

СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕВЕРНЫХ ПОСЕЛКОВ

Дмитриенко В.Н.¹, Лукутин Б.В.²

¹ТФ ЗАО Сибирский ЭНТЦ, Томск, Россия (634000, Томск, пр.Кирова 36), e-mail: dmitrienko@tomsktep.tom.ru

²ФГБОУ НИ ТПУ, Томск, Россия (634050, Томск, пр.Ленина 30), e-mail: lukutin48@mail.ru

Рассмотрена проблема электрообеспечения децентрализованных поселков северных территорий, электроснабжение которых осуществляется от дизельных генераторов. Это негативно сказывается на величине тарифа за электроэнергию, экологии поселков и ставит в зависимость население поселков от привозного дорогостоящего дизельного топлива. Ситуация осложняется большим износом генерирующих мощностей. В работе рассмотрен альтернативный путь решения подобных проблем, путем строительства фотоэлектрической станции (ФЭС), работающей параллельно с дизельной электростанцией (ДЭС), на примере пос. Батагай, республика Саха (Якутия). Проведен выбор рациональной установленной мощности фотоэлектрической станции относительно мощности ДЭС. Выполнен анализ годовой выработки электрической энергии фотоэлектрической станцией, показаны объемы экономии дизельного топлива. По расчетным данным строительство ФЭС в децентрализованных районах с высокой инсоляцией актуально и позволит снизить зависимость энергоснабжения от привозного топлива.

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

SOLAR-DIESELPOWERSYSTEMSOF THE NORTHERN SETTLEMENTS

DmitrienkoV.N.¹, LukutinB.V.²

¹TB JSC Siberian ENTЦ, Tomsk, Russia (634000, Tomsk, Kirov prospect 36), e-mail: dmitrienko@tomsktep.tom.ru

²TPU, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin prospect 30), e-mail: lukutin48@mail.ru

Reviewedthe 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). Selection of rational installed capacity of photovoltaic plant, relative to the power of diesel power station. The analysis of the annual generation of electric energy photovoltaic station, shows the volumes of diesel fuel economy. Estimated construction of photovoltaic plant in decentralized areas with high insolation relevant and will reduce dependence on imported energy fuels.

Keywords: electricalsupply, diesel power station, photovoltaic power station (PV plant)

В настоящее время на территории Российской Федерации существует огромное количество районов, не имеющих доступа к централизованному электроснабжению. Это прежде всего 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 отражается на стоимости топливных ресурсов, цена которых стабильно повышается.

Наиболее острыми проблемами электроснабжения удаленных населенных пунктов являются:

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 суточного графика потребления электроэнергии.
5. Ограничения на присоединение новых потребителей.

Актуальным решением подобных проблем в регионах, обладающих достаточным потенциалом инсоляции, является построение солнечно-дизельных комплексов с использованием фотоэлектрических панелей (ФП), и современных автоматизированных дизельных электростанций. Построение подобных комплексов позволит решить ряд задач [1, 2]:

- 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 ДТ неуклонно растет, в то время как цена на фотоэлектрические панели падает.

В работе проведен анализ вариантов построения солнечно-дизельного комплекса на примере пос. Батагай, республика Саха (Якутия). **Батагай** – посёлок городского типа, административный центр Верхоянского улуса, расположен в северной части республики, 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°C; среднемесячная температура самого холодного месяца (январь) –41.8°C.

Промышленные предприятия со значительным энергопотреблением на территории поселка отсутствуют. Единственным предприятием электроэнергетики пос. Батагай является Батагайская дизельная электростанция, обеспечивающая социально бытовые потребности населения поселка.

Энергосистема поселка изолированная. На ДЭС установлено 12 различных дизель-генераторов. Характеристики ДЭС приведены в таблице №1.

Таблица №1. Характеристики ДЭС

№ п/п	Тип генератора	Мощность, кВт	Год выпуска
ДГ №1	СГДС 15-30-8УХЛ4	1000	1990
ДГ №2	СГС 1370-750У3	1100	1973
ДГ №3	СГДС 15-30-8УХЛ4	1000	1991
ДГ №4	СГДС 15-30-8УХЛ4	1000	1985
ДГ №5	СГС 1370-750У3	1100	1982
ДГ №6	СГС 1370-750У3	1100	1982
ДГ №7	СГС 1370-750У3	1100	1985
ДГ №8	СГС 1370-750У3	1100	-
ДГ №9	ГСД 1650-1000	1250	2006
ДГ №10	СГС 1370-750У3	1100	1984
ДГ №11	СГДС 15-30-8УХЛ4	1000	1994
ДГ №12	ГС-100У2	100	1998

Парк дизельных генераторов устарел, как морально, так и физически. Синхронная работа подобной ДЭС с фото электростанцией (ФЭС) невозможна без замены системы автоматики дизелей, что в свою очередь потребует реконструкцию и модернизацию самих дизель-генераторов.

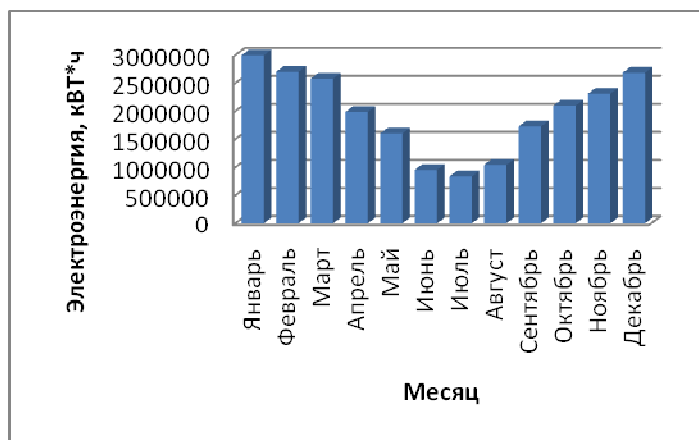


Рис.1 График потребляемой электрической энергии

За год ДЭС пос. Батагай на нужды электроснабжения потребляет около 6000 тонн дизельного топлива, при этом вырабатывает 23200 тыс. кВт*ч электрической энергии. Годовой график электрической нагрузки ДЭС приведен на рис. 1. По графику видно, что в наиболее солнечный летний сезон потребность в электроэнергии в три раза меньше по сравнению с зимним энергопотреблением. При постоянном росте цен на дизельное топливо (см. таблицу №2), производство электрической энергии постоянно увеличивается в цене. Тариф на электроэнергию в пос. Батагай более чем на 60% определяется топливной составляющей. Поэтому основной целью строительства фото электростанции в перспективе является снижение тарифа за счет экономии привозного дорогостоящего ДТ.

Таблица №2. Цена на ДТ

ДЭС п.Батагай	Цена топлива, руб/т без НДС					
	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.
ДТЗ	24 246,23	30 014,00	30 425,29	33 579,11	38 114,99	41 361,49

Построение фотоэлектрической станции, работающей параллельно с ДЭС, позволит снизить затраты на дизельное топливо и тариф на выработку электрической энергии. С вводом в эксплуатацию солнечной электростанции будут повышены надежность электроснабжения потребителей электроэнергии поселка и эффективность работы ДЭС, улучшится экология поселка.

Ввиду большой установленной мощности ДЭС (11МВт), мощность фотоэлектрической станции также будет значительна (от 1,5МВт). Наиболее рациональным решением схемного построения гибридного энергетического комплекса по экономическим и техническим показателям является включение солнечной фотоэлектрической станции на параллельную работу, с локальной электрической сетью созданной ДЭС (рис. 2).

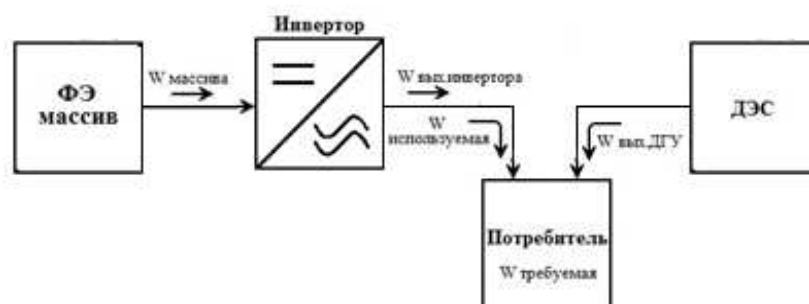


Рис.2 Структурная схема фотоэлектрической станции работающей параллельно с ДЭС

При падении солнечного света на фотоэлектрический массив генерируется электрическая энергия (постоянный ток), которая поступает на инвертор для преобразования в энергию переменного тока. Преобразованная энергия используется потребителем наряду с энергией, генерируемой ДЭС.

Для проведения расчетов выработки энергии фотоэлектрической станцией использованы данные инсоляции и температуры, приведенные в таблице №3 [3]. Оптимальный фиксированный угол наклона панелей равен 52° и был определен с помощью программного продукта PVsyst V6.16 – PREMIUM – PhotovoltaicSystemsSoftware [4].

Таблица №3. Метеорологические данные

Угол наклона панелей 52°	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек

Интенсивность излучения с учетом угла наклона, кВт*ч/м ²	4,9	53,4	159,4	200,1	184,9	174,9	172,7	137,8	97,8	67,9	19,2	0,0
T средняя, °C	-37	-34	-23,5	-9,4	1,4	12,1	16,4	11,7	3,0	-12	-28	-37

Для определения рационального соотношения установленных мощностей ФЭС и ДЭС проанализированы энергетические балансы систем с тремя значениями установленной мощности ФЭС: 1,5МВт, 2МВт и 2,5МВт. Проведенные расчеты фотоэлектрических станций различной мощности сведены в таблицу №4.

Таблица №4. Отпуск электроэнергии

	1,5МВт		2МВт		2,5МВт	
	Фактическая вырабатываемая энергия, кВт*ч	Экономия топлива, кг	Фактическая вырабатываемая энергия, кВт*ч	Экономия топлива, кг	Фактическая вырабатываемая энергия, кВт*ч	Экономия топлива, кг
Январь	7910	1978	10546	2637	13183	3296
Февраль	89587	22397	119449	29862	149311	37328
Март	252969	63242	337292	84323	416749	104187
Апрель	296295	74074	387596	96899	445420	111355
Май	260621	65155	327708	81927	369806	92452
Июнь	213059	53265	250533	62633	277434	69359
Июль	201529	50382	225567	56392	243270	60817
Август	166517	41629	197239	49310	218270	54568
Сентябрь	140641	35160	186545	46636	225298	56325
Октябрь	104521	26130	139265	34816	171042	42761
Ноябрь	31101	7775	41468	10367	51835	12959
Декабрь	0	0	0	0	0	0
Годовой	1764750	441188	2223208	555802	2581619	645405

Расчет выполнен с использованием программного обеспечения PVsyst V6.16 - PREMIUM - PhotovoltaicSystemsSoftware

Под фактической вырабатываемой энергией в табличных данных понимается энергия ФЭС, дополняющая минимально допустимый 40% энергетический уровень генерации ДЭС до необходимого месячного электропотребления поселка. Такое условие следует из необходимости обеспечения устойчивой работы сетевых инверторов [5]. Очевидно, в зимний сезон при слабой инсоляции система электроснабжения способна потребить всю энергию ФЭС. В летний период часть солнечной энергии будет невостребованной по вышеуказанной причине.

На основе представленных данных построен годовой график покрытия нагрузки для станции мощностью 2,5МВт (Рис. 3). Графики покрытия нагрузки станциями мощностью 1,5 и 2МВт будут выглядеть идентично, с меньшим вкладом ФЭС.

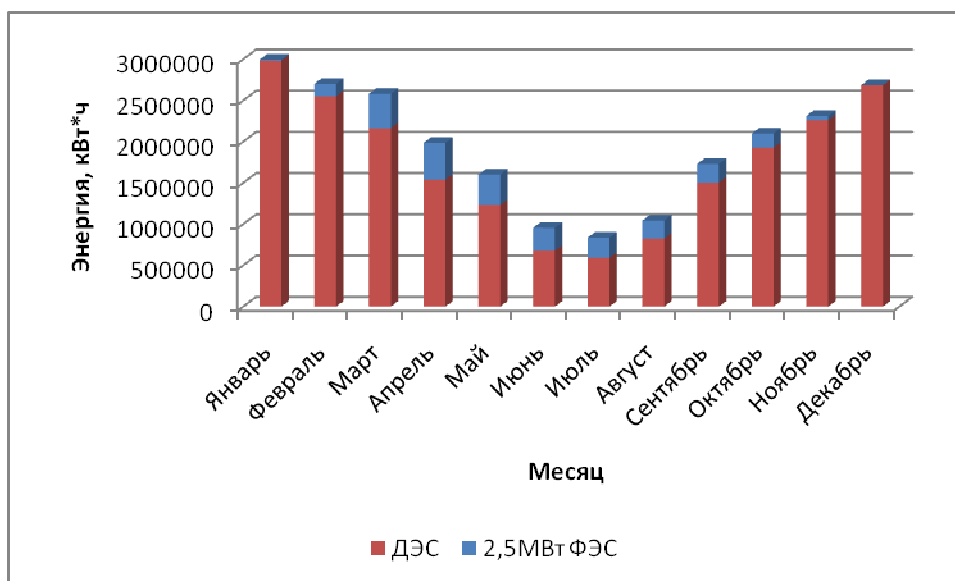


Рис.3. Годовой график покрытия нагрузки ФЭС мощностью 2,5МВт
В таблице №5 представлены основные показатели ФЭС различной мощности.

Таблица №5. Характеристики ФЭС

Мощность ФЭС	Экономия дизельного топлива в год, кг	Экономия дизельного топлива за 25 лет, руб.	Срок окупаемости, лет	Накопительный итог, руб.
2,5 МВт	645405	2 625 314 701	16	2 142068053
2 МВт	555802	2 297 348 422	16	1 528 642 997
1,5 МВт	441188	1 794 276 905	15,5	1 167 614 874

Срок окупаемости станций практически одинаков и равен приблизительно 16 годам при сроке службы основного оборудования не менее 25 лет. По истечению срока окупаемости начинается экономия денежных средств на электроснабжение пос. Батагай.

Таким образом, актуальным частичным решением вопроса энергоснабжения децентрализованных областей с высоким уровнем инсоляции является строительство солнечно-дизельных электростанций. На сегодня имеется необходимый набор зарубежного оборудования, который позволяет осуществлять качественное построение и управление солнечно-дизельными электростанциями [5].

При строительстве подобных систем ощущается реальная экономия дорогостоящего привозного дизельного топлива и, как следствие, минимизация затрат на его ежегодную доставку. По истечению срока окупаемости есть возможность снижения тарифа на

электроэнергию, что сократит ежегодные дотационные затраты государства на электроснабжение отдаленных поселков.

Рациональная мощность ФЭС для пос. Батагай равна 2-2,5МВт. Дальнейшее увеличение мощности дает большую ежегодную экономию по топливу, но при этом недоиспользуется, ввиду большого количества «лишней» энергии (весна, лето), когда нет необходимого количества потребителей.

Из представленных выше данных можно сделать вывод, что рациональный угол наклона панелей 52° выбран из условия увеличения выработки электрической энергии в весенне/осенний период. При этом недоиспользование ФЭС летом минимально. Низкий уровень зимней инсоляции делает нецелесообразным мероприятие по увеличению эффективности ФЭС в этот период.

Рекомендуемой схемой подключения ФЭС для поселков крайнего севера при мощности более 100кВт является параллельная работа с локальной дизельной системой электроснабжения.

Список литературы

1. 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
2. Сурков М.А., Лукутин Б.В., Сарсикеев Е.Ж., Киушкин В.Р. Мировые тенденции в области построения автономных систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] // Наукоедение – 2012. - №4. – Реосим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn412.pdf>.
3. Официальный сайт метеорологической программы meteonorm. URL: <http://meteonorm.com/download/software/mn70/> (дата обращения: 28.04.14).
4. Официальный сайт программы для расчета фотоэлектрических станций. URL: <http://www.pvsyst.com/en/download> (дата обращения: 28.04.14).
5. Официальный сайт немецкой компании SMA. Производитель оборудования для ФЭС. URL: <http://www.sma.de/en/products/sma-fuel-save-controller.html>.

Рецензенты:

Муравлев О.П., д.т.н., профессор кафедры ЭКМ, ФГБОУ НИ ТПУ, г. Томск.

Кабышев А.В., д.ф.-м.н., профессор кафедры ЭСПП, ФГБОУ НИ ТПУ, г. Томск.