

Ю.Т. Разумний, А.В. Рухлов, К.С. Родна

УМОВИ ЕФЕКТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ГОЛОВНИМ ВОДОВІДЛИВОМ ШАХТ

Визначено умови, за якими головний водовідлив вугільних шахт стає ефективним споживачем-регулятором. Нада-
но рекомендації щодо вибору необхідної ємності водозбірників головної водовідливної установки.

Определены условия, при которых главный водоотлив угольных шахт становится эффективным потребителем-
регулятором. Представлены рекомендации по выбору необходимой емкости водосборников главной водоотливной
установки.

The conditions which the main pumping of coal mines stands by the effective consumer-regulator are definite. The recom-
mendations on the choice of necessary capacity of lodgment of the main dewatering plant are presented.

Регулювання режимів електроспоживання (РРЕ) головним водовідливом шахт як споживачем-регулятором (СР) є вельми ефективним при виконанні певних технологічних умов, основною з яких є необхідна ємність водозбірника для накопичування шахтної води на період проходження максимального навантаження в енергосистемі, коли всі насоси мають бути відключені.

У цьому випадку ефективність РРЕ укрупнено визначається наступним чином. За попередніми оцінками на відкачування води по шахтах України витрачається електроенергії приблизно 800 млн кВт·год на рік. Застосування одноставочного тарифу оплати за вказану енергію дає цифру приблизно 320 млн грн. При впровадженні диференційованого за періодами доби тарифу оплата за електроенергію склала би не більше 230 млн грн, що дає економію як мінімум 90 млн. Крім цього, покращилися би умови проходження максимальних навантажень в енергосистемі, що призвело до зниження витрати палива на теплових електростанціях (ТЕС) приблизно на 2 тис. т на рік.

У роботі [1] запропонована залежність для визначення ємності водозбірника головного водовідливу шахти:

$$V_{вод} = \left(T_m \frac{n}{n-1} + 0,3T_{ПБ} \right) Q_{np} + V, \quad (1)$$

де T_m – тривалість проходження максимуму навантаження в енергосистемі, год; n – кількість гілок водозбірника; $T_{ПБ}$ – нормована Правилами безпеки тривалість надходження шахтного припливу в водозбірник для розрахунку його ємності, год; Q_{np} – нормальний шахтний приплив, м³/год; V_{np} – об'єм підземних виробок, що примикають до водозбірника.

У (1) вираз $\frac{n}{n-1}$ відображає виключення однієї гілки, що знаходиться в чищенні. Далі в [2] був наведений підхід до вибору оптимальної кількості гілок водозбірника та надані відповідні рекомендації.

Кількість гілок при визначенні ємності водозбірника головного водовідливу шахти враховується ав-
торами роботи [3]. Дещо у зміненому вигляді визна-

чається загальна ємність водозбірника при його трьох гілках, з яких дві є регульовальною місткістю для накопичення припливу води в період обмеження споживання електроенергії (проходження максимуму навантаження в енергосистемі), що складає 3 години, а третя – аварійна (знаходиться в чищенні):

$$V_{вод} = T_m Q_{np} + T_m Q_{np} / 2 + 0,3V_{вод}. \quad (2)$$

Порівняємо вирази (1) та (2). Співвідношення $\frac{n}{n-1}$ при трьох гілках дорівнює 1,5. Тоді основну частину (1) запишемо як $1,5T_m Q_{np}$ – цьому виразу також дорівнює сума перших двох складових за (2). При $n = 2$ $V_{вод} = T_m Q_{np} + T_m Q_{np} = 2T_m Q_{np}$, що аналогічно відобразиться для виразу (1). Таким чином, наведені залежності з визначення оптимальної ємності водозбірника водовідливу застосовувалися та застосовуються в проектній практиці. Складові $0,3T_{ПБ} Q_{np}$ для (1) та $0,3V_{вод}$ для (2) враховують замулення водозбірника за максимально допустимим значенням, що за ПТЕ складає 30% [4]. Складову V_{np} у (1) мабуть слід враховувати тільки для техніко-економічних розрахунків при переході з n на $n+1$ гілку як обґрунтування такого рішення. Урахування замулення 30% всієї ємності водозбірника є некоректним, тому що це максимально допустиме значення та воно вірно тільки для тієї гілки, що знаходиться в чищенні та не бере участі в накопичуванні води. Інші гілки не можуть та не мають бути замулені на 30%. Це значення для них складає від 10 до 20% при середньому прийнятому 15%.

Виконання розрахунків з визначення ємності водозбірника із застосуванням виразу $\frac{n}{n-1}$, що враховує кількість гілок, або інших розрахункових методів, не дає коректних результатів з точки зору оптимальності для РРЕ. Це пов'язано з особливостями конструювання (проектнування) водовідливних уста-

Таблиця 1

Питомі значення ємності водозбірника

Коефіцієнт нерівномірності, $K_{нз}$	Питомі значення ємності водозбірника при кількості гілок, n , м ³			
	2	3	4	5
0,2				5,52
0,25			5,75	5,75
0,3		5,98	5,98	5,98
0,35		6,21	6,21	6,21
0,4		6,44	6,44	
0,45		6,67		
0,5	6,9	6,9		
0,55	7,13	7,13		
0,6	7,36			
0,65	7,59			
0,7	7,82			
Час для визначення ємності водозбірника, год	7,0-8,0	6,0-7,0	6,0-6,5	6,0

новок. Як правило, навіть при $n = 2$ гілки не рівні за ємністю, а співвідношення $\frac{n}{n-1}$ цього не враховує.

Оптимальна кількість гілок за [2] не має глибокого сенсу з двох причин. Перша полягає в тому, що значення n – дискретна величина, та мінімальна ємність водозбірника залежно від n досягається при $n = 3$ (максимум при $n = 4$). Подальше збільшення аргументу n з математичної точки зору призводить до незначного зниження функції (тобто ємності водозбірника), з економічної – до різкого спаду привабливості. Друга причина – кількість гілок без урахування їх ємностей не може бути оптимальною. Крім того, конструктивно складно виконати $n > 4$, що підтверджується практикою проектування та експлуатації головних водовідливних установок.

Визначення ємності водозбірника для ефективного ПРЕ слід виконувати за простою залежністю:

$$V_{вод} = T_m K_3 Q_{np} + V_z^{max}, \quad (3)$$

де $K_3 = 1,15$ – коефіцієнт замулення гілки (гілок), що приймають шахтний приплив води; V_z^{max} – ємність найбільшої гілки, що знаходиться в чищенні.

Значення V_z^{max} визначається при проектуванні водозбірника водовідливу шахти розрахунковим шляхом, можливо в декілька ітерацій. Якщо у спеціаліста є досвід виконання таких розрахунків, то цей процес не буде складним. У загальному випадку можливо використовувати співвідношення $V_z^{max} / V_{вод}$ та позначити його як коефіцієнт нерівномірності об'єму гілок водозбірника $K_{нз}$. Тоді отримаємо вираз:

$$V_{вод} = T_m K_3 Q_{np} + T_m K_3 Q_{np} K_{нз}$$

або

$$V_{вод} = T_m K_3 Q_{np} (1 + K_{нз}). \quad (4)$$

Найбільша тривалість проходження одного періоду максимального навантаження в енергосистемі за добу за даними НКРЕ складає $T_m = 4$ год. Таким чином, вираз (4) запишемо як

$$V_{вод} = 4 \cdot 1,15 Q_{np} (1 + K_{нз}) = 4,6 Q_{np} (1 + K_{нз}). \quad (5)$$

Приймаючи різні співвідношення ємностей гілок залежно від їх кількості визначені теоретично можливі значення коефіцієнта нерівномірності $K_{нз}$, також і для варіанта рівності гілок водозбірника. Для подальших міркувань зручно скористатися величиною питомої ємності водозбірника $v_{вод}$ на 1 м³ припливу води, тобто $v_{вод} = 4,6(1 + K_{нз})$. Такий підхід дозволяє визначити необхідний час для заповнення водозбірника, що викликає дискусії в зв'язку із зазначенням у ПТЕ величини 12 годинного припливу води для визначення ємності шахтного водовідливу. Результати розрахунків наведено в табл. 1.

Виконуючи аналіз розрахункових даних табл. 1 слід зазначити наступне. Значення питомих ємностей водозбірника зменшуються із зростанням кількості його гілок n . Однак всі множини питомих величин ємностей водозбірника, що належать окремим n ($n = 2, 3, 4, 5$), перетинаються, тобто мають однакові значення. Так, наприклад, при $K_{нз} = 0,5$ та $n = 2$ значення $v_{вод} = 6,9$ означає рівномірний розподіл ємностей двох гілок, а для $n = 3$ така сама величина $v_{вод}$ свідчить про значну нерівномірність гілок. За наявності можливості спорудження однакових за ємністю двох гілок водозбірника слід прийняти саме такий варіант. Аналогічні перетини множин спостерігаються і для інших n . Наприклад, для $K_{нз} = 0,35$ значення $v_{вод} = 6,21$ належить $n = 3, 4$ та 5 . У цьому випадку краще прийняти $n = 3$. У вказаному виборі конструктивного варіанта водозбірника лежить дискурсивний спосіб прийняття рішення. Характерно, що питомі значення ємностей водозбірника (табл. 1) фактично відображають необхідний час для визначення його об'єму, що збільшується від меншого значення $K_{нз}$ до більшого по кожному n . Графічна інтерпретація даних табл. 1 наведена на рис. 1.

Питома ємність водозбірника $v_{вод}$ від коефіцієнта нерівномірності $K_{нз}$ зображена лінійною залежністю, в той час як безпосередньо $K_{нз}$ нелінійно залежить від кількості гілок водозбірника n (рис. 2).

Область між двома лініями 1 та 2 характеризується всіма можливими значеннями $K_{нз}$ з табл. 1. Аналіз різних умов спорудження водозбірників дозволив зробити висновок, що без суттєвого ризику можливо прийняти значення $K_{нз}$ з табл. 2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнта нерівномірності гілок водозбірника $K_{нз}$

Кількість гілок, n	2	3	4	5
Коефіцієнт нерівномірності, $K_{нз}$	0,6	0,4	0,35	0,3

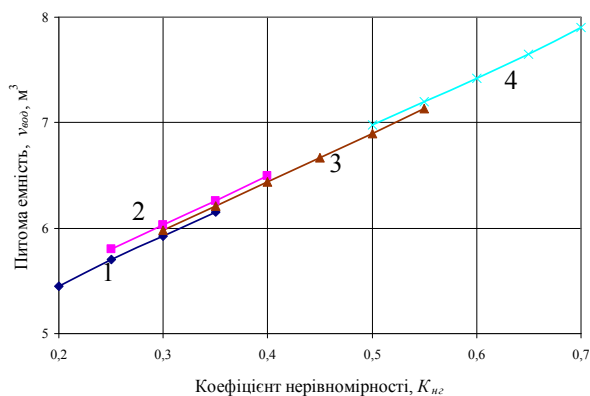


Рис. 1. Залежність питомої ємності водозбірника $v_{вод}$ головного водовідливу від коефіцієнта нерівномірності його гілок K_{nz} за об'ємом для їх кількості n_z : 1 – 5; 2 – 4; 3 – 3; 4 – 2

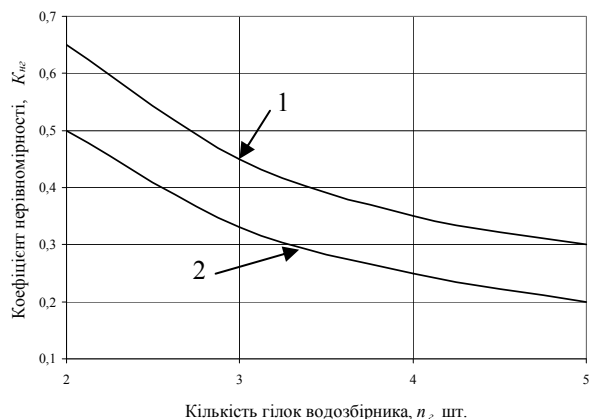


Рис. 2. Залежність коефіцієнта нерівномірності об'єму гілок водозбірника від їх кількості: 2 – мінімальне значення при рівності гілок; 1 – максимальне значення при максимально можливій нерівності гілок

Висновки. Ефективне регулювання режимів електроспоживання головним водовідливом вугільної шахти із застосуванням диференційованого за періодами доби тарифу на електроенергію забезпечується наявністю водозбірників, ємність яких визначається годинним припливом води, більшим за час проходження одного максимуму навантаження в енергосистемі, можливим замуленням водозбірника, кількістю його гілок та розподілом їх ємностей з використанням коефіцієнта нерівномірності.

Зменшення ємності водозбірника забезпечується збільшенням кількості його гілок та одночасним зниженням нерівномірності їх місткості, а також співставлення значень із п-1. Достатній час заповнення водозбірника для ефективного регулювання режимів електроспоживання визначається розрахунковим шляхом та складає від 6 до 8 годин, що менше за величину, наведену в ПТЕ, у 1,5-2 рази.

Список літератури

1. Разумный Ю.Т., Герасимович В.Н., Мочков В.С. Эффективность потребителей-регуляторов электрической нагрузки на шахтах // Уголь Украины. – 1988. – № 9. – С. 16-17.
2. Мочков В.С., Разумный Ю.Т. Оптимальное количество ветвей водосборника главного водоотлива шахты // Уголь Украины. – 1989. – № 3. – С. 33-34.
3. Наннес Ю.В., Недолужко В.Н., Федор С.А. О требованиях по шахтному водоотливу новых ПТЭ и подготавливаемых ПБ // Уголь Украины. – 2008. – № 5. – С. 15-17.
4. Правила технічної експлуатації вугільних шахт. – К.: Мінвуглепром України, 2006. – 354 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. С.І. Випанасенком 25.11.09

УДК 622.478:621.316.925

© Ф.П. Шкрабец, А.И. Ковалев, 2010

Ф.П. Шкрабец, А.И. Ковалев

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА НЕЙТРАЛИ НА ВНУТРЕННИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Наведена оцінка впливу режиму заземлення нейтралі розподільних мереж напругою 6-10 кВ на кратність внутрішніх перенапружень та експлуатаційні показники систем електропостачання, а також на умови електробезпеки в сталому і перехідному режимах замикання фази на землю, запропоновано шляхи оптимізації режиму роботи нейтралі розподільних мереж.

Представлена оценка влияния режима заземления нейтрали распределительных сетей напряжением 6-10 кВ на кратность внутренних перенапряжений и эксплуатационные показатели систем электроснабжения, а также на условия электробезопасности в установившемся и переходном режимах замыкания фазы на землю, предложены пути оптимизации режима работы нейтрали распределительных сетей.

The influence estimation of neutral ground mode of distributive networks with voltage 6-10 kV on the internal over-voltage ratio and operating indexes of power supply systems, and also on the terms of electrical safety in the steady state and transient modes of phase ground short circuit is presented, the ways of neutral operating mode optimization of distributive networks are offered.