

# **ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ**

## **MINING ELECTROMECHANICS AND MINING EQUIPMENT**

УДК 621.398

**Б.Н.АБРАМОВИЧ**, *д-р техн. наук, профессор, babramov@mail.ru*

**А.А.БЕЛЬСКИЙ**, *студент, abelskij@gmail.com*

*Санкт-Петербургский государственный горный университет*

**B.N.ABRAMOVICH**, *Dr. in eng. sc., professor, babramov@mail.ru,*

**A.A.BELSKY**, *student, abelskij@gmail.com*

*Saint Petersburg State Mining University*

### **ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА**

Рассмотрена возможность использования ветродизельных установок (ВДУ) для энергообеспечения объектов минерально-сырьевого комплекса, удаленных от сетей централизованного энергоснабжения. Определены регионы, перспективные с точки зрения использования их ветрового потенциала, установлены критерии выбора мощности ветро-электрической установки, предложена схема использования ВДУ для питания погружных электродвигателей электроцентробежных насосов на кусте скважин нефтедобычи.

**Ключевые слова:** среднегодовая скорость ветра, ветродизельная установка, погружной электродвигатель.

### **SELECTING PARAMETERS OF WIND AND DIESEL POWER PLANT FOR POWER SUPPLY OF MINING INSTALLATIONS**

The paper is dedicated to analyzing the use of wind and diesel power plants for the power supply of mining facilities located remotely from centralized power supply networks. Regions which are promising in terms of using their wind potential are determined. An example of the network for using a wind and diesel power plant to supply submersible motors of centrifugal pumps in an oil well cluster is presented.

**Key words:** average annual wind speed, wind and diesel power plant, submersible motor.

Ветродизельные установки позволяют обеспечить надежное бесперебойное автономное электроснабжение, не зависящее от наличия ветра, объектов минерально-сырьевого комплекса, в любой, даже самой

удаленной точке Российской Федерации. Совместная работа ветроэлектрической установки (ВЭУ) с дизельной электростанцией позволяет экономить дизельное топливо. Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии ВДУ

примерно соответствует тарифу на электроэнергию в сетях централизованного электроснабжения, а при наличии хороших ветровых ресурсов значительно ниже его.

При выборе параметров ВДУ для энергообеспечения конкретного объекта минерально-сырьевого комплекса нужно определить энергопотребление объекта, среднегодовую скорость ветра в месте его расположения, выработку электроэнергии одной ВЭУ и их необходимое количество для питания объекта.

Энергопотребление объекта можно определить, заполнив таблицу, в которую вносят все наличное электрооборудование, их единичную мощность, время работы за расчетный период, и рассчитав потребление электроэнергии объектом за год:

$$E_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n (m_i P_i t_i k_i), \quad (1)$$

где  $E_{\text{расч}}$  – суммарное электропотребление объекта за год, кВт·ч;  $m_i$  – количество электрооборудования;  $P_i$  – единичная мощность  $i$ -го оборудования, кВт;  $t_i$  – время работы за расчетный период, ч;  $k_i$  – количество расчетных периодов в году.

Среднегодовая скорость ветра позволяет рассчитать приблизительную выработку энергии ВЭУ. Значение среднегодовой скорости ветра можно получить следующим образом:

- из справочников, в которых собраны и обобщены многолетние данные по метеостанциям России (например, [2, с.48]);
- на ближайшей к объекту метеостанции;
- с помощью измерения ветрового режима в течение года непосредственно на объекте – ветрового мониторинга.

Можно считать, что среднегодовая скорость ветра в радиусе до 200 км от точки замеров изменяется в незначительных пределах и зависит только от типа местности [3, с.35].

Анализ карт ветров России позволил определить регионы, перспективные с точки зрения использования их ветрового потенциала (среднегодовая скорость ветра  $v = 5$  м/с) для решения проблем электроснабжения объектов минерально-сырьевого комплекса [1, с.49-50]:

Регион	$v$ , м/с
Мурманская, Архангельская и Курганская области, Дагестан	5-10
Немецкий автономный округ	6-10
Ямало-Ненецкий автономный округ	7-10
Север Красноярского края и Республики Саха (Якутия), Ростовская область, Ставропольский край	5-8
Краснодарский край, Адыгея, Чечня, Астраханская область	5-7,5
Калмыкия	5-8,5
Волгоградская, Саратовская, Омская, Новосибирская области, Татарстан, Башкирия	5-9
Самарская, Оренбургская области	6-8,5
Челябинская область	6-9
Тюменская область	4-8
Алтайский край	4-9
Бурятия, Еврейская автономная область	5-6
Магаданская область	4-6
Приморский и Хабаровский края	6-12
Сахалин	6-11
Камчатка	5-12

После определения среднегодовой скорости ветра в районе расположения конкретного объекта минерально-сырьевого комплекса производится расчет выработки электроэнергии ветроэлектрической установкой:

$$E = K_{\text{и}} N T, \quad (2)$$

где  $K_{\text{и}}$  – коэффициент использования установленной мощности ВЭУ;  $N$  – мощность ВЭУ, заявленная производителем, кВт;  $T$  – количество часов в расчетном периоде.

Коэффициент использования  $K_{\text{и}}$  зависит от функции распределения скоростей ветра и мощности ветрогенератора (кривой мощности).

Для упрощения расчетов можно использовать зависимость  $K_{\text{и}}$  только от среднегодовой скорости ветра:

$$K_{\text{и}} = -0,00027 v_{\text{ср}}^3 + 0,0054 v_{\text{ср}}^2 + 0,025 v_{\text{ср}}, \quad (3)$$

где  $v_{\text{ср}}$  – среднегодовая скорость ветра на высоте мачты, м/с.

Среднегодовая скорость ветра  $v_{\text{ф}}$  соответствует обычно определенной высоте мачты флюгера метеостанции. Пересчет  $v_{\text{ф}}$  на высоту установки ветрогенератора (ВГ) осуществляется по формуле

$$v_{\text{ср}} = v_{\text{ф}} \frac{\ln \frac{H}{Z_0}}{\ln \frac{H_{\text{ф}}}{Z_0}}, \quad (4)$$

где  $v_{\text{ср}}$  – среднегодовая скорость ветра на высоте установки ВГ, м/с,  $H$  – высота мачты ветрогенератора, м,  $H_{\text{ф}}$  – высота мачты флюгера метеостанции, м,  $Z_0$  – коэффициент шероховатости подстилающей поверхности.

Расчетное количество ВЭУ в составе ВДУ для энергоснабжения объекта

$$n_{\text{расч}} = E_{\text{расч}} / E. \quad (5)$$

Необходимо округлять  $n_{\text{расч}}$  до целого значения в большую сторону, если ВЭУ используется без дизельной электростанции (ДЭС), в меньшую сторону, если ВЭУ используется в составе ВДУ.

Наиболее эффективно использовать возможности ВДУ можно в результате раздельной работы ВЭУ и ДЭС в режиме с «отключающейся» ДЭС. В этом случае мощность ВЭУ может составлять 60-100 % мощности ДЭС. Стабилизация характеристик вырабатываемой энергии осуществляется микропроцессорной системой.

Для питания объекта мощностью 300 кВт предлагается использовать два дизель-генератора ( $D_r$ ) мощностью (120 и 180 кВт) и две ВЭУ номинальной мощностью 100 кВт каждая (рис.1). Блок управления (БУ) осуществляет контроль, стабилизацию работы системы и оперативное распределение мощности, отслеживает потребляемую мощность потребителями и выработку ВЭУ для недопущения избытка энергии вырабатываемой ВЭУ. Мощность ВЭУ выбиралась исходя из того, что она не

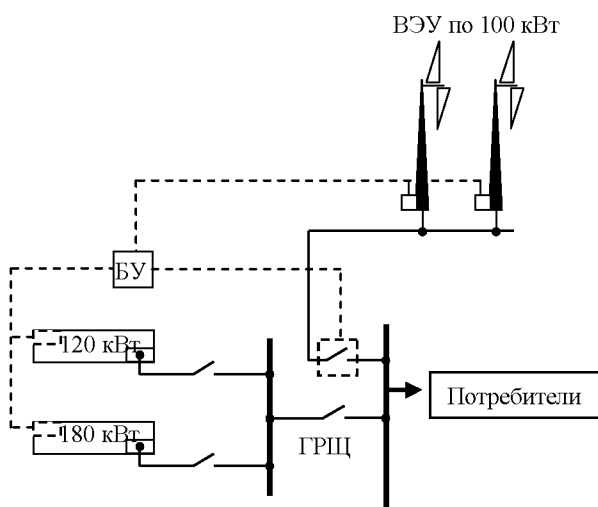


Рис.1. Однолинейная схема ВДУ с отключающейся ДЭС

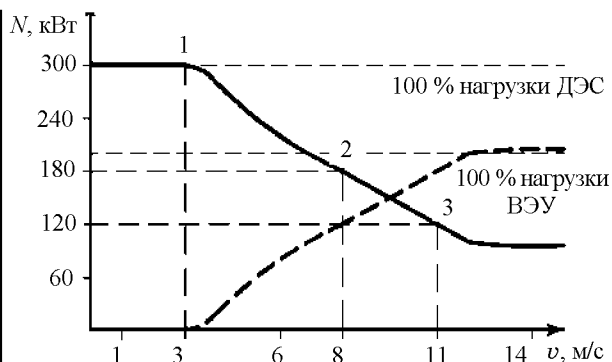


Рис.2. Графическая схема работы ВДУ с отключающейся ДЭС в период пиковых нагрузок

должна превышать 70 % мощности ДЭС, по условиям обеспечения минимального расхода топлива и с учетом шкалы мощности производимых ВЭУ.

Для изучения работы ВДУ с отключающейся ДЭС был выбран период пиковых нагрузок (рис.2). Именно этот период является критически важным по условию обеспечения гарантированного электроснабжения объекта.

На рис.2 изображены следующие этапы работы ВДУ в период пиковых нагрузок:

- при скорости ветра  $v \leq 3$  м/с генерация энергии потребителям происходит только за счет работы ДЭС;
- при  $v$  от 3 до 8 м/с генерация энергии потребителям происходит от ВЭУ совместно с ДЭС (120 + 180 кВт);
- при  $v = 8$  м/с происходит гарантированная остановка малого дизель-генератора ДГ (120 кВт);
- при  $v = 11$  м/с осуществляется плавный перевод нагрузки с питания от большого ДГ (180 кВт) на малый ДГ (120 кВт). Потребление топлива минимально.

Рассмотрена схема использования ВДУ для питания погружных электродвигателей электроцентробежных насосов (ПЭД ЭЦН) на кусте скважин Приобского месторождения ООО «Юганскнефтегаз» путем присоединения ВДУ к шине 0,4 кВ. При исследовании системы было установлено, что качество электроэнергии не удовлетворяет ГОСТ 13109-97. Выяснено, что преобразователи частоты (ПЧ) ВЭУ и ПЧ ПЭД ЭЦН приводят к искажению на-

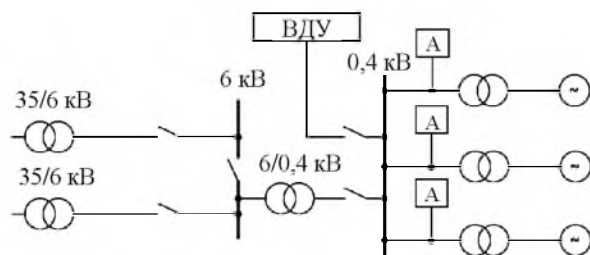


Рис.3. Схема электроснабжения куста скважин Приобского месторождения

пряжения, появлению высших гармоник, что сокращает срок службы генератора ВЭУ и ПЭД, автоматики контроля и управления ВЭУ и ВДУ. Для компенсации высших гармонических составляющих тока и напряжения к системе были подключены параллельно активные фильтры (АФ). При отсутствии активного фильтра коэффициент несинусоидальности кривой напряжения может достигать 15 % и более, а при введении активного фильтра возможно снижение коэффициента несинусоидальности по напряжению до 5 %, а по току с 25 до 8 % (рис.3).

Таким образом, предложенная схема электроснабжения позволяет обеспечить электроэнергией удаленные от центральных источников объекты нефтедобычи.

При этом коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения удовлетворяет ГОСТ 13109-97.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамович Б.Н.* Возобновляемые источники энергии для электроснабжения территориально рассредоточенных объектов горной промышленности / Б.Н.Абрамович, А.А.Бельский, Э.В.Яковлева // 37-я неделя науки в Санкт-Петербургском политехническом университете: Мат. Междунар. науч.-практ. конф. СПб, 2009. Ч.2.
2. Атлас ветров России / А.Н.Старков, Л.Ландберг, П.П.Безруких, М.М.Борисенко М., 2000.
3. Николаев В.Г. Используемые методологии и методы оценки и описания ветропотенциала России // Ветроиндустрия в России: Докл. нац. конф. (Москва, 13.11.09). СПб, 2010.

## REFERENCES

1. *Abramovich B.N., Belsky A.A., Yakovleva A.M.* Renewable sources of energy for power supply of geographically distributed mining industry facilities // The 37th week of science in Saint Petersburg State Polytechnical University: Materials of international scientific practical conference. 2009. Vol.2.
2. *Starkov A.N., Landbreg L., Bezrukikh P.P., Borisenko M.M.* Atlas of winds of Russia. Moscow, 2000.
3. *Nikolaev V.G.* Methods and techniques of estimating and describing wind potential of Russia // Wind Industry in Russia: The report of the national conference (Moscow, Russia, 13 Nov. 2009). Saint Petersburg, 2010.