

УДК 621.311.1

В. П. Розен, к. т. н., проф. (НТУУ «КПІ»), **А. І. Соловей**, к. т. н., доц. (НТУУ «КПІ»), **Д. В. Купцов**, студент (НТУУ «КПІ»)

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІДДАЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ

V. Rosen, A. Solovey, D. Kuptsov (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

POWER SUPPLY OF REMOTE OBJECTS

У роботі розглянуто порядок вибору системи електропостачання промислового об'єкта, що віддалений від енергосистеми, розглянуто можливість встановлення дизель-генераторів, а також побудови лінії від центру живлення. Виконане моделювання за допомогою середовища Matlab.

Ключові слова: електропостачання об'єктів, геологічні свердловини, вартість електроенергії.

В работе рассмотрен порядок выбора системы электроснабжения промышленного объекта, который отдален от энергосистемы, рассмотрена возможность установки дизель-генератора, а также построения линии от центра питания. Выполнено моделирование с помощью среды Matlab.

Ключевые слова: электроснабжение объектов, геологические скважины, стоимость электроэнергии.

In the article it has been discussed how to select the power supply system of the site which is remotod from the grid. Installation of a diesel generator and the construction of a line from the center of power have been considered. Method for determining the optimal method of remote object supplying was created in this article. It has been simulated by Matlab.

Keywords: objects of electrical supply, geological wells electricity cost.

Під час буріння геологічної свердловини, як правило, відома розрахункова потужність об'єкта, віддаленість його від мережі, а також приблизний час використання. Вибір перерізу мережі живлення за умови живлення від мережі також визначається на підставі цих даних. В процесі вибору оптимального джерела слід врахувати безліч чинників, згідно [1]. Так, гірська або болотиста місцевість значно здорожують прокладку лінії електропередач, а ліси впливають на ефективність роботи сонячних батарей і вітроелектростанцій.

Для вибору оптимального способу живлення бурової установки визначаються показники потужності та віддаленість бурової установки від енергосистеми, згідно[2].

Для вибору джерела живлення за потужністю споживача будується модель, яка визначає вартість електроенергії, виробленої дизель-генератором, а також будується модель живлення, що споживається від центру живлення.

Побудова моделі живлення від дизель-генератора.

Розрахунок виконаний для однієї доби у разі рівномірного графіку навантаження, враховує витрати на дизельне паливо і амортизацію дизель-генератора.

Вартість електроенергії за добу у разі роботи від дизель-генератора становить:

$$C_o = \left(\frac{A \cdot P}{M} + D \cdot B \cdot P \right) \cdot T, \text{ де:} \quad (1)$$

A – вартість 1кВт встановленої потужності дизель-генератора (грн), прийнято $A = 1670$ грн згідно з цінами виробників [3]; M – ресурс дизель-генератора (годин), виробником заявлено 5 років, що становить 43800 годин [3]; D – вартість дизельного пального (грн/л), $B = 10$ грн/л [3]; B – витрата дизельного пального на 1кВт·год (л/(кВт·год)), виробником заявлено 0,2 л/(кВт·год) [3]; T – час буріння, годин; P – потужність споживача, кВт.

Для умов України модель добової вартості живлення об'єкта дизель-генераторами має вигляд:

$$C_o = \left(\frac{1670 \cdot P}{43800} + 10 \cdot 0,2P \right) \cdot T. \quad (2)$$

Моделювання вартості електропостачання об'єкта потужністю P і віддаленістю L протягом доби здійснено в середовищі Matlab.

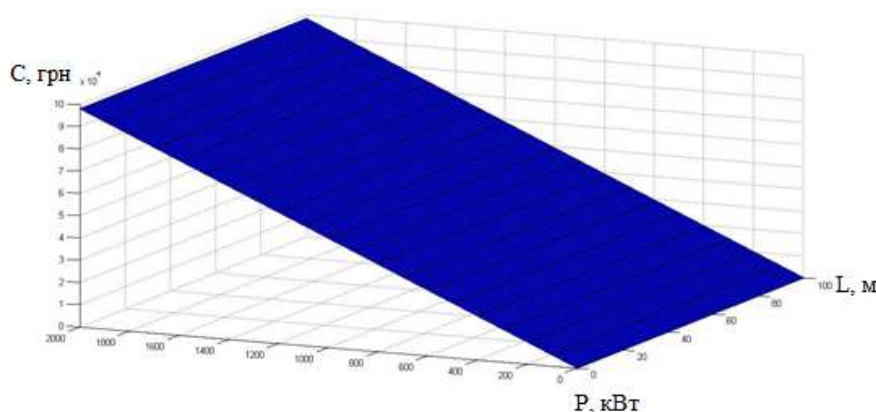


Рис. 1. Залежність вартості електропостачання об'єкта дизель-генераторами від потужності P і віддаленості від мережі L

Вартість електропостачання об'єкта дизель-генераторами не залежить від віддаленості об'єкта і змінюється за лінійним законом. Також важливою перевагою дизель-генератора є те, що амортизаційні витрати залежать тільки від ресурсу дизель-генератора, адже це обладнання є досить мобільним і універсальним. Після припинення роботи віддаленого об'єкта дизель-генератор можна швидко і дешево перемістити на інший аналогічний об'єкт [4].

Для визначення вартості електропостачання об'єкта від мережі з урахуванням капітальних витрат, втрат у лініях, а також вартості електроенергії побудуємо математичну модель.

До капітальних витрат віднесено лінію з проводами необхідного перерізу, а також підстанцію для підключення лінії до системи. При цьому амортизація ЛЕП відбувається за час терміну експлуатації об'єкта T [5].

Втрати в лінії мають пряму залежність з перерізом проводів в лініях, а також з ціною споруди лінії.

Вартість електроенергії у разі живлення споживача від мережі, за умови побудови лінії довжиною L становить:

$$C_{\text{л}} = \frac{(E_{\text{ам}} + \alpha) \cdot T}{8760} \cdot (K + N \cdot P) + \frac{(E_{\text{ам}} + \alpha) \cdot T}{8760} \cdot \beta \cdot (G + Z \cdot \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot j}) \cdot L + P \cdot E \cdot T + E \cdot T \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot \rho \cdot L \cdot j}{U \cdot \cos \varphi}, \text{ де:} \quad (3)$$

K – вартість підключення до мережі та облаштування трансформаторної підстанції (грн), згідно за цінами виробників прийнято 400 000 грн [6]; N – вартість 1кВт встановленої потужності трансформаторної підстанції, прийнято 700 грн/кВт [4]; $E_{\text{ам}}$ – норма амортизації, прийнята 0,05 1/рік [6]; α – коефіцієнт дисконту, прийнято 1,24 1/рік; β – коефіцієнт ліквідної вартості, прийнято 0,6; G – вартість 1 км ЛЕП напругою 10 кВ без провідників (грн), згідно цін виробників прийнято 14 544 грн [6]; Z – усереднена вартість 1 мм² алюмінієвого проводу довжиною 1м (грн) згідно з цінами виробників 148 грн за 1км/мм²[6]; E – тариф на електроенергію, грн/(кВт год), становить 1,1473 грн/(кВт год) [1]; j – економічна щільність струму, А/мм² [6]; U – напруга, кВ, прийнято 10 кВ; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності, прийнято 0,8; L – довжина ЛЕП, км; ρ – питомий опір проводу, Ом·мм²/м, для алюмінія $\rho = 32 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$; T – час буріння, годин.

Потужність бурової установки залежить від розрахункової глибини буріння установки $P = f(h)$.

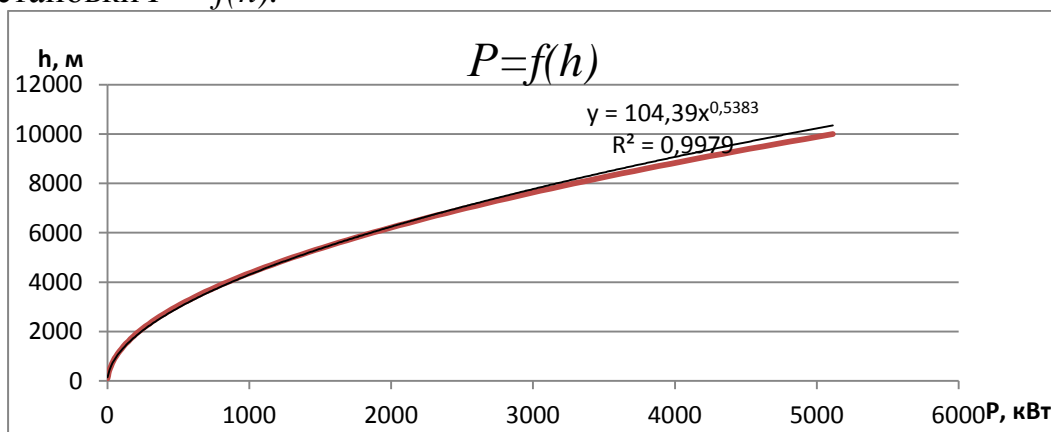


Рис. 2. Залежність глибини буріння від потужності бурової установки

У зворотньому вигляді $h=f(P)$ має вигляд $h = 104,39 \cdot P^{0,5383}$.

Час буріння (годин) також залежить від глибини буріння $T = f(h)$, залежність описується виразом:

$$T = \left(\frac{h}{V_{\text{сеп}}} + \frac{h_{\text{const}}}{2 \cdot (b + c)} \cdot \sum_{n=1}^{n=\frac{h}{h_{\text{const}}}} n + t_{\text{мдо}} \frac{h}{h_{\text{const}}} \right) / 3600, \quad \text{де:} \quad (4)$$

h – розрахункова глибина свердловини, м; $V_{\text{сеп}}$ – швидкість проходження буру, прийнято 0,05 м/с [1]; b – швидкість спуску бурильної колони, прийнято 2 м/с [1]; c – швидкість підйому бурильної колони, прийнято 2 м/с [1]; h_{const} – глибина проходу на долото, прийнято 50 м [1]; $t_{\text{мдо}}$ – час на виконання монтажних-демонтажних операцій труб та долота, прийнято 240 сек [1].

Звідси час буріння залежить від глибини свердловини, в той же час і потужність бурової установки залежить від глибини свердловини, тому з виразів $P = f(h)$ і $T = f(h)$ можна знайти значення $T = f(P)$:

$$T = \left(\frac{104,39 \cdot P^{0,5383}}{V_{\text{сеп}}} + \frac{h_{\text{const}}}{2 \cdot (b + c)} \cdot \sum_{n=1}^{n=\frac{104,39 \cdot P^{0,5383}}{h_{\text{const}}}} n + t_{\text{мдо}} \frac{104,39 \cdot P^{0,5383}}{h_{\text{const}}} \right) / 3600 \quad (5)$$

підставивши значення у (5), вираз буде мати вид:

$$T = \left(\frac{104,39 \cdot P^{0,5383}}{0,05} + \frac{50}{2 \cdot (2 + 2)} \cdot \sum_{n=1}^{n=\frac{104,39 \cdot P^{0,5383}}{50}} n + 240 \frac{104,39 \cdot P^{0,5383}}{50} \right) / 3600, \quad (6)$$

спростивши вираз (6) отримано:

$$T = 0,7191 \cdot P^{0,5383} + 0,1391 \cdot \sum_{n=1}^{n=2,087 \cdot P^{0,5383}} n. \quad (7)$$

Для умов України модель вартості постачання об'єкта від мережі має вигляд:

$$C_L = \frac{(0,05 + 0,24) \cdot T}{8760} \cdot (6 \cdot 10^5 + 700 \cdot P) + \frac{(0,05 + 0,24) \cdot T}{8760} \cdot 0,6 \cdot (14544 + 148 \cdot \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot j}) \cdot L + P \cdot T \cdot 1,1473 + 1,1473 \cdot T \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot 32 \cdot L \cdot j}{10 \cdot 0,8}. \quad (8)$$

З підстановкою $T = f(P)$ у формулу (8) отримаємо залежність $C_L = f(L, P)$, яка представлена на рис. 3

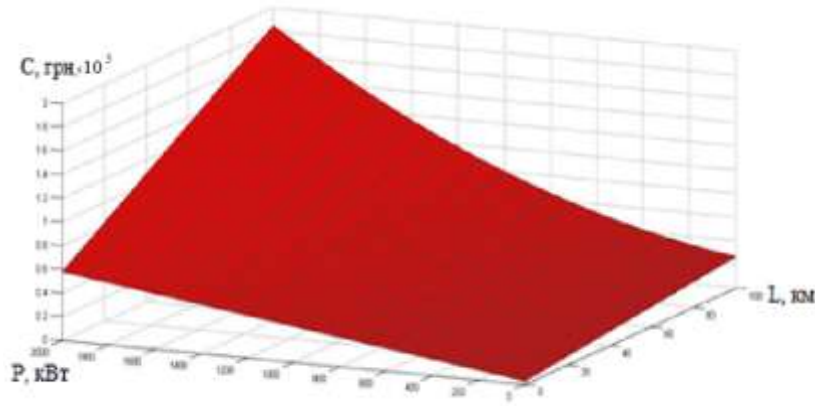


Рис. 3. Залежність вартості електропостачання об'єкта від мережі (за необхідності побудови лінії від мережі до споживача) в функції потужності P і віддаленості від центральної мережі L .

Як видно, витрати збільшуються лінійно зі збільшенням відстані до центра живлення, і квадратично, із зростанням переданої потужності, що обумовлено втратами в лінії.

Під час порівняння схем живлення від дизель-генератора і будівництва ЛЕП порівнюємо їх втрати.

В результаті отримаємо:

$$C_d = C_l;$$

$$\left(\frac{1670P}{43800} + 10 \cdot 0,2P \right) \cdot T = \frac{(0,05 + 0,24) \cdot T}{8760} \cdot (6 \cdot 10^5 + 700 \cdot P) + \frac{(0,05 + 0,24) \cdot T}{8760} \cdot 0,6 \cdot (14544 + 148 \cdot \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot j}) \cdot L + P \cdot T \cdot 1,1473 + 1,1473 \cdot T \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot \rho \cdot L \cdot j}{10 \cdot 0,8} \quad (9)$$

Порівняння втрат при живленні бурової установки від дизель-генератора та будівництві ЛЕП зображено на рис. 4.

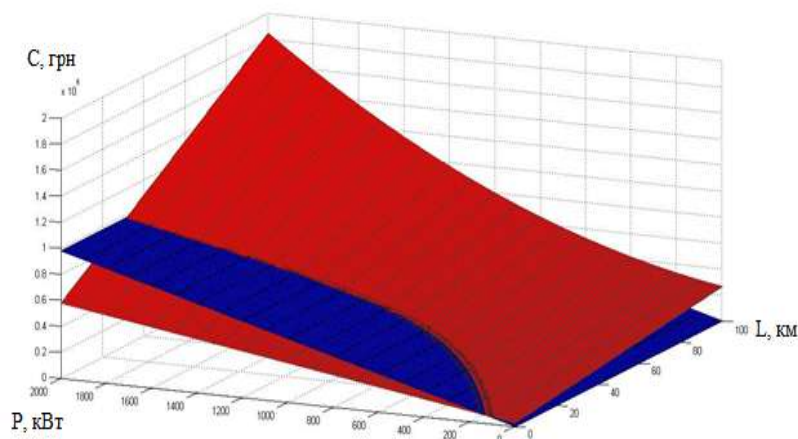


Рис. 4. Залежність вартості постачання об'єкта дизель-генераторами і при будівництві ЛЕП при потужності P і віддаленості від мережі L .

Перехід до двовимірного зображення (між P і L) представлений на рис. 5

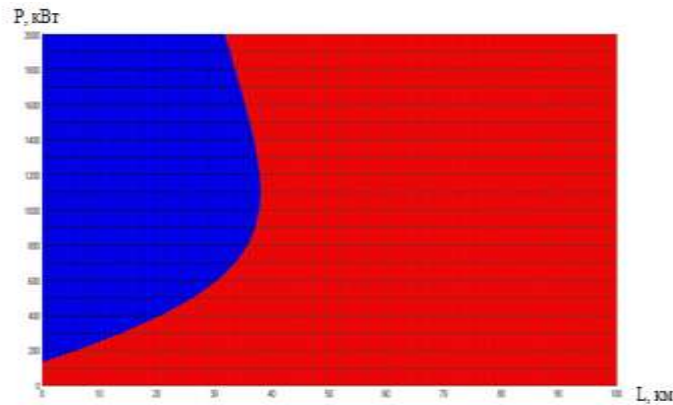


Рис. 5. Області економічно вигідного використання дизель-генератора і будівництва ЛЕП за різної потужності P і віддаленості від мережі L :

темна область – вигідніше побудувати і жити об'єкт від лінії;
світла область – вигідніше використовувати дизель-генератори.

Висновки

Вибір раціонального джерела живлення у разі використання традиційних способів електропостачання є багатофакторним завданням, яке вирішується на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

Розрахунково-аналітичний метод дозволяє визначити граничні відстані живлення віддалених об'єктів від централізованої системи електропостачання.

Задавши величину споживаної потужності, відстань до мережі, а також час роботи об'єкта, можливо досить точно, за допомогою побудованих графіків, визначити джерело живлення. Слід враховувати те, що переріз проводу, використовуваного під час живлення споживача, також значно впливає на кінцеву вартість електроенергії.

Список використаних джерел

1. Volkov A. S. Rotary drilling exploratory wells. Textbook for students of vocational training and working in the production / A. S. Volkov, B.P. Dolgov. - 3rd ed., Rev. and add. - Moscow: Nedra, 1988. -320 P.
2. Motosheyn B. I. Electrical equipment overseas rigs. Series Power / B.I. Motosheyn, B.M. Parfenov. - M.: Inforselectro, 1990 . - 59.
3. Kashkarov A. P. Modern Bio, gasoline, diesel generators and other useful structures. - M. DMK Press, 2011. - 136 P. ISBN: 978-5-94074-632-4
4. Menchov B. G. Electrical installations and complexes in the oil and gas industry. Textbook for universities. / B. G. Menchov etc. Nedra. 2000. - 437 p.
5. Shevyrev Y. V. Rationale and improving energy performance of regulated electric rigs. M. 2005. - 333 p.

6. Solovey O. I. Netraditsiyni ta ponovlyuvalni dzherela energii / O. I. Solovey, Yu. G. Lega, V. P. Rozen, O. O. Sitnik, A. V. Chernyavsky, G. V. Kurbasa / for zag. Ed. O. I. Solovey. - Cherkasy: Species. Cherkassy State Technological University, 2007. - 484 p.

Стаття надійшла до редакції 16.07.2014 р.

УДК 62-529

А. В. Торопов, к. т. н., доц., **Л. В. Торопова**, асс. (НТУУ «КПІ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫМ ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ МЕТОДОМ БЕЛЛМАНА – ЛЯПУНОВА

A. V. Toropov, L. V. Toropova (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

CONTROL OPTIMIZATION FOR ASYNCHRONIZED SWITCHED MOTOR OF MINE HOIST PLANT USING BELLMAN – LYAPUNOV METHOD

В статье рассматривается задача синтеза нелинейного регулятора скорости асинхронизированного вентильного двигателя. Для нахождения оптимального закона управления, использован метод Беллмана - Ляпунова с использованием концепции метода «погружения». Осуществлено моделирование и произведен сравнительный анализ электропривода со стандартным ПИ - регулятором, а также с синтезированным оптимальным регулятором.

Ключевые слова: асинхронизированный вентильный двигатель, оптимизация управления, шахтная подъемная установка, метод Беллмана – Ляпунова, минимизация динамической ошибки.

У статті розглядається задача синтезу нелінійного регулятора швидкості асинхронізованого вентильного двигуна. Для знаходження оптимального закону управління, використаний метод Беллмана - Ляпунова з використанням концепції методу «занурення». Здійснено моделювання та зроблений порівняльний аналіз електропривода зі стандартним ПІ - регулятором, а також з синтезованим оптимальним регулятором.

Ключові слова: асинхронізований вентильний двигун, оптимізація управління, шахтна підйомна установка, метод Беллмана – Ляпунова, мінімізація динамічної помилки.

The problem of synthesis of nonlinear speed controller asynchronous switched motor is considered. To find the optimal control law by, the method of Bellman - Lyapunov by concept of "immersion" is used. Modeling and comparative analysis of the system with the standard PI - controller, as well as the synthesized regulators are made.

Keywords: Asynchronous switched motor, optimization of control, mine hoist plant, Bellman - Lyapunov method, minimizing the dynamic error