

УДК 621.311.23

Шнеерсон Роман Миронович, ведущий специалист ОДС филиала ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы» «Объединенное диспетчерское управление системами Северо-Запада», г. Санкт-Петербург.
E-mail: shneersonr@mail.ru
Область научных интересов: электроэнергетика.

**РАЗРАБОТКА
ГИБРИДНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Р.М. Шнеерсон
Филиал ОАО «СО ЕЭС» «ОДУ Северо-Запада»,
г. Санкт-Петербург
E-mail: shneersonr@mail.ru

В статье рассматривается способ организации электроснабжения децентрализованных, удаленных потребителей Мурманской области за счет установки гибридных ветроэнергетических установок на основе ветряка с накопителем электроэнергии. Актуальность работы обусловлена наличием в настоящее время потребителей в Мурманской области, не подключенных к Единой энергетической системе России, а также удачного географического расположения этих потребителей с точки зрения использования энергии ветра. Целью исследования стала разработка и оптимизация ветроэнергетической установки с учетом местных требований по организации электроснабжения потребителей. В работе описана существующая проблема, представлена структурная схема предлагаемой установки, а также посчитан экономический эффект от замены существующего способа электроснабжения потребителей от дизельных генераторов на электроснабжение от ветроэнергетических установок. Результаты работы отражены в выводах.

В статье рассматривается способ организации электроснабжения децентрализованных, удаленных потребителей Мурманской области за счет установки гибридных ветроэнергетических установок на основе ветряка с накопителем электроэнергии. Актуальность работы обусловлена наличием в настоящее время потребителей в Мурманской области, не подключенных к Единой энергетической системе России, а также удачного географического расположения этих потребителей с точки зрения использования энергии ветра. Целью исследования стала разработка и оптимизация ветроэнергетической установки с учетом местных требований по организации электроснабжения потребителей. В работе описана существующая проблема, представлена структурная схема предлагаемой установки, а также посчитан экономический эффект от замены существующего способа электроснабжения потребителей от дизельных генераторов на электроснабжение от ветроэнергетических установок. Результаты работы отражены в выводах.

Ключевые слова:

Ветроэнергетика, накопитель, потребители, надежность, эффективность.

Энергосистема Мурманской области на сегодняшний день характеризуется наличием бытовых и промышленных потребителей, удаленных от основных объектов Единой энергетической системы Российской Федерации на расстояния, составляющие десятки и даже сотни километров. Чаще всего это небольшие поселки, расположенные в нескольких километрах друг от друга. Суммарное потребление этих «микроэнергосистем» не превышает обычно величины в 1,0–1,5 МВт (годовой объем потребляемой электроэнергии составляет около 4 млн кВт·ч). Легкая промышленность, в свою очередь, представлена рыбными хозяйствами и оленеводческими фермами. Таким образом, встает вопрос организации электроснабжения удаленного района мощностью потребления до 1,0–1,5 МВт. Характерными примерами могут быть Терский и Ловозерский районы Мурманской области. Сейчас электроснабжение большей части потребителей таких районов является децентрализованным и осуществляется за счет использования малых дизельных электростанций, работающих непостоянно, по несколько часов в сутки.

Способы доставки топлива для работы дизельных электростанций весьма разнообразны. Они зависят от специализации потребителей, их удаленности и состояния дорожно-транспортной сети. Сбор, обобщение и анализ информации о затратах на доставку топлива различными видами транспорта позволили установить, что цены на топливо возрастают при перевозках автомобилями в 1,2–1,5 раза, морскими судами – в 1,3–1,8 раза, бездорожным транспортом – в 1,5–2,5 раза, а при использовании авиации – в 3 раза и более по отношению к отпускной цене на опорных базах топливоснабжения. В результате себестоимость электрической энергии, производимой дизельными электростанциями, может достигать 13–20 руб/кВт·ч, а тепловой энергии на местных котельных – до 8–15 тыс. руб/Гкал. Организация же централизованного электроснабжения удаленных потребителей Мурманской области от Единой энергосистемы России сталкивается с рядом существенных сложностей. Расстояния в десятки и сотни километров и отсутствие крупных потребителей электроэнергии в удаленных районах Мурманской области делают строительство протяженных малозагруженных линий электропередачи нерентабельным.

Этим обусловлена необходимость рассмотреть другой способ организации электроснабжения удаленных потребителей Мурманской области, который не потребует затратных мероприятий по топливообеспечению и будет отвечать всем требованиям по качеству и надежности.

Перспективным вариантом организации электроснабжения может стать применение гибридных систем, состоящих как из единичной ветроэнергетической установки с накопителями и вспомогательными генераторами для заряда этих накопителей (генератор на биотопливе, солнечный генератор, малый ветряк), так и из нескольких ветроэнергетических установок, укомплектованных накопителями электроэнергии и вспомогательными генераторами, соединенных местной сетью, – система MicroGrid. Использование в качестве вспомогательного генератора для зарядки накопителей энергии солнечных батарей в Мурманской области не представляется возможным ввиду малого количества солнечных дней. С другой стороны, возможно применение генераторов, использующих биотопливо, благодаря развитой отрасли животноводства и, как следствие, наличию его достаточного количества. Однако следует отметить, что ведущая роль в этих системах отводится использованию энергии ветра.

Необходимым условием применения ветроэнергетических установок является среднегодовая скорость ветряного потока в рассматриваемом районе. Кольский полуостров в этом смысле характеризуется как благоприятное место с точки зрения ветропотенциала. Минимальная среднегодовая скорость, согласно [1], составляет 5,8 м/с. Максимальная скорость может достигать 30–40 м/с, особенно в прибрежных районах. Для использования ветроэнергетических установок малой мощности (единичной мощности 500 кВт) стартовая скорость должна составлять порядка 2,5 м/с. Оптимальная же скорость ветряного потока оценивается в 20–25 м/с. Таким образом, существует возможность применения ветрогенерации для электроснабжения децентрализованных потребителей Мурманской области.

Необходимость применения накопителей электроэнергии обусловлена непостоянством ветряного потока. В случае отсутствия или недостаточной для работы ветроэлектростанции скорости ветра для недопущения перерыва электроснабжения потребителей может использоваться накопленная энергия. Этот способ также применим для случаев штормового ветра, угрожающего поломкой ветроустановки. В этом случае лопасти ветроколеса блокируются, и потребители опять же снабжаются от накопителя электроэнергии.

Рассмотрим более подробно гибридный ветроэнергетический комплекс, предлагаемый в качестве источника питания потребителей типового удаленного района Мурманской области.

В соответствии с рис. 1 гибридная ветроэнергетическая установка состоит из основного и вспомогательного генераторов, накопителя электроэнергии и инвертора.

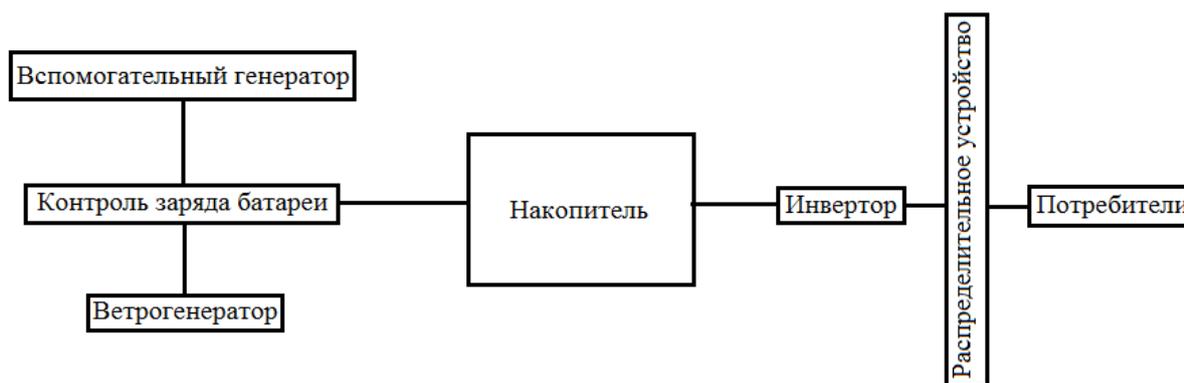


Рис. 1. Структурная схема гибридной ветроэнергетической установки

Электричество, вырабатываемая ветрогенератором, выдается напрямую потребителям через инвертор и распределительное устройство. Часть вырабатываемой электроэнергии идет на зарядку накопителя. Уровень заряда накопителя постоянно контролируется и дополнительно восполняется за счет вспомогательного генератора. Тип этого генератора выбирается исходя из

местных условий эксплуатации, а также экономических затрат на установку, обслуживание и результирующую себестоимость произведенной электроэнергии.

В условиях районов крайнего севера, таких как Мурманская область, применение солнечных батарей в качестве вспомогательного генератора не представляется возможным. Возможность применения генератора, работающего на биотопливе, также требует дополнительного изучения и расчетов экономической целесообразности. Использование дизельных генераторов не является рентабельным в связи с указанными выше затратами на доставку топлива. Наиболее экономически обоснованным является установка дополнительного ветрогенератора малой мощности, работающего исключительно на заряд накопителя электроэнергии. Положение переключателя определяет способ организации электроснабжения потребителей от основного ветрогенератора или же от накопителя электроэнергии при ремонте или выходе основного ветрогенератора из строя.

Применение в качестве основного и вспомогательного источников электроэнергии ветрогенераторов имеет существенный недостаток, связанный с непостоянством ветряного потока. В случае останова основного ветрогенератора вспомогательный ветрогенератор с меньшей в силу экономических обстоятельств установленной мощностью не обеспечит должного уровня заряда накопителей электроэнергии при постоянном электроснабжении потребителей от этого накопителя. Таким образом, необходимо рассмотреть вопрос оптимального выбора емкости накопителя электроэнергии, принимая за условие продолжительность непрерывного электроснабжения потребителей в течение времени, необходимого на восстановление основного электроснабжения.

Согласно [2], рассматриваемых потребителей удаленных районов Мурманской области можно отнести к группе электроприемников III категории. Для них электроснабжение может выполняться от одного источника энергии при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток. Установим срок гарантированного электроснабжения потребителей от накопителя электроэнергии равным 36 часам. Необходимо определить емкость и количество 12-вольтовых аккумуляторных батарей с расчетной нагрузкой 20 кВт (питание котельных, аварийного освещения и других ответственных потребителей). Запасаемая энергия равна 720 кВт·ч. Тогда суммарная емкость аккумуляторов будет определяться по формуле

$$E = \frac{W}{U} = \frac{720 \cdot 10^3}{12} = 60 \text{ кА} \cdot \text{ч},$$

где W – расчетная запасаемая энергия; U – номинальное напряжение батарей. Для обеспечения запаса энергии необходимо увеличить рассчитанную емкость на 20 %, что будет равно 72 кА·ч. Таким образом, возможно применение 24 свинцово-кислотных аккумуляторов открытого типа с панцирными положительными электродами емкостью по 3 кА/ч. Данный вид аккумуляторов рассчитан на применение в диапазоне температур от -40° до $+60^\circ$. Достоинствами указанного типа аккумуляторов являются продолжительный срок службы (до 20 лет) и до 1500 циклов разряда. Предварительный анализ позволяет рекомендовать установку четырех ветрогенераторов мощностью по 500 кВт каждый и аккумуляторной батареи 4320 кВт·ч (360 кА·ч при напряжении 12 В).

Для оценки коммерческой привлекательности проекта выполним экономическое сравнение предлагаемой ветроэнергетической установки и существующей системы электроснабжения потребителей на основе применения дизельных генераторов.

Как было сказано выше, годовое потребление рассматриваемого района оценивается в 4 млн кВт·ч в год. Себестоимость произведенного 1 кВт·ч при использовании дизельных генераторов составляет от 13 до 20 рублей в зависимости от затрат на доставку топлива. Стоимость приобретения и монтажа трех дизель-генераторных установок по 500 кВт составит 7,5 млн рублей. Таким образом, за год суммарные затраты на производство необходимого объема электроэнергии составят около 80 млн рублей без учета затрат на амортизацию и обслуживание.

В свою очередь, удельная стоимость ветроэнергетической установки, на основании средней рыночной цены на 2014 год, составляет 1700 € за 1 кВт (около 68 тыс. рублей). Затраты на установку необходимого оборудования с учетом мощности потребления рассматриваемого района в 1,5 МВт составят 162 млн рублей. В данном случае амортизационные и эксплуатационные затраты также не учитываются.

Для расчета срока окупаемости проекта воспользуемся графиком зависимости суммарных затрат на производство электроэнергии от продолжительности работы установки, представленным на рис. 2. Амортизационные затраты и затраты на обслуживание составляют 3 и 8 % для ветроэнергетической установки и дизель-генераторов соответственно.

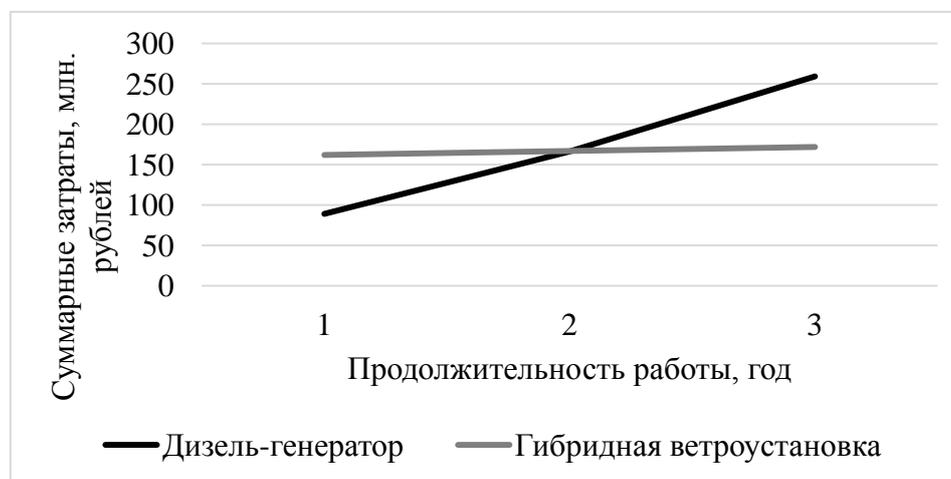


Рис. 2. Зависимость суммарных затрат на производство электроэнергии от продолжительности работы установки

Из представленного графика видно, что затраты на реализацию проекта гибридной ветроэнергетической установки взамен используемых дизель-генераторных установок позволит окупить проект уже на третьем году работы.

Выводы

Целью работы является обоснование способа электроснабжения удаленных потребителей Мурманской области, которое в настоящее время является децентрализованным и осуществляется за счет использования малых дизельных электростанций, что обуславливает значительную топливную составляющую стоимости отпущенного киловатт-часа. В работе предлагается альтернативный вариант обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей Мурманской области за счет использования энергии ветра. Предварительный анализ подтверждает достаточно малый срок окупаемости предлагаемой установки (3–5 лет) и экономическую привлекательность проекта для инвестиций. Следует отметить необходимость дальнейших исследований в части моделирования различных режимов гибридной ветроэнергетической установки, а также оптимизации состава оборудования с целью минимизации затрат и повышения надежности работы всего комплекса.

Статья рекомендована к публикации по итогам работы V Международной молодежной конференции "Электроэнергетика глазами молодежи 2014".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенко М.М., Стадник В.В. Атласы ветрового и солнечного климатов России. – СПб.: Главная геофизическая лаборатория им. А.И. Воейкова, 1997 – С. 3–4.
2. Правила устройства электроустановок. Утв. 1 ноября 2003 года приказом Минэнерго России от 20 июня 2003 г. N 242. – 7-е изд. – 1997. – С. 9–10.

Поступила 28.01.2015 г.