

УДК 620.97

ВЫБОР МОЩНОСТИ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МЕГАВАТТНОГО КЛАССА

¹Дмитриенко В.Н., ²Лукутин Б.В.

¹Филиал ЗАО «Сибирский ЭНТЦ» – институт «ТомскТЭП»,

Томск, e-mail: dmitrienko@tomsktep.tom.ru;

²ФГБОУ НИ ТПУ, Томск, e-mail: lukutin48@mail.ru

Рассмотрена проблема электрообеспечения децентрализованных поселков северных территорий, электроснабжение которых осуществляется от дизельных генераторов. Это негативно сказывается на величине тарифа на электроэнергию, экологии поселков и ставит население поселков в зависимость от привозного дорогостоящего дизельного топлива. Ситуация осложняется большим износом генерирующих мощностей. В работе рассмотрен альтернативный путь решения подобных проблем, строительство фотоэлектрической станции (ФЭС), работающей параллельно с дизельной электростанцией (ДЭС), на примере пос. Батагай, республика Саха (Якутия). Приведены зависимости технико-экономических показателей гибридного энергетического комплекса от величины установленной мощности ФЭС, на основе которых проведен ее выбор относительно мощности ДЭС. Приведено сравнение основных показателей при работе ФЭС как с существующей ДЭС, так и с реконструированной. Показано, что строительство ФЭС в децентрализованных районах с высокой инсоляцией актуально (особенно при реконструкции ДЭС) и позволит снизить зависимость энергоснабжения от привозного топлива.

Ключевые слова: электроснабжение, дизельная электростанция (ДЭС), фотоэлектрическая станция (ФЭС)

THE CHOICE OF CAPACITY GENERATION EQUIPMENT AUTONOMOUS SOLAR-DIESEL PLANT MEGAWATT CLASS

¹Dmitrienko V.N., ²Lukutin B.V.

¹JSC «Siberian ENTC – institute TomskTEP», Tomsk, e-mail: dmitrienko@tomsktep.tom.ru;

²TPU, Tomsk, e-mail: lukutin48@mail.ru

Reviewed the problem of decentralized electricity supply of settlements of the Northern territories, where grid power is supplied from the diesel generators. This adversely affects the value of the tariff for the electric power, ecology settlements, and puts in the dependence of the population of the settlements from expensive imported diesel fuel. The situation is complicated by the large depreciation of generating capacities. The paper considers an alternative way of dealing with these problems, through the construction of photovoltaic plant (PV plant) operating in parallel with a diesel electric station, on the example of the village Batagay, Republic of Sakha (Yakutia). Shows the dependence of techno-economic indicators of hybrid-energy complex on the value of the installed capacity of PV plant on the basis of which held choice regarding the power of Diesel station. Shows the compare main parameters of PV plant when it works with the existing Diesel station and renovate Diesel station. Shows that the building photovoltaic plant in decentralized areas with high insolation (especially after renovate genset) relevant and will reduce dependence on imported energy fuels.

Keywords: electrical supply, diesel power station, photovoltaic power station (PV plant)

На территории Российской Федерации существует огромное количество районов, не имеющих доступа к централизованному электроснабжению. Это в основном северные территории Сибири и Дальнего Востока. Электроснабжение децентрализованных населенных пунктов, как правило, осуществляется с помощью дизельных электростанций (ДЭС). Для обеспечения постоянной и стабильной работы ДЭС необходимо обеспечение станции дизельным топливом (ДТ). Доставка топлива в удаленные районы со слабо развитой инфраструктурой ограничена сроками работы водных путей и зимних автодорог, что существенно увеличивает стоимость топливных ресурсов.

Наиболее актуальными проблемами электроснабжения удаленных населенных пунктов являются следующие:

1. Высокая стоимость привозного дизельного топлива для ДЭС и, соответственно, производимой электроэнергии.

2. Технологическая изолированность и отсутствие связи с объединенной энергосистемой.

3. Эксплуатация оборудования в сложных природно-климатических условиях, что приводит к ускоренному износу электрических сетей и электрооборудования.

4. Отсутствие автоматизированных современных маневренных мощностей, способных обеспечить эффективное регулирование мощности в условиях высокой

неравномерности годового графика потребления электроэнергии.

Актуальным решением подобных проблем в регионах, обладающих достаточным потенциалом солнечной активности, является построение солнечно-дизельных комплексов с использованием фотоэлектрических панелей (ФП) и современных автоматизированных дизельных электростанций. Построение подобных комплексов позволит решить ряд задач [4, 5]:

- экономия топлива и, как следствие, снижение зависимости энергоснабжения удаленных населенных пунктов от привозного дорогостоящего топлива;
- частичное замещение выбывающих/реконструируемых мощностей;
- в перспективе снижение тарифа на электрическую энергию;
- снижение выбросов CO₂ и других вредных веществ.

Подобные системы становятся привлекательными ввиду того, что цена на привозное ДТ постоянно растет, в то время как цена на фотоэлектрические панели снижается.

Филиал ЗАО Сибирского ЭНТЦ – институт «ТомскГЭП» с декабря 2013 года участвует в проектировании фотоэлектрической станции в пос. Батагай Верхоянского улуса Республики Саха (Якутия). Особенности децентрализованных солнечно-дизельных комплексов мегаваттного класса рассматриваются на примере расчетных данных проекта Батагайской солнечно-дизельной электростанции.

Батагай – посёлок городского типа, административный центр Верхоянского улуса, расположен в северной части республики Саха (Якутия), в пойме на правом берегу реки Яна. Географические координаты расположения объекта:

широта 67°39"; долгота 134°39"; высота над уровнем моря 212 м; абсолютный минимум температуры –63 °С; среднемесячная температура самого холодного месяца (январь) –41,8 °С. Промышленные предприятия со значительным энергопотреблением на территории поселка отсутствуют. Единственным предприятием электроэнергетики пос. Батагай является Батагайская дизельная электростанция (ДЭС), находящаяся в ведении ОАО «Сахаэнерго» филиала «Верхоянские электрические сети». Энергосистема поселка изолированная. ДЭС в пос. Батагай обеспечивает электрической энергией потребителей первой, второй и третьей категорий надежности электроснабжения. Установлено 12 различных дизель-генераторов, включаемых в работу по мере необходимости. Общая установленная мощность ДЭС составляет 11 МВт.

За год ДЭС пос. Батагай на нужды электроснабжения потребляет около 6000 тонн дизельного топлива, при этом вырабатывает 23200 тыс. кВт·ч электрической энергии. Примечательно, что в наиболее солнечный летний сезон потребность в электроэнергии в три раза меньше по сравнению с зимним энергопотреблением (табл. 2). При постоянном росте цен на дизельное топливо (табл. 1) производство электрической энергии постоянно увеличивается в цене. Тариф на электроэнергию в пос. Батагай более чем на 60% определяется топливной составляющей. Поэтому основной целью строительства фотоэлектростанции в перспективе является снижение тарифа за счет снижения топливной составляющей.

Как видно из представленной таблицы, в отчетном 2012 году потребность в мощности изменялась в широком диапазоне.

Таблица 1

Цена на ДТ

ДЭС п. Батагай	Цена топлива, руб./т без НДС						
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
ДТЗ	24 246	30 014	30 425	33 579	38 115	41 361	49961

Таблица 2

Показатели нагрузки ДЭС Батагай в 2012 г.

Выработанная электроэнергия	кВт·ч в год	23 525 558
Минимальная зимняя нагрузка	кВт	3275
Максимальная зимняя нагрузка	кВт	5186
Минимальная летняя нагрузка	кВт	907
Максимальная летняя нагрузка	кВт	2075



Рис. 1. Схема параллельного включения СЭС с дизельной электростанцией

Учитывая, что уровень инсоляции в этом заполярном районе в летние и зимние месяцы отличается более чем в 100 раз, при построении солнечно-дизельных комплексов мегаваттного класса целесообразно использование параллельной работы ФЭС с сетью, образованной ДЭС [2]. В этом случае исключается необходимость в накопителях электрической энергии и появляется возможность оптимизации соотношения установленных мощностей солнечной и дизельной частей энергетического комплекса. Как следствие, могут быть получены приемлемые технико-экономические характеристики проекта. Структурная схема рассматриваемой солнечно-дизельной станции приведена на рис. 1.

При падении солнечного света на фотоэлектрический массив генерируется электрическая энергия постоянного тока, которая поступает на инвертор для преобразования в энергию переменного тока. Преобразованная электроэнергия используется потребителем, наряду с дизельной

генерацией. Для оптимизации выработки и потребления электроэнергии в системе фотоэлектрическая – дизельная станция устанавливается Контроллер сохранения топлива (Fuel Save Controller) [5] фирмы SMA. Данный контроллер состоит из Интерфейсного модуля, модуля сбора данных, главного модуля. Интерфейсный модуль передает информацию в реальном времени о возможном отпуске электрической энергии фотоэлектрической станцией на главный модуль. Модуль сбора данных измеряет и передает в главный модуль данные по нагрузке. Главный модуль на основе полученных данных от интерфейсного модуля и модуля сбора данных распределяет нагрузку между фотоэлектрической и дизельной станциями.

Используя программный продукт для проектирования фотоэлектрических станций PVsystV6.16 – PREMIUM – PhotovoltaicSystemsSoftware, были определены основные энергетические показатели фотоэлектрических станций различных мощностей, работающих совместно с ДЭС.

Таблица 3

Расчетные характеристики ФЭС различной мощности

Мощность ФЭС		0 МВт	1 МВт	1,5 МВт	2 МВт	2,5 МВт
Использованное топливо, тонн	До реконструкции ДЭС	5881	5544	5432	5349	5301
	После реконструкции ДЭС	5176	4870	4754	4654	4580
Коэффициент использования ФЭС	До реконструкции ДЭС	0	0,97	0,89	0,8	0,72
	После реконструкции ДЭС	0	0,99	0,96	0,9	0,84

Важнейшие показатели: годовой расход топлива и среднегодовой коэффициент использования возможной выработки электрической энергии фотоэлектростанции в зависимости от ее установленной мощности приведены на рис. 2 и 3 соответственно.

Для определения оптимальной установленной мощности ФЭС построены месячные зависимости коэффициента использования при работе с существующей ДЭС, а также с реконструируемой ДЭС (рис. 4, 5.)

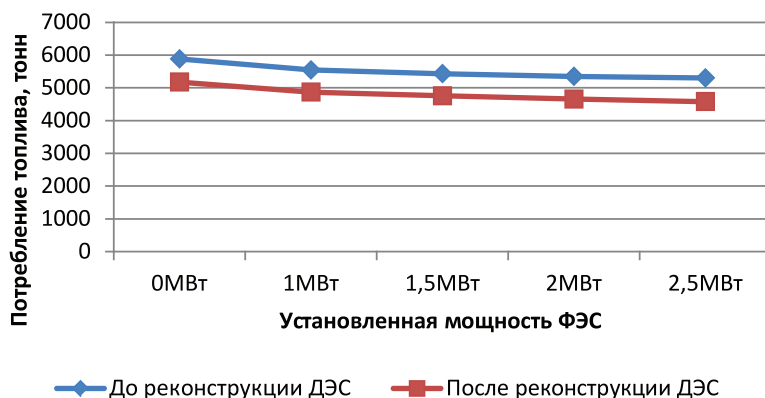


Рис. 2. График потребления ДТ в год в зависимости от установленной мощности ФЭС

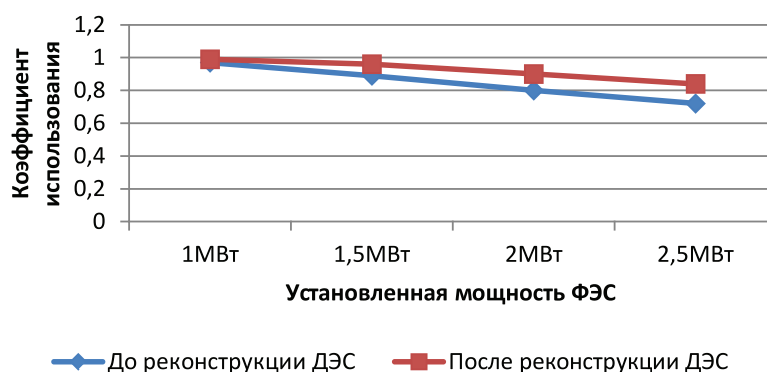


Рис. 3. Зависимость годового коэффициента использования ФЭС от ее установленной мощности

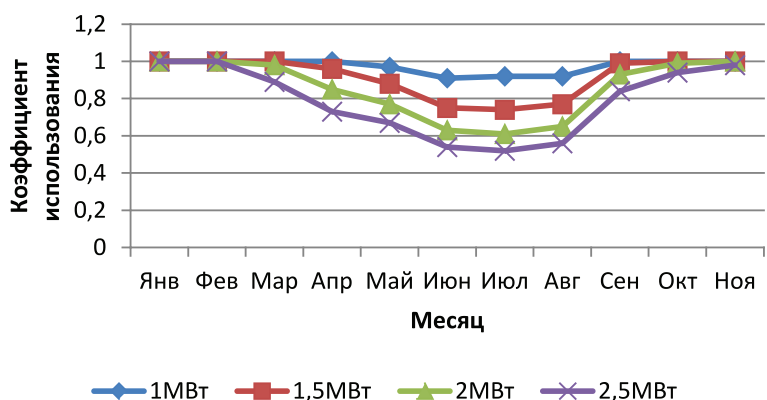


Рис. 4. Месячный коэффициент использования возможной выработки электроэнергии ФЭС при различной установленной мощности при совместной работе с существующей ДЭС

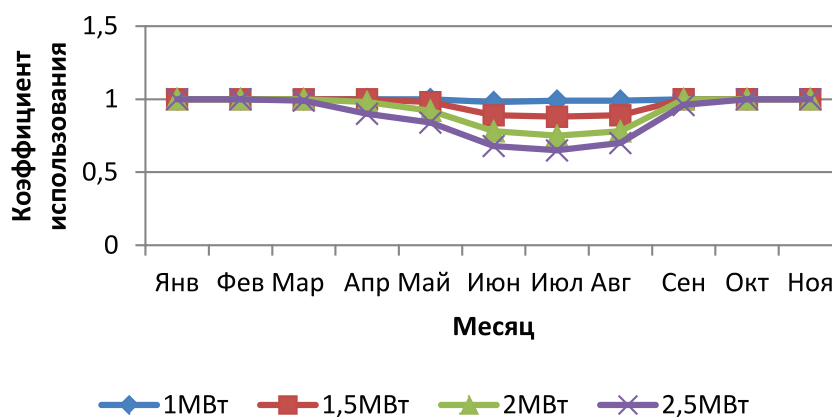


Рис. 5. Месячный коэффициент использования при работе ФЭС с реконструированной ДЭС

На основе результатов расчетов оптимальная установленная мощность ФЭС, при совместной работе с существующей ДЭС, составляет 1 МВт. При работе с реконструированной ДЭС мощность ФЭС можно увеличить до 2 МВт, при этом станция в летние месяцы теряет не более 25% своих возможностей. Дальнейшее увеличение установленной мощности ФЭС приводит к существенному снижению полезного использования ее энергии в летние месяцы.

Под реконструкцией ДЭС подразумевается полная замена существующего оборудования на более современные, автоматизированные дизельные агрегаты [1]: дизельные агрегаты мощностью 1000 кВт – 6 шт., дизельные агрегаты мощностью 750 кВт – 3 шт.

Общая установленная мощность ДЭС при этом составит 8250 кВт

Состав дизельной электростанции определяется исходя из выражения

$$n - 2 > N_{\text{нагр}}$$

где n – количество установленных агрегатов ДЭС (8 шт. в п. Батагай).

Т.е. при выходе из работы двух наиболее мощных генераторов (в данном случае 1000 кВт) должно обеспечиваться 100% покрытие нагрузки п. Батагай. При « $n - 2$ » установленная мощность ДЭС составляет 6250 кВт, что полностью отвечает указанному выше условию.

При сравнении результатов исследования наблюдается существенная экономия топлива при условии реконструкции ДЭС. Существенно увеличивается ко-

эффициент использования фотоэлектрической части станции за счет того, что появляется большой резерв мощности, снижается нижняя граница загрузки дизельных агрегатов, увеличивается возможность регулирования нагрузки генератора (от 30 до 100%).

Экономия топлива за счет частичного замещения генерации дизельных агрегатов, характеризуется уменьшением удельных расходов с 250 до 222 г/кВт·ч.

Выводы и рекомендации

1. Установленная мощность ФЭС гибридного энергетического комплекса электроснабжения северных поселков должна составлять от 20 до 35% мощности ДЭС;

2. ФЭС мегаваттного класса, предполагающиеся к строительству в отдаленных северных поселках, как правило, не предусматривают использование аккумуляторных батарей, в связи с дороговизной и сопутствующими проблемами (доставка, монтаж, расходы на обслуживание).

3. Рекомендуемой схемой построения энергетического комплекса является солнечно-дизельная электростанция в которой ФЭС работает параллельно с локальной электрической сетью, образованной дизельной электростанцией.

4. Для контроля параметров распределительной сети, нагрузки и режимов работы дизель-генераторов необходимо применение интеллектуальной системы управления, например «Fuel Save Controller» [3].

Список литературы

1. ГОСТ 13822-82 Электроагрегаты и передвижные электростанции, дизельные.
2. Дмитриенко В.Н., Лукутин Б.В. Солнечно-дизельные системы электроснабжения северных поселков [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/117-13070>.
3. Официальный сайт немецкой компании SMA. Производитель оборудования для ФЭС. URL: <http://www.sma.de/en/products/sma-fuel-save-controller.html>.
4. Саврасов Ф.В., Лукутин Б.В. Расчет эффективности использования автономных систем электроснабжения с фотоэлектростанциями на примере Томской области // Известия ТПУ. – 2013 – Т. 322, № 6 – С. 17–21.
5. Сурков М.А., Лукутин Б.В., Сарсикеев Е.Ж., Киушкина В.Р. Мировые тенденции в области построения автономных систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] // Наукоеведение. – 2012. № 4. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn412.pdf>.

References

1. GOST 13822-82 Elektroagregaty i peredvizhnye jelektrostancii, dizel'nye.

2. Dmitrienko V.N., Lukutin B.V. Solnechno-dizel'nye sistemy jelektrosnabzhenija severnyh poselkov [Elektronnyj resurs] // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija – vypusk SPNiO no. 3, 2014. Reosim dostupa: <http://www.science-education.ru/117-13070>.

3. Oficial'nyj sajt nemeckoj kompanii SMA. Proizvoditel' oborudovanija dlja FJeS. URL: <http://www.sma.de/en/products/sma-fuel-save-controller.html>

4. Savrasov F.V., Lukutin B.V. Raschet jeffektivnosti ispol'zovanija avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija s fotojelektrostancijami na primere Tomskoj oblasti // Izvestija TPU. 2013. T. 322, no. 6. pp. 17–21.

5. Surkov M.A., Lukutin B.V., Sarsikeev E.Zh., Kiushkina V.R. Mirovye tendencii v oblasti postroenija avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии [Elektronnyj resurs] // Naukovedenie. 2012. no. 4. Reosim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn412.pdf>.

Рецензенты:

Муравлев О.П., д.т.н., профессор кафедры ЭКМ, ФГБОУ НИ ТПУ, г. Томск;
Кабышев А.В., д.ф.-м.н., профессор кафедры ЭСП, ФГБОУ НИ ТПУ, г. Томск.
Работа поступила в редакцию 16.02.2015.