

УДК 622.5:65.011.56

Ю.О. Губка (магістрант), О.С. Оголобченко (канд. техн. наук, доц.)
Донецький національний технічний університет, м. Донецьк
кафедра гірничої електротехніки та автоматики ім. Р.М. Лейбова
E-mail: karas11.1988@mail.ru, ogolob@i.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИМ СТУПЕНЕВИМ ВОДОВІДЛИВОМ З УРАХУВАННЯМ ПЕРІОДІВ МАКСИМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШАХТИ

Пропонується спосіб керування автоматизованим ступеневим водовідливом з урахуванням періодів максимальних навантажень в системі електропостачання шахти як перед пікове включення насосних установок відповідно до величини поточного притоку води у водозбірник насосної станції на кожному горизонті у режимі реального часу. Розроблена імітаційна математична модель роботи насосних установок ступеневого водовідливу при керуванні відповідним способом. Моделюванням на ЕОМ показана ефективність способу керування ступеневим водовідливом, що пропонується в роботі.

Ключові слова: *ступеневий водовідлив, насосна установка, система автоматизації, керування, максимальне навантаження, система електропостачання, моделювання.*

Загальна постановка проблеми

Як відомо, одним із способів зниження плати за електроенергію на шахтах при диференційованому тарифу є використання так званих споживачів — регуляторів (СР) — найбільш енергоємних технологічних установок, які під час виробництва, відповідно з вимогами правил безпеки у вугільних шахтах, можуть відключатися або переводитися на знижене електроспоживання в період максимального навантаження на систему електропостачання шахти (піковий період). Одним из таких СР є насосні установки водовідливу, які характеризуються великою енергоємністю (у середньому 17% від установленної потужності шахти) і вільним циклічним графіком роботи з технологічними перервами, що дає можливість сполучати останні з піковими періодами навантаження в системі електропостачання [1]. При цьому в перед піковий період повинне забезпечуватися повне або часткове звільнення водозбірника насосної станції від води до початку періоду максимуму навантаження на систему електропостачання для того, щоб за період виключення насосів водозбірник зміг акумулювати воду, яка потрапляє до водозбірника.

Сучасні шахти мають велику глибину розробки, роботи ведуться на різних горизонтах, що обумовлює використання ступеневого водовідливу для перекачки води з одного горизонту на інший і далі на поверхню шахти. Це складний, гідравлічне розв'язаний комплекс насосних установок з водозбірниками, керування яким повинне здійснюватися дворівневою системою керування з координуючим пристроєм, однією з функцій якого є забезпечення роботи насосних установок з урахуванням максимальних навантажень в системі електропостачання шахти [2]. В теперішній час автоматизуються окремі насосні станції водовідливу, наприклад, з використанням апаратури автоматизації типу ВАВ.1М, яка керує насосною установкою станції без взаємозв'язку між іншими насосними станціями комплексу ступеневого водовідливу, що суттєво впливає на визначення моментів включення – відключення насосних установок відповідно періодів максимального навантаження на систему електропостачання шахти, а отже викликає зменшення ефективності енергозберігаючих заходів при керуванні шахтою.

Постановка задач дослідження

У роботі [1] описані способи автоматичного керування насосною установкою водовідливу з обліком пікових періодів у системі електропостачання шахти: спосіб примусового включення

за часом з наступним регулюванням подачі, спосіб керування по трьом точкам і спосіб примусового включення за часом. Зазначені способи керування можуть бути застосовані тільки при керуванні одноступеневим водовідливом, наприклад, спосіб примусового включення за часом використовується в алгоритмі керування апаратури автоматизації насосної станції типу ВАВ.1М. Для ступеневого водовідливу потрібен спосіб керування, який урахує деякі специфічні особливості ступеневого водовідливу, зокрема пуск насосної установки нижче розташованого горизонту (нижнього) повинен здійснюватися в тому випадку, якщо ємність водозбірника насосної станції, куди буде перекачуватися вода, буде достатня для приймання води. Також приток води до насосної станції визначається не тільки притоком води з гірничих виробок горизонту, але і подачею насосної установки з нижнього горизонту, що викликає коливання притоку в широкому діапазоні й прийняти приток води, як деяку постійну величину не можна.

Тому задачею даної роботи є розробка і дослідження на ЕОМ способу керування автоматизованим ступеневим водовідливом з урахуванням періодів максимальних навантажень в системі електропостачання шахти.

Рішення задач і результати досліджень

В результаті аналізу роботи ступеневого водовідливу шахти як об'єкту автоматичного керування, існуючих способів автоматичного керування насосною установкою водовідливу з обліком періодів максимальних навантажень у системі електропостачання шахти, пропонується спосіб автоматичного керування ступеневим водовідливом у режимі реального часу, суть якого полягає у наступному [3]. Для пояснення способу керування, на рисунку 1 приведена технологічна схема автоматизованого двохступеневого водовідливу шахти.

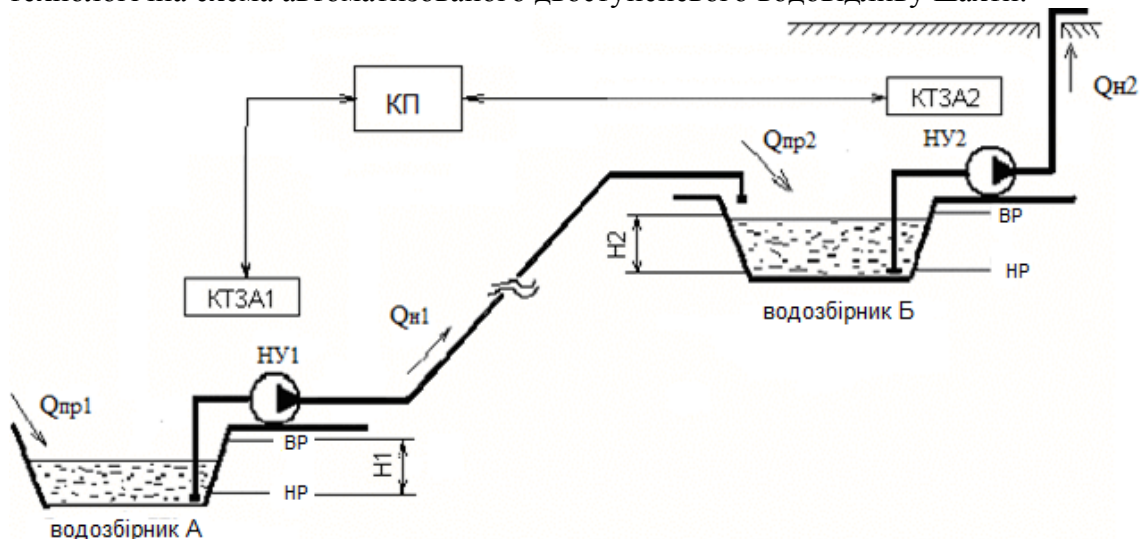


Рисунок 1 — Технологічна схема автоматизованого двохступеневого водовідливу шахти

На рисунку 1 позначено: НУ1 — насосна установка насосної станції з водозбірником А горизонту А (нижній горизонт); НУ2 — насосна установка насосної станції з водозбірником Б горизонту Б (верхній горизонт); Н1, Н2 — глибина відповідно водозбірника А і Б; НР, ВР — рівень води у водозбірнику, відповідно нижній і верхній; $Q_{пр1}$, $Q_{пр2}$ — приток води відповідно у водозбірник А і Б; $Q_{н1}$, $Q_{н2}$ — продуктивність (подача) відповідно насосної установки НУ1 і НУ2; КТЗА1, КТЗА2 — комплекс технічних засобів автоматизації відповідно насосної станції горизонту А і Б (нижній рівень керування); КП — координуючий пристрій (верхній рівень керування).

Комплекс технічних засобів автоматизації насосної станції КТЗА1 чи КТЗА2 складається з типової апаратури автоматичного керування насосною установкою, наприклад, апаратури ВАВ.1М, рівнеміра аналогового рівня води у водозбірнику, витратоміра для контролю подачі насосу, адаптера обміну даними з пристроєм КП. Засоби розташовані в межі відповідної насосної станції. В якості пристрою КП використовується промисловий комп'ютер, який розташований на поверхні шахти на пульті гірничого диспетчера.

Припустимо, що у водозбірники А і Б надходить випадковий приток води, відповідно $Q_{\text{пр}1}$ і $Q_{\text{пр}2}$. При досягненні води у водозбірнику А верхнього рівня ВР здійснюється замір поточного рівня води у водозбірнику Б датчиком рівня комплексу КТЗА2 і передача цієї інформації в пристрій КП. Якщо рівень води в водозбірнику Б достатній для прийому води $Q_{\text{н}1} + Q_{\text{пр}2}$, то в пристрої ПК формується сигнал для включення апаратурою автоматичного керування насосної установки НУ1 комплексу КТЗА1. Після включення насосної установки НУ1 рівень води у водозбірнику А зменшується, відповідно приток води в водозбірник Б збільшується. Подача $Q1$ насосної установки НУ1 фіксується витратоміром комплексу КТЗА1 і передається в пристрій КП. Якщо під час роботи насосної установки НУ1 вода в водозбірнику Б досягає верхнього рівня ВР, насосна установка НУ2 автоматично включається в роботу апаратурою автоматичного керування комплексу КТЗА2, і вода перекачується далі, наприклад, на поверхню шахти.

При досягненні нижнього рівня води НР в водозбірнику А насосна установка НУ1 виключається апаратурою автоматичного керування комплексу КТЗА1.

Далі очікується приток води в водозбірник А до проміжного рівня $H_{\text{пр}1}$. Величина рівня $H_{\text{пр}1}$ задається, наприклад, як:

$$H_{\text{пр}1} = 0,2 * ВР, \text{ м} \quad (1)$$

При досягненні водою проміжного рівня $H_{\text{пр}1}$ фіксується час притоку $t_{\text{пр}0,2}$

На підставі отриманих даних в пристрої КП визначається приток води $Q_{\text{пр}1}$ у водозбірник А за формулою:

$$Q_{\text{пр}1} = \frac{W_{\text{пр}1}}{t_{\text{пр}0,2}}, \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (2)$$

де

$$W_{\text{пр}1} = W_{\text{откач}0,2} - \frac{W_{\text{откач}0,2}}{1 + \frac{t_{\text{откач}0,2}}{t_{\text{пр}0,2}}}, \text{ м}^3 \quad (3)$$

де: $W_{\text{откач}0,2}$, — об'єм води у водозбірнику проміжного рівня $H_{\text{пр}1}$, який фіксується в пристрої КП в процесі відкачування води з водозбірника А за час $t_{\text{откач}0,2}$ по показанням витратоміра комплексу КТЗА1; $t_{\text{откач}0,2}$ — час відкачування об'єму води $W_{\text{откач}0,2}$, який фіксується в пристрої КП в процесі відкачування води з водозбірника А до проміжного рівня $H_{\text{пр}1}$.

Аналогічно виконуються розрахунки величини притоку води $Q_{\text{пр}2}$ у водозбірник Б.

Враховуючи поточні значення величин притоку води у водозбірники і подачі насосних установок, у пристрої КП виконується прогнозування (координація), якщо це потрібно, включення насосних установок НУ1 і НУ2 до початку пікового періоду навантаження в системі електропостачання шахти з метою звільнення від води ємностей водозбірників А і Б для прийняття притоку води під час пікового періоду, тобто визначається тимчасова точка включення насосних установок. Це відбувається шляхом порівняння часу заповнення водою водозбірників А і Б з заданим часом пікового періоду. Так для умов насосної станції нижнього горизонту А, якщо час заповнення водою водозбірника менший чим час пікового періоду, то пристрій КП формує сигнал в апаратуру автоматичного керування комплексу КТЗА1 для перед пікового включення насосної установки НУ1. Одночасно в пристрої КП, на підставі даних про поточний рівень води у водозбірнику Б верхнього горизонту визначається обсяг водозбірника між поточним і заданим ВР рівнями води для можливості прийняття води з водозбірника А, щоб не було переповерхнення водозбірника Б. Якщо умова не виконується, примусово по команді від пристрою КП апаратурою автоматичного керування комплексу КТЗА2 включається насосна установка НУ2, яка звільняє від води водозбірник Б для прийняття води з водозбірника А. При настанні часу періоду пікового навантаження насосна установка НУ2 по команді пристрою КП відключається. Далі цикл керування повторюється.

Для перевірки працездатності способу керування, що пропонується, і можливості дослідження на ЕОМ режимів роботи ступеневого водовідливу з урахуванням періодів максимальних навантажень в системі електропостачання шахти, розроблена імітаційна математич-

на модель роботи насосних установок ступеневого водовідливу. Відповідно до технології процесу ступеневого водовідливу насосні установки працюють в дискретному режимі, процес наповнення та відкачування води з водозбірника безперервний. Відповідно математична модель роботи насосних установок дискретна, а модель зміни рівня води в водозбірнику неперервна. Обидві моделі детерміновані. Об'єднана модель складається з цих двох частин.

Прийняті наступні допущення: приток води протягом доби рівномірний; подача насосу постійна; кожний насос працює на окремий трубопровід, відсутня паралельна робота насосів на спільний трубопровід; час заливки водою насосу при його включенні не враховується.

Вхідні дані та початкові умови наступні: N — кількість насосів; $P_{номі}$ — номінальна електрична потужність приводу насосу, кВт; $Q_{ні}$ — номінальна подача насосної установки i -го горизонту, $m^3/год$; W_{0i} — початковий об'єм води у i -му водозбірнику, m^3 ; $Q_{прі}$ — приток води до водозбірника i -го горизонту, $m^3/год$; $W_{бі}$ — поточний обсяг води у i -ому водозбірнику, m^3 ; $T_{п.р.у.}$, $T_{к.р.у.}$, $T_{п.р.в.}$, $T_{к.р.в.}$ — час початку і кінця ранкових і вечірніх періодів максимального навантаження на систему електропостачання шахти відповідно, година; t_p — час моделювання, годин.

Рівняння прямих наповнення водозбірників мають вигляд:

а) для водозбірника нижнього горизонту:

$$V_1(t) = W_{01} + Q_{np1} \cdot t_p, m^3 \quad (4)$$

б) для водозбірника верхнього водозбірника, враховуючи дискретний приток води з нижнього водозбірника:

$$V_2(t) = W_{02} + (Q_{np2} + NQ_{н1}) \cdot t_p, m^3 \quad (5)$$

де $NQ_{н1}$ — сумарна подача насосних установок насосної станції нижнього горизонту.

Рівняння прямих відкачування води з водозбірників насосними установками при поточному притоку воду до водозбірника мають вигляд:

а) для водозбірника нижнього горизонту:

$$V_1(t) = W_{b1} - (Q_{н1} \cdot N - Q_{np1}) \cdot t_p \quad (6)$$

б) для водозбірника верхнього водозбірника, враховуючи дискретний приток води з нижнього водозбірника:

$$V_2(t) = W_{b2} - (Q_{н2} \cdot N - Q_{02} - Q_{н1}) \cdot t_p \quad (7)$$

Включення чи відключення насосних установок при використанні апаратури автоматизації, наприклад типу ВАВ.1М, здійснюється циклічно відповідно до рівня води у водозбірнику. Для забезпечення перед пікового включення насосної установки з метою звільнення ємності водозбірника до моменту початку періоду максимального навантаження в системі електропостачання шахти передбачений математичний розрахунок часу примусового включення. Розрахунок виконується наступним чином. Після завершення циклу відкачування, запам'ятовується час зупинки насосного(их) установки(ок) — t_z . Далі здійснюється прогнозування часу включення насосних установок як:

$$t_p - T_{н.н.} \geq \frac{Q_{npi} \cdot (t_p - t_{zi})}{(Q_{ни} \cdot N - Q_{npi})} \quad (8)$$

Якщо нерівність (8) виконується, то проводиться додаткова перевірка — прогноз, чи можливо без включення насосної установки подальше наповнення i -го водозбірника без його переповнення до кінця періоду максимуму, за виразом:

$$\frac{W_{bi} - V_i(t)}{Q_{npi}} + t_p \leq T_{к.р.у.}, T_{к.р.в.} \quad (9)$$

де $W_{бі}$ — поточний обсяг води в i -ому водозбірнику в момент часу t_p .

Ця перевірка дозволяє усунути короточасні включення насосних установок водовідливу, що негативно впливає на надійність електроприводу насосу.

Якщо нерівності (8) і (9) виконуються, то в певний момент часу моделювання t_p формується команда на включення насосних установок відповідного горизонту.

Якщо нерівність (9) не виконується, відбудеться заборона на включення насосних установок, і подальше наповнення водозбірника буде здійснюватись природним притоком води з гірничих виробок в період максимального навантаження на систему електропостачання. Далі цикл повторюється для наступної доби.

Побудова графіка електричного навантаження (ГЕН) здійснюється додаванням всіх потужностей насосних установок на кожному горизонті в поточний момент часу моделювання t_p .

Моделювання процесу роботи ступеневого водовідливу при управлінні з урахуванням періодів максимальних навантажень в системі електропостачання шахти виконується на ЕОМ за допомогою пакету Simulink системи MatLab.

Для приклада, далі по тексту приведені результати моделювання роботи насосних установок двоступеневого водовідливу з горизонту 1070м на горизонт 758м відокремленого підрозділу «Шахта імені Михайла Івановича Калініна» державного підприємства «Донецька вугільна енергетична компанія». Вхідні дані для моделювання наступні: нижній горизонт (верхній горизонт) $N = 1(2)$; $P_{номі} = 630(800)$ кВт; $Q_{ні} = 300(300)$ м³/ год; $W_{oi} = 20(20)$ м³; $Q_{прі} = 90(55)$ м³/ год; $W_{бі} = 673(840)$ м³; $T_{п.р.у} = 6$ година., $T_{к.р.у.} = 10$ година, $T_{п.р.в.} = 18$ година, $T_{к.р.в.} = 22$ година; t_p — 72 год.

На рисунках 2 і 3 показані графіки моделювання зміни рівня обсягу води у водозбірнику відповідно нижнього горизонту і верхнього горизонтів при автоматичному керуванні насосними установками з урахуванням періодів максимального навантаження в системі електропостачання шахти (ВП — вечірній період максимуму, УП — ранковий період максимуму). Як видно з графіків перед кожним початком періоду максимуму відбувається розрахунок і прогнозування часу включення насосної установки горизонту, або всіх разом, щоб в період максимуму насосні установки не працювали.

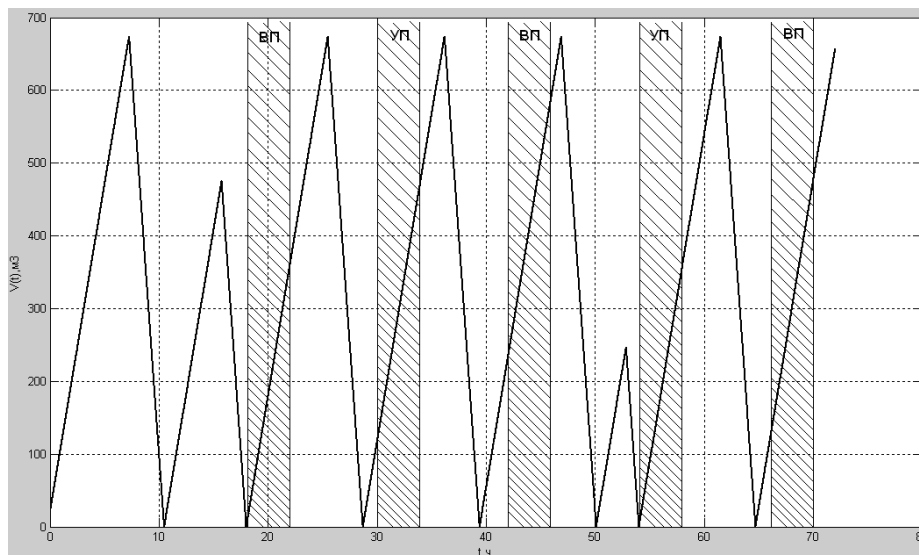


Рисунок 2 — Графік моделювання зміни рівня обсягу води у водозбірнику нижнього горизонту при автоматичному керуванні насосними установками з урахуванням періодів максимального навантаження в системі електропостачання шахти

На рисунку 4 наведений відповідний графік електричного навантаження ГЕН ступеневого водовідливу при автоматичному керуванні насосними установками з урахуванням періодів максимального навантаження в системі електропостачання шахти. З графіку можна бачити, що навантаження на енергосистему зрушується за часовою віссю у нічні або денні мало навантажені часові зони для забезпечення споживання електроенергії відповідно до заяв-

леного навантаження в період максимуму в системі електропостачання. Це досягається узгодженим керуванням роботою насосних установок горизонтів в залежності від поточного притоку та акумулятивної можливості водозбірників.

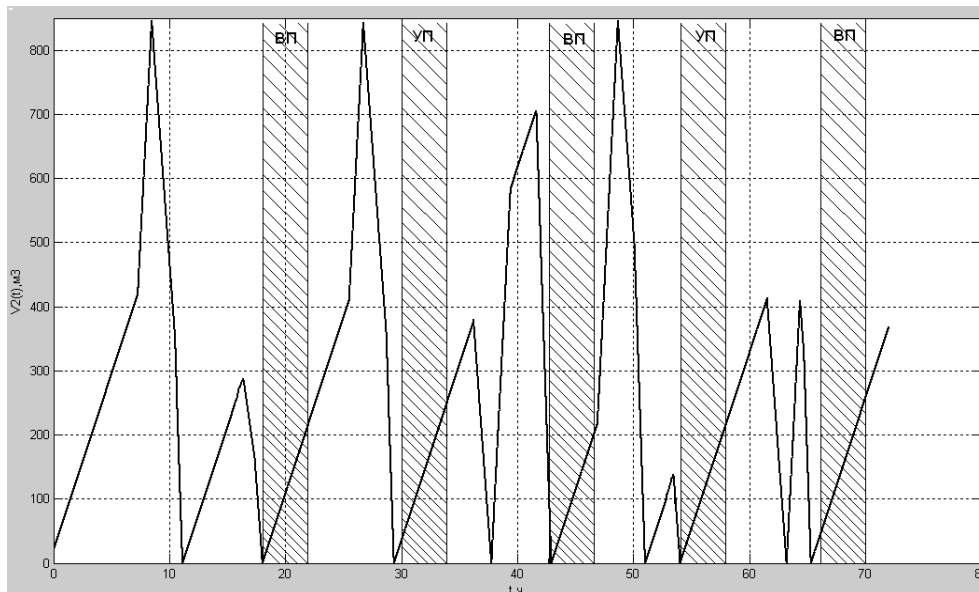


Рисунок 3 — Графік моделювання зміни рівня обсягу води у водозбірнику верхнього горизонту при автоматичному керуванні насосними установками з урахуванням періодів максимального навантаження в системі електропостачання шахти

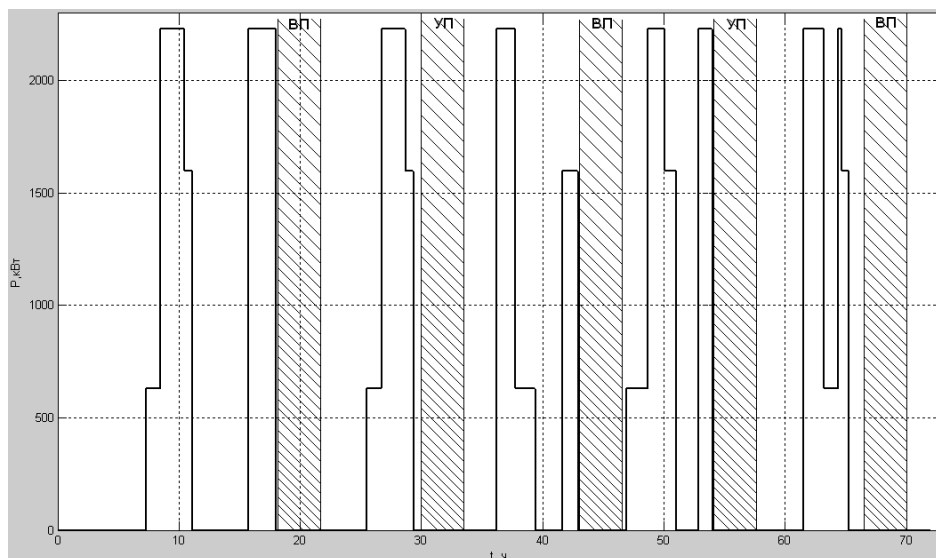


Рисунок 4 — Графік моделювання електричного навантаження ГЕН двохступеневого водовідливу при автоматичному керуванні насосними установками з урахуванням періодів максимального навантаження в системі електропостачання шахти

Аналогічні результати отримані при моделюванні роботи насосних установок ступеневого водовідливу інших шахт при автоматичному керуванні насосними установками з урахуванням періодів максимального навантаження в системі електропостачання шахти.

Висновки

Пропонується спосіб автоматичного керування ступеневим водовідливом як перед пікове включення насосних установок для звільнення водозбірника від води до рівня достатнього для акумуляції притоку води у водозбірник насосної станції на кожного горизонту за період максимального навантаження на систему електропостачання шахти у режимі реального часу.

Розроблена імітаційна математична модель роботи насосних установок ступеневого водовідливу, яка дозволяє моделювати на ЕОМ за допомогою пакету Simulink системи MatLab процес водовідливу.

Приведені результати моделювання, які показують ефективність способу керування автоматизованим ступеневим водовідливом, що пропонується в роботі.

Список використаної літератури

1. Данильчук Г.И. Автоматизация электропотребления водоотливных установок / Г.И. Данильчук, С.П. Шевчук, П.К. Василенко. – К.: Техника, 1981. – 102с.
2. Червинский В.В. Многоуровневая система управления комплексом водоотлива горнодобывающего предприятия / В.В. Червинский, В.И. Бессараб, Н.В. Червинская // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2008. – Вип. 15(130). – С.53–58.
3. Губка Ю.А. Способ автоматического управления шахтным ступенчатым водоотливом с учетом «пиковых» нагрузок в системе электроснабжения предприятия / Ю.А. Губка, А.С. Оголубченко // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных работ XI научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 17–20 мая 2011 г. – Донецк: «ДонНТУ», 2011. – С. 130–133.

Надійшла до редакції:
30.12.2011р.

Рецензент:
канд.техн.наук, доц. Маренич К.М.

Y.A. Gubka, A.S. Ogolobchenko. Study of Ways to Control an Automated Step Water Drainage, Taking into Account the Periods of Peak Loads in the System of Mine Electric Power Supply. A method of managing the automated stepped drainage is provided, taking into account the periods of peak loads in the power of the mine according to the inclusion of peak pump installations in accordance with the magnitude of those kuschego-water inflow to the sump pump station at each horizon in view of the real-time. A mathematical model for simulation of the pumping units graded drainage is developed in the management of the proposed method. Modeling of computer Niemi shows the effectiveness of management methods step-drainage taking into account the periods of peak loads in the power of mines.

Keywords: step water drainage, pump installation, automation, control, maximum load, power supply system, modeling.

Ю.А. Губка, А.С. Оголубченко. Исследование способа управления автоматизированным ступенчатым водоотливом с учетом периодов максимальных нагрузок в системе электроснабжения шахты. Предлагается способ управления автоматизированным ступенчатым водоотливом с учетом периодов максимальных нагрузок в системе электроснабжения шахты как перед пиковое включение насосных установок в соответствии с величиной текущего притока воды в водосборник насосной станции на каждом горизонте в режиме реального времени. Разработана имитационная математическая модель работы насосных установок ступенчатого водоотлива при управлении предлагаемым способом. Моделированием на ЭВМ показана эффективность способа управления ступенчатым водоотливом с учетом периодов максимальных нагрузок в системе электроснабжения шахт.

Ключевые слова: ступенчатый водоотлив, насосная установка, система автоматизации, управление, максимальная нагрузка, система электроснабжения, моделирование.

© Губка Ю.О., Оголубченко О.С., 2012