УДК 621.313

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОБЛАСТИ

EXPANDING THE SCOPE OF UNCONVENTIONAL ENERGY SOURCES AT OIL AND GAS FACILITIES

Попов Сергей Анатольевич
кандидат технических наук,
доцент кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
sa_popov@inbox.ru

Пазин Андрей Витальевич
студент кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
andrewpazin0@gmail.com

Аннотация. Цель работы заключается в обосновании применения гибридной ветро-солнечной установки для электроснабжения объектов нефтегазового комплекса в регионах с низкой скоростью ветра. Методом математического моделирования гибридного режима для условий Владивостока (среднегодовая скорость ветра 5,2 м/с) установлено, что добавление до шести солнечных панелей мощностью 500 Вт позволяет снизить требуемую скорость ветра для достижения мощности 3000 Вт на 1,5–2,5 м/с. Механическое суммирование мощности от ветротурбины и двигателя постоянного тока, питаемого от солнечных панелей, расширяет нижний диапазон рабочих скоростей ветра, повышая надёжность автономного электроснабжения нефтегазовых объектов.

Ключевые слова: ветротурбина, гибридный режим, солнечная панель, генератор.

Popov Sergey Anatolyevich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Electrical Engineering
and Electrical Machines,
Kuban State Technological University
sa_popov@inbox.ru

Pazin Andrey Vitalievich
Student of the Department of Electrical
Engineering and Electrical Machines,
Kuban State Technological University
andrewpazin0@gmail.com

Annotation. The purpose of the work is to substantiate the use of a hybrid wind-solar installation for power supply to oil and gas facilities in regions with low wind speeds. Using mathematical modeling of the hybrid mode for Vladivostok conditions (average annual wind speed of 5.2 m/s), it was found that the addition of up to six solar panels with a capacity of 500 Watts reduces the required wind speed to achieve a power of 3000 Watts by 1.5–2.5 m/s. The mechanical summation of power from a wind turbine and a DC motor powered by solar panels expands the lower range of operating wind speeds, increasing the reliability of autonomous power supply to oil and gas facilities.

Keywords: wind turbine, hybrid mode, solar panel, generator.

Потребность в использовании возобновляемых источников энергии возрастает с каждым годом, что обусловлено как экологическими требованиями, так и экономической целесообразностью снижения затрат на топливо для автономных объектов. В нефтегазовой отрасли значительная часть производственных мощностей – установки подготовки нефти и газа, вахтовые посёлки, магистральные трубопроводы – расположена в удалённых районах, где подключение к централизованным энергосистемам технически сложно или экономически неоправданно. В таких условиях традиционно используются дизельные электростанции, характеризующиеся высокими эксплуатационными расходами и логистическими рисками при доставке топлива.

Наибольшее распространение среди ВИЭ получили ветроэнергетические и солнечные установки, позволяющие обеспечивать потребителя дешёвой энергией. Однако для нефтегазовых объектов, размещённых в регионах с низкой среднегодовой скоростью ветра, классические ветроустановки либо не работают вовсе, либо требуют монтажа ветроколёс большого диаметра, что приводит к росту капитальных затрат и не всегда позволяет достичь стабильного энергоснабжения.

Основной проблемой использования энергии ветра и солнца является непостоянство погодных условий, влияющих на генерацию электроэнергии.

Универсальным решением в данной области является применение ветро-солнечного преобразователя (рис. 1), который даёт возможность сочетать различные режимы работы в зависимости от погодных условий [1]. Главной особенностью энергоустановки является возможность суммирования механической энергии через вращающие моменты от ветротурбины и двигателя постоянного тока, запитываемого солнечными панелями.

Для исследования гибридного режима энергоустановки было выбрано следующее оборудование: генератор на постоянных магнитах, ветротурбина, солнечные панели и были взяты следующие расчётные данные [2–3]: КПД генератора с постоянными магнитами: $\eta_Г = 0.9$; КПД двигателя постоянного тока: $\eta_{ДПТ} = 0.85$; Коэффициент использования энергии ветра: $C_p = 0.36$; КПД механической системы передачи: $\eta_{Мех} = 0.95$; Плотность воздуха при нормальных условиях: $\rho = 1.225$ кг/м^3.

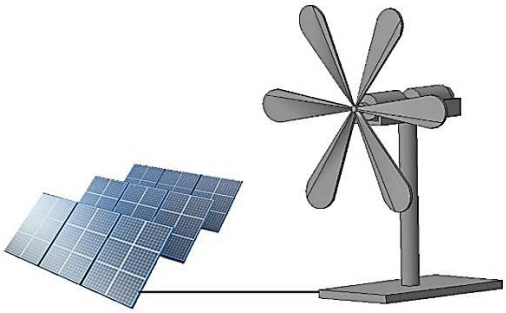

Рисунок 1 – Принципиальная схема гибридной автономной энергоустановки на основе ветро-солнечного преобразователя

Мощность на выходе ветротурбины определяется следующей формулой:

$$P_{\text{ВТ}} = 0.5 \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^3 \cdot C_p, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха при нормальных условиях (кг/м^3); r – радиус ротора ветротурбины (м); v – скорость ветра (м/с); C_p – коэффициент использования энергии ветра.

В гибридном режиме (Ветротурбина – Генератор переменного тока – Двигатель постоянного тока) одновременно передают энергию ветротрубина и двигатель постоянного тока и мощность на выходе генератора переменного тока будет определяться следующей формулой:

$$P_{\text{Г}} = (P_{\text{ВТ}} + P_{\text{ФЭ}} \cdot \eta_{\text{ДПТ}}) \cdot \eta_{\text{Мех}} \cdot \eta_{Г}, \quad (2)$$

где $\eta_{Г}$ – КПД генератора с постоянными магнитами; $\eta_{\text{Мех}}$ – КПД механической системы передачи; $P_{\text{ФЭ}}$ – мощность от фотоэлектрических элементов (Вт); $\eta_{\text{ДПТ}}$ – КПД двигателя постоянного тока.

Расчёт мощностей будем вести исходя из среднегодовой скорости ветра во Владивостоке и мощности $P_{\text{Г}} = 3000$ Вт на выходе генератора переменного тока. Для расчёта примем скорость ветра равной $v = 5{,}2$ м/с [4].

Радиус ротора ветротурбины определяется по следующей формуле:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{Г}}}{\rho \cdot \pi \cdot v^3 \cdot C_p \cdot \eta_{Г} \cdot \eta_{\text{Мех}}}}. \quad (3)$$

Подставляя в формулу (3) исходные данные в результате расчёта получим $r = 6$ м. Для анализа гибридного режима принимаем солнечную панель с расчетной мощностью $P_{\text{ФЭ}} = 500$ Вт. Используя формулу (2) построим график зависимости выходной мощности при использовании различного количества солнечных панелей (от 1 до 6) и изменении скорости ветра (рис. 2).

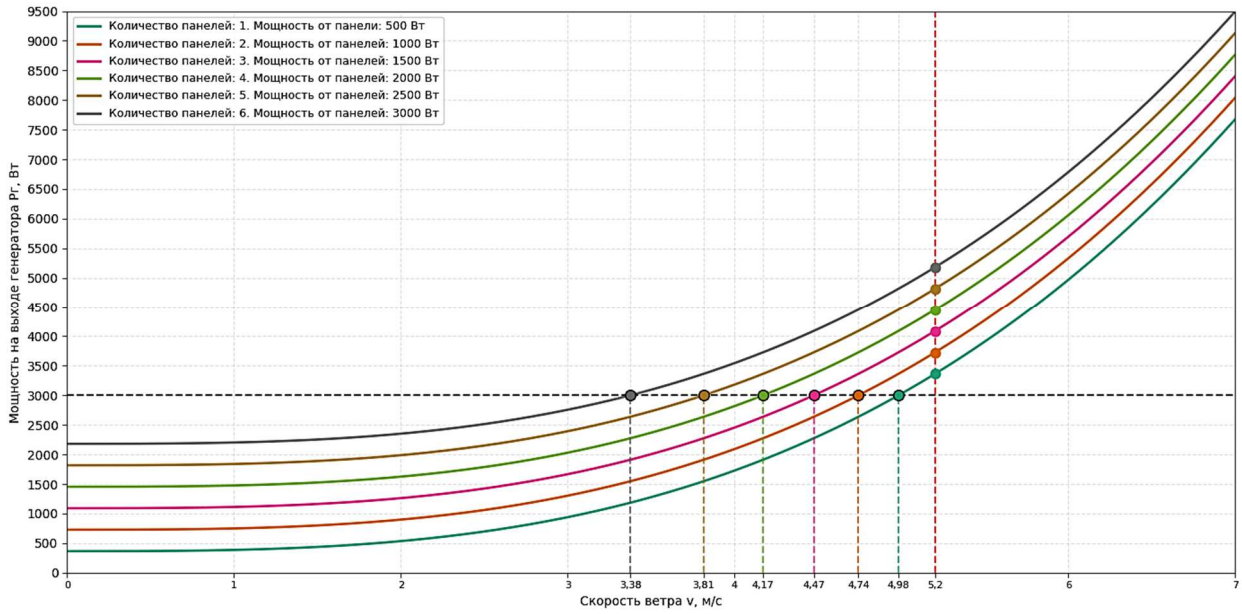

Рисунок 2 – График выходной мощности при разных скоростях ветра и количестве солнечных панелей

Анализ графика представленного на (рис. 2) показывает, что увеличение числа солнечных панелей позволяет расширить диапазон применение энергоустановки в областях с малыми ветрами. Достижение требуемой мощности происходит при значительно меньших скоростях ветра. Это позволяет расширить нижний предел рабочего диапазона скоростей ветра для выхода на номинальный режим.

Таким образом подтверждается эффективность ветро-солнечного преобразователя в условиях ограниченного ветрового потенциала. Механическое суммирование мощности позволяет замещать недостающую энергию ветра энергией солнца, преобразованной через двигатель постоянного тока. Применение гибридного режима повышает надёжность автономного электроснабжения нефтегазовых объектов.

Список литературы:

1. Патент на полезную модель РФ № 171597. Электромашинный ветро-солнечный преобразователь / С.А. Попов // Опубл. 07.06.2017 г. Бел. № 16.
2. Филимонова А.А. Системы накопления электроэнергии : учеб. пособие / А.А. Филимонова, А.А. Чичиров, Д.Ф. Гайнутдинова. – Казань : КГЭУ, 2023. – 115 с.
3. Макеева Д.А. Ресурсосберегающие источники энергии : учеб. пособие / Д.А. Макеева, Д.А. Козырь. – Севастополь : СевГУ, 2024. – С. 79–81. ISBN 978-5-6051288-4-7
4. Колесникова А.В. Энергоресурсосбережение в строительстве : учеб. пособие. – Томск : ТГАСУ, 2023. – 68 с. ISBN 978-5-6049514-2-2

List of references:

1. Patent for a utility model of the Russian Federation № 171597. Electromachine wind-solar converter / S.A. Popov // Published on June 7, 2017. Bulletin № 16.
2. Filimonova A.A. Energy Storage Systems : textbook / A.A. Filimonova, A.A. Chichirov, D.F. Gainutdinova. – Kazan : KGEU, 2023. – 115 p.
3. Makeeva D.A. Resource-saving energy sources : textbook / D.A. Makeeva, D.A. Kozyr. – Sevastopol : SevGU, 2024. – P. 79–81. ISBN 978-5-6051288-4-7
4. Kolesnikova A.V. Energy and resource conservation in construction : textbook. – Tomsk : TSASU, 2023. – 68 p. ISBN 978-5-6049514-2-2