

УДК 621.311.1

Соловей А.И., Купцов Д.В.

ВИБІР СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІДДАЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ

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: Моделювання, віддалені об'єкти, Matlab, ефективність.

ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

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: Моделирование, удаленные объекты, Matlab, эффективность.

SELECTION OF POWER SUPPLY REMOTED OBJECTS

In the article it has been discussed how to select the power supply system of the site which is remoted from the grid. Installation of a diesel generator and the construction of a line from the center of power have been considered. It has been simulated by Matlab.

Keywords: Modelling, remote objects, Matlab, efficiency.

Вступлення

Для организации работы различных объектов возникает задача обеспечения их электроэнергией. Работа части таких объектов носит временный характер, как например, скважины для геологической разведки, асфальтобетонные заводы, передвижные лесопилки, постройка объектов инфраструктуры (мосты, туннели), комплекс мер для осушения болот.

При условии удаленности объекта существует множество вариантов его питать. Так, к примеру, это может быть постройка линии от ближайшей подходящей сети, установка дизель генераторов и/или использование возобновляемых источников энергии. Конечно, окончательное решение должно приниматься на основании технико-экономического расчета, возможностей региона и будущих перспектив. Скорее всего, проектировщикам известна расчетная мощность объекта, как и удаленность его от сети, а также примерное время использования. Эти данные позволяют провести расчеты для установления экономической целесообразности использования того или иного способа электроснабжения.

Выбор оптимального сечения при условии питания от сети также определяется на основании этих данных. При выборе наиболее оптимального источника следует учесть множество факторов. Так, к примеру, горная или болотистая местность значительно удорожают прокладку линии электропередач, а леса делают неэффективной работу солнечных батарей и ветроэлектростанций.

Выбор источника

Для выбора источника питания по мощности, удаленности от ЦП и времени работы потребителя составляется модель, которая определяет стоимость энергии, выработанной дизель генератором.

Расчет выполнен для 1 суток при равномерном графике нагрузки, учитывая затраты на ДТ и амортизацию ДГ.

Для этого определяется стоимость электроэнергии за сутки при работе дизель-генератора

$$C_o = \left(\frac{A \cdot P}{M} + D \cdot B \cdot P \right) \cdot t,$$

где:

A – стоимость 1кВт установленной мощности ДГ (грн), принято за 1670 грн согласно ценам производителей [6],

M – ресурс ДГ (час), производителем заявлено 43800 часов [6],

D – цена ДТ (грн/л), средняя цена по АЗС Украины 10 грн/л [2],

B – расход ДТ на 1кВт·час (л/кВт·час), производителем заявлено 0,2 л/кВт·час [6],

t – часов в сутках (час),

P – мощность потребителя (кВт),

Для условий Украины модель стоимости снабжения объекта дизель-генераторами имеет вид

$$C_o = \left(\frac{1670 \cdot P}{43800} + 10 \cdot 0,2P \right) \cdot 24.$$

С помощью Matlab проведено моделирование стоимости снабжения объекта мощностью P и удаленность L на протяжении суток. Результаты моделирования представлены на рисунке 1.

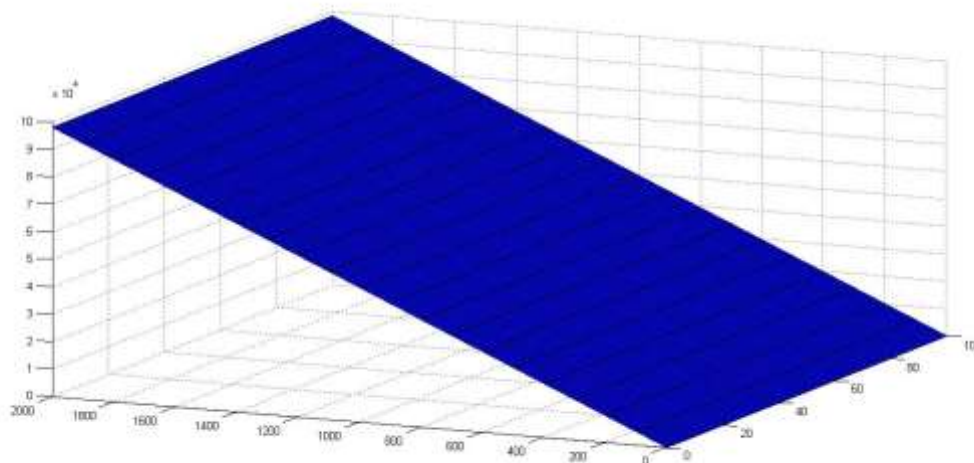


Рисунок 1 Зависимость стоимости снабжения объекта дизель-генераторами от мощности P и удаленности от сети L

Как видно, стоимость снабжения объекта дизель-генераторами не зависит от удаленности объекта и изменяется по линейному закону. Также важным преимуществом дизель-генератора является то, что амортизационные затраты зависят только от ресурса дизель-генератора, ведь эти устройства являются достаточно мобильными и универсальными. После прекращения работы удаленного объекта дизель-генератор можно быстро и дешево переместить на другой аналогичный объект.

Для определения стоимости снабжения объекта от сети с учетом капитальных затрат, потерь в линиях, а также стоимостью электроэнергии составляется модель.

К капитальным затратам отнесено постройку линии с проводами нужного сечения, а также подстанцию для подключения линии к системе. При этом амортизация ЛЭП происходит за время срока эксплуатации объекта Т.

Потери в линии имеют прямую зависимость с сечением проводов в линиях, а значит и с ценой постройки линии. Определение оптимального сечения провода является важной задачей при проектировании.

Из данной модели определяется стоимость электроэнергии при питании потребителя от сети, при условии постройки линии длиной L

$$C_n = \frac{(K + 26,3 \cdot P^2 + 111,4 \cdot P + 160) + (14544 + 3 \cdot N \cdot F) \cdot L}{T} \cdot t + P \cdot E \cdot t + E \cdot t \cdot \left(\frac{3 \cdot \left(\frac{P}{F}\right) \cdot \left(\frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}\right)^2}{1000} \right)$$

где

K – стоимость ТП (грн), согласно ценам производителей принято 50000 грн [7];

F – сечение проводника мм² [7];

N – стоимость 1 км ЛЭП без проводов (грн), согласно ценам производителей принято 14544 грн [7];

M – усредненная стоимость 1 мм² алюминиевого провода длиной 1км (грн) согласно ценам производителей 148 грн за 1км/мм² [7];

T – общее число часов использования объекта за весь срок эксплуатации (час), принимаем 2190 часов;

E – тариф на ЭЭ (грн/кВт· час), согласно сайту НКРЕ 1,1473 грн/кВт· час [2];

p – сопротивление 1 км провода сечением 1 мм² (Ом), для АС 70 принято 27,1 Ом [7];

U – напряжение (кВ), принято за 10кВ;

cos φ – коэффициент мощности, принято 0,8;

L – длина ЛЭП (км);

26,3 · P² + 111,4 · P + 160 - эмпирический закон увеличения стоимости ТП к базовой стоимости с увеличением мощности;

Для условий Украины модель стоимости снабжения объекта от сети имеет вид

$$C_n = \frac{(50000 + 26,3 \cdot P^2 + 111,4 \cdot P + 160) + (14544 + 3 \cdot 148 \cdot F) \cdot L}{2190} \cdot 24 + P \cdot 1,1473 \cdot 24 + 1,1473 \cdot 24 \cdot \left(\frac{3 \cdot \left(\frac{27,1}{F}\right) \cdot \left(\frac{P}{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,8}\right)^2}{1000} \right)$$

Результаты моделирования C_л=f(L,P) представлены на рисунке 2

Как видно затраты увеличиваются линейно с увеличением расстояния до ЦП, а так же квадратически, с ростом передаваемой мощности, что обусловлено потерями в линии. Расчет выполнен для провода АС 70.

Для определения случаев, когда наиболее целесообразна постройка линии электроснабжения, отображена линия пересечения плоскостей, показанных на рисунке 1 и рисунке 2. Результат представлен на рисунке 3.

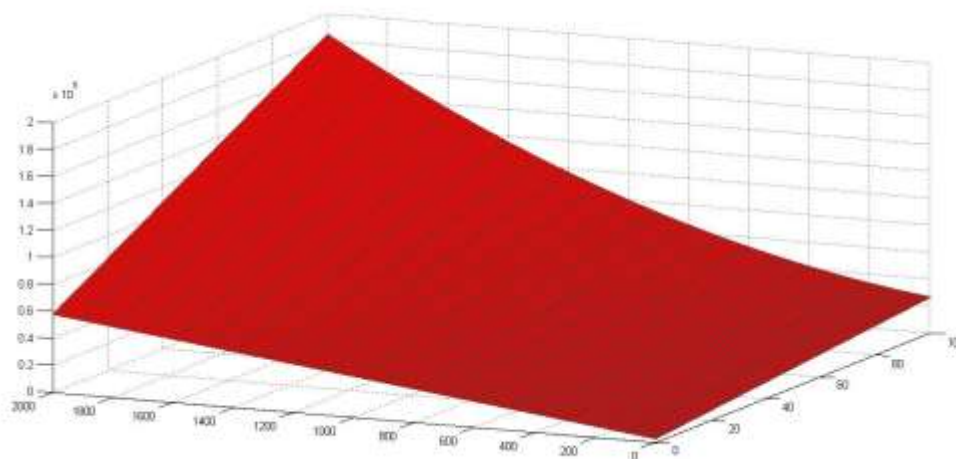


Рисунок 2 Зависимость стоимости снабжения объекта от сети (при необходимости постройки линии от сети к потребителю) от мощности P и удаленности от сети L

Для получения линии пересечения плоскостей нужно приравнять уравнения этих плоскостей.

$$C_{\partial} = C_{\pi} \left(\frac{1670P}{43800} + 10 \cdot 0,2P \right) \cdot 24 =$$

$$= \frac{(50000 + 26,3 \cdot P^2 + 111,4 \cdot P + 160) + (14544 + 3 \cdot 148 \cdot F) \cdot L}{2190} \cdot 24 + P \cdot 1,1473 \cdot 24 + 1,1473 \cdot 24 \cdot \left(\frac{3 \cdot \left(\frac{27,1}{F} \right) \cdot \left(\frac{P}{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,8} \right)^2}{1000} \right)$$

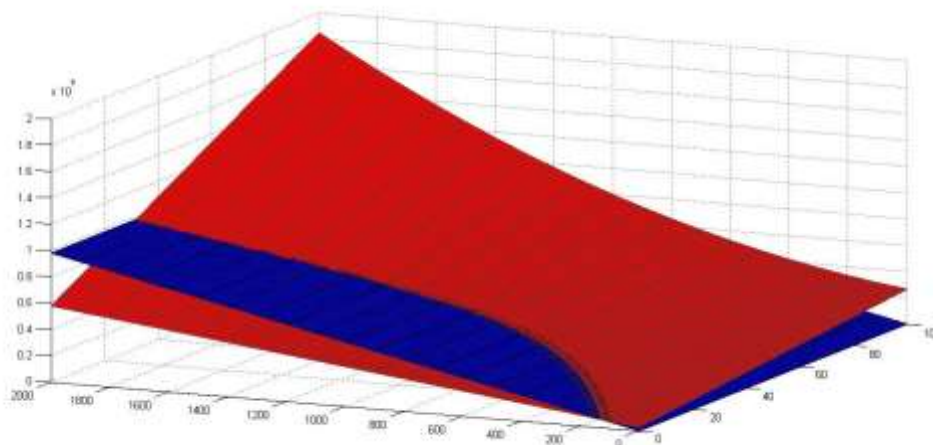


Рисунок 3 Зависимость стоимости снабжения объекта дизель-генераторами и при постройке ЛЕП при мощности P и удаленности от сети L
Переход к 2 мерному изображению - вид сверху, представлен на рисунке 4

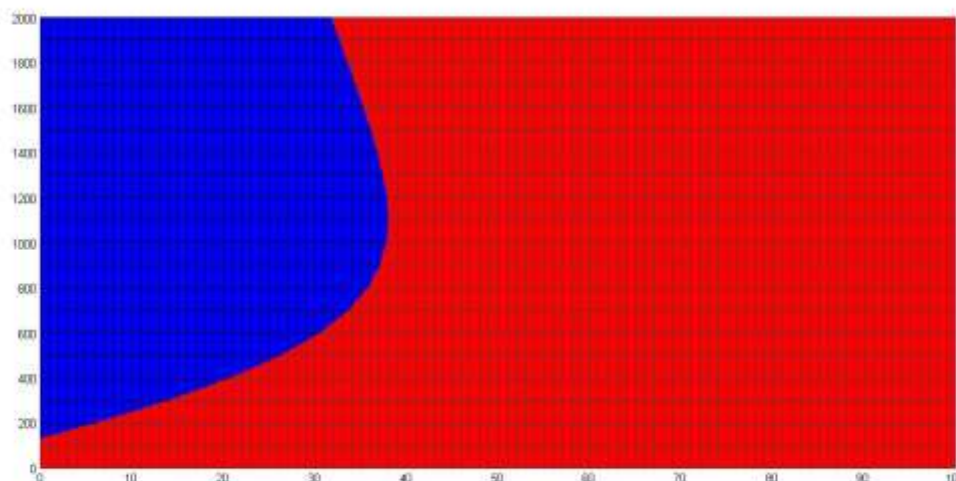


Рисунок 4 Области экономически выгодного использования дизель-генератора (темная) и постройкой ЛЕС (светлая) при мощности P и удаленности от сети L

Как видно с изображения, можно выделить 2 области:

1. Выгоднее построить и питать объект от линии (темная область)
2. Выгоднее использовать ДГ (светлая область)

Форма данного графика обусловлена несколькими факторами

1. При низких мощностях потери, а значит и стоимость потерь, будут незначительными, при росте потребления потери будут увеличиваться в квадрате
2. При увеличении протяженности линии существенно возрастают потери и капитальные затраты
3. Определенные капитальные затраты на подключение нужны даже в случае близкого расположения к системе, при небольшой мощности и сроке эксплуатации объекта такое подключение будет не оправдано.

В связи с тем что точное время эксплуатации объекта установить точно не всегда возможно, перейдем от частного случая к общему. Для этого на основании предыдущего расчета найдем уравнение кривой пересечения 2 плоскостей при разных значениях T

Для облегчения расчета, используются значения, принятые ранее, при моделировании $C_d=f(L,P)$ и $C_l=f(L,P)$.

Результат моделирования:

$$L = \frac{0,8908P - \frac{250000}{T}}{0,000017926 \cdot 0,595P^2 + \frac{21630}{T}}$$

Графически модель отображена на рисунке 5

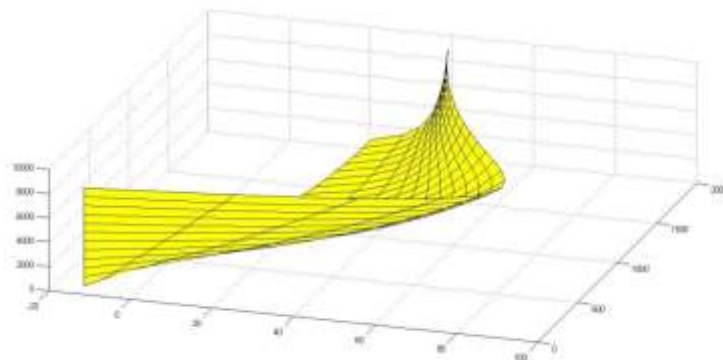


Рисунок 5 Граница эффективного использования питания от сети при мощности P и удаленности от сети L

Из графика можно определить граничные значения мощности и расстояния до ЦП при разных значениях t (ось z), когда целесообразна постройка ЛЭП. В объеме лежащем левее от плоскости использование дизель генератора экономически не оправдано. Вид сверху представлен на рисунке 6

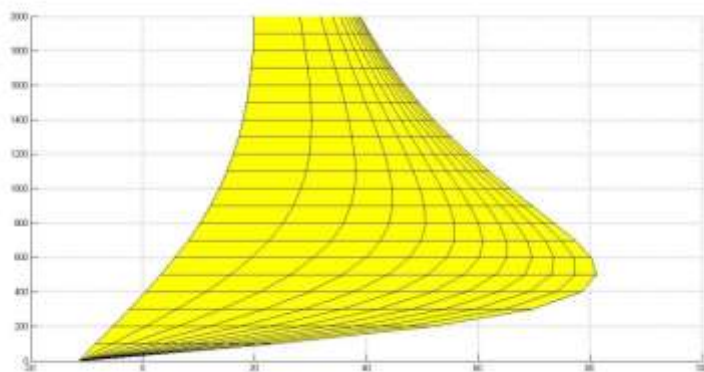


Рисунок 6 Граница эффективного использования питания от сети при мощности P и удаленности от сети L (вид сверху)

В целом рисунок повторяет границу эффективного использования ЛЭП, которая была получена ранее и отображена на рисунке 3. Кривые вертикальные линии соответствуют разному времени использования T . Отсюда видно, что при длительном использовании и малой передаваемой мощности зона эффективного использования ЛЭП будет больше, ведь это позволяет амортизацию капитальных вложений разбить на большее время. Но при этом увеличение мощности, при неизменном сечении, приведет к огромным потерям (в общем эксплуатационном интервале времени).

Аналогичный расчет для проводов АС35 и АС120 с учетом изменения потерь в линии и стоимости провода представлен на рисунке 7

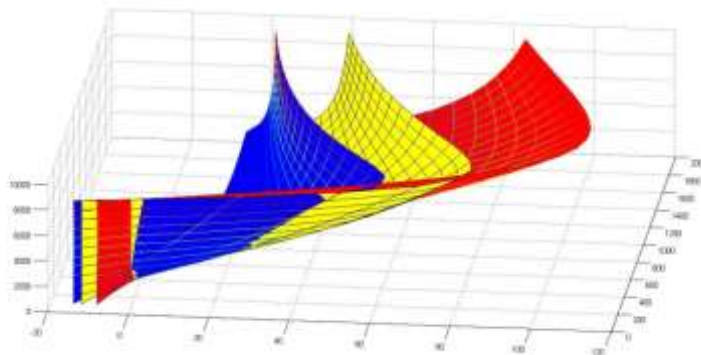


Рисунок 7 Граница эффективного использования питания от сети при мощности P и удаленности от сети L для проводов АС35 (черный) АС70 (белый) АС120 (светлый)

Выводы

Выбор рационального источника питания при традиционных способах электроснабжения является многофакторной задачей, которая решается на основе технико-экономического сравнения рассматриваемых вариантов.

Расчетно-аналитический метод позволяет определить граничные расстояния питания обособленных объектов от системы электроснабжения.

Так, задавшись величиной потребляемой мощности, измерив расстояние до сети, а также время работы объекта можно достаточно точно, с помощью построенных графиков выбрать источник питания. Следует учитывать то, что сечение провода, используемого при питании потребителя также значительно влияет на конечную стоимость электроэнергии.

Для уточнения расчетов необходимо расширить диапазон разности оборудования и учесть графики его нагрузки.

Список использованной литературы:

- 1 Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака; за заг. ред. О.І. Солов'я Черкаси ЧДТУ, 2007. -483с;
- 2 Сайт НКРЕ [електронний ресурс] <http://www.nerc.gov.ua/>
- 3 77Промелектро №5, 2004;
- 4 Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 2012;
- 5 [Энергосбережение №5 2005](#);
- 6 Сайт Производителя дизель генератора [электронный ресурс] <http://www.vsegdasvet.com.ua/generator>;
- 7 Сайт производителя проводов [электронный ресурс] <http://transformator.chat.ru/Page-7.html>;
- 8 [Электропривод и электроснабжение горных предприятий](#) Абрамович Б.Н.; 2001.