ОПР з ІСУ для одержання необхідної оператору інформації φ_{11} у вигляді

$$\varphi_{11} = \langle \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4 \rangle,$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - процедури: φ_1 - ситуативної класифікації; φ_2 - модельної класифікації; φ_3 - формування стратегії цілі пошуку рішень; φ_4 - процедура пошуку цільових управлінських рішень у відповідності з цілями і критеріями управління: $\varphi_4 = \langle S, C, M_1, R_{\varphi} \rangle$. У цій процедурі R_{φ} - множина цільових рішень, які можливо знайти в базі знань (БЗ). M_1 - налагоджений на поточну ситуацію $S, \varphi \in S$ при використуванні стратегії $C, \varphi \in S$.

Процедура визначення інформаційного базису для прийняття рішень виконує зв'язок зі системою телемеханічного збору інформації з метою організації відбору і оброблення інформації і запису її у інформаційну модель (базу даних – БД) систем.

Формально ця процедура може бути описана

$$\varphi_{12} = \langle S, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, M_1, M_0 \rangle, \quad (4)$$

де M_0 - інформаційна модель, яка зберігає поточний стан об'єкту;

Процедура адаптації/навчання дозволяє організувати автоматизоване налагодження ІСУ на область оптимального управління електроспоживанням ДФ

$$\varphi_{13} = \langle L_{\varphi}, E_3, E_4 \rangle,$$

де $L_{я}$ - механізм корекції моделей БЗ і даних (засоби ЯСЗ і ЯСД), які дозволяють зв'язати інформацію в її машинному уявленні; E_3, E_4 - множина елементів рівнів моделі знань і даних;

Процедура діалогового управління ІСУ може бути описана так

$$\varphi_{14} = \langle S, L_{яоз}, L_{яод}, M_1^{EOM} \rangle, \quad (5)$$

де S – проектна ситуація із класу ситуацій людино-машинного проектування (ЛМП)[6], яка віддзеркалює предметно-орієнтовану постановку задачі побудови інформаційно-модельного базису (ІМБ), $L_{яоз}, L_{яод}$ - мовні засоби опису елементів модельного базису знань і даних.

M_1^{EOM} - машинне уявлення знань оператора енергоспоживання (ІМБ). Відповідно зі сказаним логічну послідовність управління енергоспоживанням через енергосистему ГП за допомогою ІСУ наведено на схемі (див. рис. 1) у вигляді блоку АПР - автоматичного пошуку рішень.

У цій схемі наведені також блоки: Д - людино-машинний діалог, РР – реалізація рішень; ОСУ - об'єкт і середовище управління; ІБ - інформаційний базис; МБ – модельний базис.

Крім цього в системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання ДФ також використані: СТВ – система телевимірювань параметрів енергосистеми та ВП – виконавчі пристрої; БВІ – блоки візуалізації інформації, БППД – блок пошуку процесів діалогу ОПР енергосистеми і диспетчера ДФ. Тобто цей блок виконує взаємодію на мові професійної лексики диспетчера ДФ і диспетчера енергосистеми. Така ідеологія побудови БППД слугує надійною гарантією одержання відповіді у виділені терміни для задоволення вимог виконання управлінських рішень (УР).

При побудові ІСУ важливим є принцип організації обчислювального процесу. У відповідності з концепцією організації енергоспоживання ДФ нам потрібно вирішити наступні обчислювальні процедури: розробки і прийняття рішень; проектування програмного забезпечення; адаптація/навчання, адміністрування системи.

Кожна із цих процедур створена для визначення групи користувачів, утворюючи чотири контури (режими) роботи ІСУ.

У контурі вибору і прийняття рішень система одержує інформацію лише про параметри електропостачання. Основна функція цього контуру задовольнити потреби ОПР для управління електропостачанням ДФ. Контур адаптації/навчання ІСУ - має зв'язок з експертами – управліннями. Основна функція контуру - створення моделі знань, щодо предметної області управління електропостачанням і перевірка її. Така процедура виконується експертним шляхом за рахунок спеціальних алгоритмів і засобів самонавчання, які включенні в БЗ [6,7].

Звернемо увагу на те, що в системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання ДФ важливу роль відіграє організація обчислювального процесу розробки і прийняття рішень блоком (БПУР).

Усі процесори в ІСУ працюють в режимі циклічного сканування вхідних даних і команд зі СТВ і ВП і систем локальної автоматики керування процесом дроблення в ККД, КСД, КМД1, КМД-2. В цих уніфікованих системах керування процесом дроблення в конусних дробарках (КД), наведених у рис. 1 вхідна руда після дроблення в КД через бункер 1 потрапляє на конвеєр 2. Систему складають: пристрій 3 контролю ширини розвантажувальної щілини дробарки; датчики 4,5 контролю крупності й міцності вхідної руди; конвеєрні ваги 6; пристрій 7 контролю гранулометричного складу дробленої руди (гранулометр), а також виконавчий механізм 8 регулювання ширини розвантажувальної щілини 9 дробарки. Ці пристрої пов'язані з керуючою системою за допомогою інформаційної шини 10.

У відповідності з алгоритмом роботи ДФ[4] керуюча система виконує оцінку поточного стану процесу дроблення спочатку ККД, а потім інших стадій. Для цього здійснюються опитування й усереднення за попередній інтервал показників датчиків 3,4,5,6, а також гранулометра 7. Далі виконується ідентифікація прогнозуємої моделі процесу ККД, за оцінками якої визначається оптимальне керування (зміна ширини розвантажувальної щілини дробарки) g_{opt} на наступний інтервал, яке відпрацьовується гідравлічною системою 8 регулювання щілини.

Подібну архітектуру керування мають і інші стадії дроблення і здрибнення, їх поєднує, те, що в системах контролю гранулометричного складу кускової руди задіяний оптичний метод контролю, та контролю крупності й міцності вхідної руди КД.

Технічна реалізація цих способів контролю крупності й міцності вхідної руди КД здійснюється на основі цифрового сигнального процесора TMS 320C55x., а технічна реалізація спосо-

бу контролю гранулометричного складу руди в потоці полягає у відеомоніторингу частини конвеєра живника за допомогою апаратури Agvantech VBOX. Параметри електроспоживання на підстанції ГЗП контролюються за допомогою системи телемеханічних вимірювань (СТВ) SCADA - систем[6]. Програмний SCADA пакет Citect забезпечує взаємодію не лише з пристроями введення/виведення, але і з іншими джерелами інформації БД, БЗ, БМ, Windows - програм і зовнішніх комп'ютерних систем ДФ. Крім цього вся інформація з датчиків дробарного комплексу, системи телемеханічних вимірювань, витрат електроенергії, активної та реактивної потужності, управлінських механізмів, ВП, промислових контролерів в реальному часу надходить в SCADA систему. Для забезпечення простоти підключення цих пристроїв в Citect[8] використані сервери введення - виведення інформації орієнтовані на конкретні типи обладнання ДФ та головних знижувальних підстанцій (ГЗП).

В системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання ДФ в якості СТВ (системи телемеханічних вимірювань активної і реактивної потужностей) використані мікросхеми серії ADE775* корпорації Analog Devices[9]. У системі електроспоживання ДФ використані також мікроконтролери серії PIC1&F, в якому поєднані принципи АЦП, таймери, норми вводу/виводу, flash - пам'яті і т.ін., та використовується програмний лічильник з 21 розрядів.

Адресування відбувається побайтно, причому при виборі команди значення лічильника збільшується на 2. Цю серію рекомендовано використовувати в системах СТВ – ВП енергосистеми та енергоспоживання ДФ на підстанціях ГЗП [9,10,11].

Для забезпечення оптимальної роботи ДФ і її електрообладнання необхідно визначити величину тарифу для сплати за споживану активну електроенергію. Відповідно до [11][12] електроспоживання ДФ будемо ділити на зони залежно від часу суток: “ніч”, “напівпік”, “пік” (рис. 2).

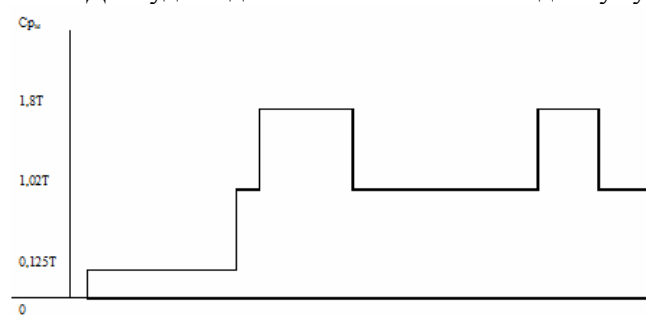


Рис. 2. Залежність тарифу на активну електроенергію від часу доби

У загальному вигляді тариф на сплату за активну електроенергію визначається по виразу

$$Cp_m = TKp_m, \quad (6)$$

де Kp_m - коефіцієнт множення середньої прогнозованої вартості електроенергії для кожної зони, складає 0,25, 1,02 і 1,8 для ночі, напівпік та пік, відповідно.

Форма оплати і модель (6) заносяться в БАВІ інтелектуальної системи ІСУ, у вигляді бази даних, і бази знань, і алгоритмів керування дробильним комплексом.

Інтелектуальна система ІСУ та АСУТП ДФ утворюють узгоджену систему оперативного управління технологічним процесом [12] з гарантованим зменшенням кількісних параметрів витрат електроенергії в періоди пікових навантажень енергосистеми.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розроблений підхід до побудови інтелектуальної системи управління електроспоживанням, яка автоматизує функції диспетчерського управління електроспоживанням ДФ і яка базується на методології систем прийняття інтелектуальних рішень. Новим в цій технології є можливість розпізнавання проблемних технологічних ситуацій, автоматичне рішення задач пошуку і логіки прийняття управлінських рішень і одержання пояснень дій оперативного персоналу. Наявність такої технології дозволило оперативному персоналу узгоджено керувати процесами дроблення в періоди обмеження максимуму енергосистем за рахунок розроблених адаптивних систем управління процесами дроблення і здрібнення і визначення в часі активної потужності та значення ширини розвантажувальної щілини дробарки на наступний інтервал процесу керування.

Список літератури

1. Інтегроване інтелектуальне управління технологічними процесами в економічних системах корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу / **В.П. Хорольський** // Під ред. В.П.Хорольського. Монографія. – Дніпропетровськ: Січ, 2008. – 448с.
2. **Кочура Е.В.** Развитие научных основ автоматизации процессов магнитного обогащения руд с целью энергосбережения: дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук / **Е.В. Кочура**. – Днепропетровск, 1996 – 331с.
3. Закон України «Про електроенергетику» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rada.gov.ua>.
4. А.с. 967567 СССР, Способ автоматического управления дробильным комплексом/ **Б.И. Рыбалко, В.П. Хорольский, Т.Ю. Трач** Опуб. 23.10.82, Бюл. изобр. №39.

5. **Авилов–Карнаухов В.Н., Зюбровский Л.Г.** Экономия электроэнергии на рудобогатительных фабриках. – М: Недра, 1987. - 159 с.
6. **Башлыков А.А.** Проектирования систем принятия решений в энергетике. - М.: Энергоатомиздат,
7. Методы классической и современной теории автоматического управления : Учебник в 5 - и тт.; 2 – е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления /Под ред. **К. А. Пупкова, Н.Д. Егупова.** - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 784 с.
8. **Андреев Е.Б.** Проектирование систем управления в SCADA - пакета in Touch. <http://www.oglibrary.ru/data/demo/9182/9182.htm>
9. Active and apparent energy metering IC with di/dt sensor interface. Preliminary technical data. - Analog Devices Inc., 2002. – 38с
10. PIC16F87* 28/40pin 8-bit CMOS flash Microcontrollers. Data Sheet DC 30292C. - Microchip Technology Inc., 2002 – 184с
11. PIC18FXX2. High performance, enhanced flash Microcontrollers with 10-bit A/D. Data Sheet DS 30564A. - Microchip Technology Inc., 2003 – 299 с.
12. **Муравьев В, Банасевич А.** Технологические решения в управление предприятием// Корпоративные системы, 2000. - №4. - С. 27-31.

Рукопись поступила в редакции 25.03.14

УДК 621.316.9: 622.271.33

А.В. ПИРОЖЕНКО, канд. техн. наук, **Т.В. ПИРОЖЕНКО**, наук. співроб.
НДІБПГ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОСНОВА ОПОРИ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНВЕНТАРНИХ ВАНТАЖІВ ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ПЕРЕСУВНИХ ВНУТРІШНЬОКАР'ЄРНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Стан безпеки під час перевлаштування (спорудження) високовольтних пересувних внутрішньокар'єрних ліній електропередач визнаний як критичний через недостатню стійкість опор з металевими основами. Усі відомі рішення металевої основи пересувної опори потребують привантаження основи для забезпечення її стійкості. Привантаження не може гарантувати стійкість основи опори, оскільки в умовах відкритих гірничих робіт здійснюється породою. Наведено методику розрахунку металевої основи пересувної опори внутрішньокар'єрних високовольтних ліній електропередачі, яка забезпечує її стійкість без додаткового навантаження. Опори розраховувались на навантаження від власної ваги і вітрового навантаження на конструкцію, на навантаження від проводів повітряної лінії, а також на навантаження, які обумовлені прийнятим способом монтажу та від ваги монтера та монтажних приладів. Вказані розрахунки проводилися для кожного типу опор в нормальному, аварійному і монтажному режимах повітряної лінії при найбільш невідгідному з точки зору стійкості опори поєднанні кліматичних умов. Розрахунки стійкості опори проводилися в режимі найбільших навантажень, тому що тяжіння проводів в цьому режимі значно перевищує тяжіння проводів в режимі найнижчої температури без вітру. Аналіз схем розрахункових навантажень на опору від тяжіння проводів показує, що найбільш небезпечним режимом тяжіння проводів, з точки зору стійкості опори, є нормальний режим кутової проміжної опори при максимальному нормативному напорі вітру і температурі – 5°C.

Після визначення усіх складових розв'язувалося рівняння рівноваги опори відносно маси основи при необхідному коефіцієнті стійкості. У результаті проведених розрахунків встановлено, що мінімально необхідна маса основи опори для забезпечення її стійкості при довжині 3,6 м і ширині 3 м, складає 1300 кг. Розроблено конструкцію основи для будь-якого типу пересувних опор, яка не потребує при вантаженні.

Проблема та її зв'язок з практичними завданнями. Внутрішньокар'єрні високовольтні лінії електропередач, що живлять пересувні електроустановки, мають значну протяжність і достатньо розгалужені. Зазвичай протяжність пересувних внутрішньокар'єрних ліній в умовах Кривбасу складає більше 50 км для одного кар'єру, при цьому відстань між пересувними опорами (габаритний прогін) згідно з [1], не повинна перевищувати 50 м. Отже, кількість пересувних опор кар'єру може складати більше тисячі.

Стійкість пересувних опор на металевих основах повинна забезпечуватися привантаженням основи інвентарними залізобетонними вантажами масою 550 кг для проміжних та 1000 кг для кутових (кінцевих) опор і опор, які обмежують прогін спуску з уступу на уступ, згідно з п. 7.12 [1].

Привантаження основ опор є трудомісткою і нетехнологічною операцією, що в кілька разів збільшує час монтажу-демонтажу пересувних ЛЕП і, крім того, знижує безпеку робіт з перевлаштування або спорудження нових ліній електропередачі в кар'єрі. На практиці в