



МЕГАВАТТНАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ЮГА РОССИИ – РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОДЕФИЦИТА РЕГИОНА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фотоэлектрические модули (ФЭМ), солнечная электростанция (СЭС), инвертор, гелиополе, одноставочный тариф, выработка электроэнергии

Я. И. Безе, инженер, генеральный директор ООО «Лукойл-Кубаньэнерго»; **В. В. Шапошников**, канд. техн. наук, проректор Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ); **В. А. Бутузов**, доктор техн. наук, профессор Кубанского государственного аграрного университета (КубГАУ); **Е. В. Кочарян**, канд. техн. наук, заведующий кафедрой КубГТУ, Краснодар

Человечество уже пережило три этапа трансформации топливно-энергетического комплекса: во-первых, переход от биомассы к углю, во-вторых, – от угля к нефти, затем от нефти к газу. Сейчас начался четвертый энергопереход, ключевой особенностью которого является наращивание использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Россия также участвует в данном процессе: принята предусматривающая диверсификацию энергетического баланса с увеличением в нем доли зеленой энергии Энергетическая стратегия¹ Российской Федерации на период до 2035 года. А еще раньше начала действовать программа поддержки ВИЭ, в рамках которой в 2022 году в Краснодаре была введена в эксплуатацию первая в регионе сетевая солнечная электростанция (СЭС). Представляем данные мониторинга работы данной СЭС за последние 2 года.

¹ Утверждена распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 года №1523-р (ред. от 15 февраля 2025 года).

Краснодарский край является одним из южных энергодефицитных регионов страны. Летом 2024 года нехватка генерирующих мощностей оценивалась в 600 МВт. В то же время уровень солнечной радиации позволяет солнечным электростанциям эффективно генерировать электрическую энергию.

Сетевая солнечная электростанция пиковой мощностью 2,35 МВт (рис. 1), построенная в 2022 году на двух не задействованных в производстве участках Краснодарской ТЭЦ, стала первой такой станцией в регионе. Данная СЭС предназначена для компенсации потерь в электрических сетях розничного рынка региона. Заказчиком выступило ООО «Лукойл-Кубаньэнерго». По результатам состоявшегося в 2022 году тендера с организацией был заключен договор компенсации дополнительной мощности (ДПМ), в рамках которого заказчик оплатил сооружение СЭС. По условиям договора на объекте были применены фотоэлектрические модули (ФЭМ) отечественного производителя ГК «Хевел», а степень локализации в целом по станции достигла примерно 70 %.

Основное оборудование и проектно-технические решения СЭС

Проектирование, строительство, монтаж, пусконаладочные работы СЭС выполняло структурное подразделение ГК «Хевел». Основным оборудованием СЭС стали гетероструктурные двухсторонние фотоэлектрические модули HVL 72GG395BB, произведенные в Новочебоксарске и имеющие следующие характеристики:

- номинальная мощность 395 Вт;
- количество ячеек – 72;
- номинальная рабочая температура 38,8 °С;
- напряжение холостого хода 53,18 В;
- ток короткого замыкания 9,21 А;
- КПД 19,75 %;
- габариты 1996×1002×30 мм.



Рис. 1. Гелиополе СЭС Краснодарской ТЭЦ

Основные проектные решения определялись доступными площадками ТЭЦ площадью 3,5 га. Все фотоэлектрические модули, общее число которых равно 5 948 шт., смонтированы в надземном варианте на металлических опорах и распределены на два гелиополя:

- гелиополе № 1 смонтировано на бывшем угольном поле на опорах над поверхностью земли. На нем размещено 4 652 ФЭМ;
- гелиополе № 2 оборудовано над бывшим подземным мазутохранилищем на аналогичных опорах. Здесь установлено 1 296 ФЭМ.

Гелиополя состоят из блоков ФЭМ четырехрядного исполнения по 12 шт. в ряду, всего 48 шт. Ориентация ФЭМ южная, угол наклона к горизонту 32°.

Инверторы, трансформаторы, автоматика и другие приборы размещены в отдельно стоящем модуле. Всего на станции установлено 9 инверторов: 7 для фотоэлектрических модулей, находящихся на гелиополе № 1, и 2 – на гелиополе № 2.

Таблица Основные показатели работы СЭС

Месяц	2023 год				2024 год			
	Выработка электрической энергии, кВт·ч			Расход на собственные нужды СЭС, кВт·ч	Выработка электрической энергии, кВт·ч			Расход на собственные нужды СЭС, кВт·ч
	Фактическая	Плановая	% от плановой		Фактическая	Плановая	% от плановой	
январь	176 053,76	121 630,00	144,75	1 814,7	94 457,32	121 057,00	78,03	2 056,63
февраль	110 406,72	166 660,00	66,25	1 657,73	188 917,44	166 077,00	113,75	1 808,63
март	183 362,56	235 046,00	78,01	1 731,64	140 112,96	233 640,00	59,97	1 062,10
апрель	253 921,28	312 980,00	81,13	1 735,16	350 405,76	311 366,00	112,54	1 972,77
май	302 868,48	375 075,00	80,75	1 948,88	387 413,44	372 666,00	103,96	1 949,39
июнь	367 476,48	346 071,00	106,19	2 055,55	413 074,56	343 779,00	120,16	2 409,93
июль	385 088,32	364 646,00	105,61	2 248,63	369 267,20	362 716,00	101,81	2 868,89
август	356 797,76	370 295,00	96,36	2 273,03	364 371,84	368 349,00	98,92	2 716,39
сентябрь	345 848,64	311 548,00	111,01	2 158,58	335 872,00	309 802,00	108,42	2 430,52
октябрь	254 819,20	233 561,00	109,10	2 051,84	202 321,28	232 328,00	87,08	1 770,51
ноябрь	124 829,76	155 869,00	80,09	1 869,45	124 648,96	154 946,00	80,45	1 831,16
декабрь	68 145,92	106 875,00	63,76	2 023,40	91 067,20	106 305,00	85,67	1 998,47
Итого за год	2 929 618,88	3 100 256,00	93,58	23 568,59	3 061 929,96	3 083 031,00	95,89	24 875,39

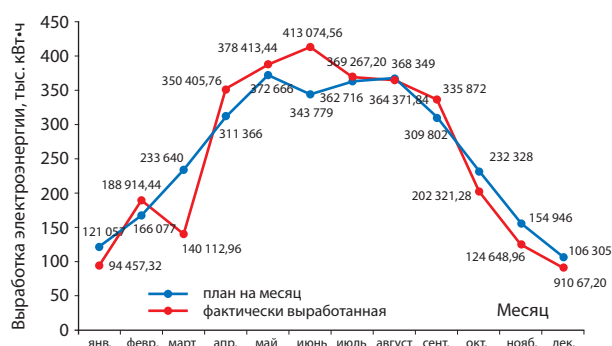


Рис. 2. Выработка фактической и плановой электрической энергии на СЭС в 2024 году

Объемы генерации зеленой электроэнергии

Вырабатываемая СЭС электрическая энергия выдается по линии напряжением 35 кВ в региональную энергосистему через счетчик СЭГ-4ТМ.03_3М. В структуре затрат солнечной электростанции основными составляющими являются стоимость фотоэлектрических модулей (60–70 %) и инверторов (15–17 %).

Значения плановой и выработанной электрической энергии, а также ее объем, затрачиваемый на собственные нужды СЭС в 2023 и 2024 годах, представлены в табл. и на рис. 2.

По завершении строительства солнечной электростанции в 2022 году в оставшиеся месяцы данного года было выработано 380 698 кВт·ч, а всего с момента сдачи данной СЭС в эксплуатацию до 1 января 2025 года – 6 372 245 кВт·ч. Выработанная СЭС электрическая энергия, предназначенная для компенсации потерь в электрических сетях, отпускается в энергосистему по утвержденному Департаментом госрегулирования Краснодарского края одноставочному тарифу за 1 кВт·ч: 16,470 руб. в 2022 году; 16,079 руб. в 2023 году; 16,062 руб. в 2024 году. В результате, начиная с 2022 года по 1 января 2025 года, на СЭС было выработано электроэнергии на сумму почти 99,5 млн руб.

На собственные нужды солнечной электростанции затрачивается порядка 0,8 %. В 2023 году среднее отклонение плановой и фактической выработки составило 94,6 %, а в 2024 году – 95,9 %. Наибольшая величина отклонений фактических значений от плановых имеет место в весенний период (рис. 3).

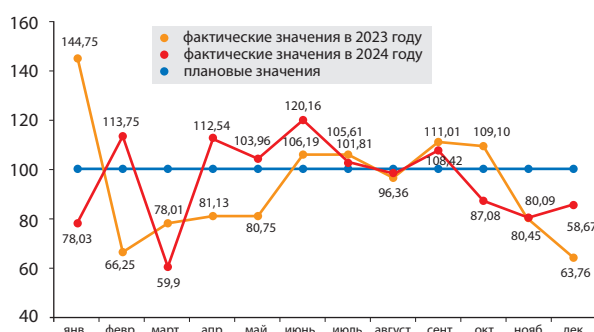


Рис. 3. Отклонение фактических значений выработки электрической энергии от плановых в 2023 и 2024 годах, %

Некоторые проблемы, возникшие при эксплуатации СЭС

Надежность работы оборудования СЭС оценивается владельцем как высокая. Однако в первый год эксплуатации имели место отказы основного оборудования. Также проводились следующие замены:

- из общего количества ФЭМ (5 948 шт.) за 2 года эксплуатации было заменено только 3 модуля из-за их механического повреждения при эксплуатации. Нужно отметить, что для уменьшения загрязнения птицами фотоэлектрических модулей дополнительно установлены электронные отпугиватели;
- благодаря тепловизору, который является основным прибором диагностики ФЭМ, были выявлены факты перегрева соединительных разъемов модулей MC4-У с последующей их заменой по гарантии;
- вся партия инверторов типа KENUA (9 шт.), произведенных в Китае, также была заменена по гарантии. В числе причин замены: отказ системы управления (3 шт.); короткое замыкание инвертора (4 шт.); отказ работы вентилятора (1 шт.). Еще 1 инвертор был исправлен, но его также заменили по гарантии. Отметим, что после замены инверторов программа Wis solar Plus для Android- и Windows-платформ позволяет диагностировать их состояние по стандартному протоколу Modbus;
- определенные проблемы возникли с муфтами силовых питающих кабелей инверторов, которые решились их заменой и протяжкой.

Основные эксплуатационные расходы солнечной электростанции с учетом ремонтов, технического обслуживания оборудования, материалов определены по соответствующим нормам и коммерческим предложениям поставщиков и в 2023 году составили 3 403 тыс. руб., а в 2024 году на 5 тыс. руб. больше, чем в 2023 году.

Анализ результатов мониторинга

Оценивая данные мониторинга параметров эксплуатации новой солнечной электростанции Краснодарской ТЭЦ за последние 2 года, можно резюмировать, что данная СЭС обеспечивает надежную выработку электрической энергии с достаточно высоким значением прогнозирования (94–96 %). Также нужно отметить высокую эксплуатационную надежность СЭС после выполнения необходимых работ по соединителям фотоэлектрических модулей и инверторов. Годовая стоимость работ и материалов, необходимых для обслуживания СЭС, не превышает 0,8 % от выработанной ею электрической энергии.

Также можно видеть, что реальная стоимость генерации электрической энергии СЭС в 2022–2024 годах составила 99,5 млн руб. при предварительной сметной оценке сооружения СЭС 230 млн руб.

Можно утверждать, что введение в систему электроснабжения южных регионов солнечных электростанций помогает успешно решать проблемы энергодефицита, а также снижает нагрузку на экологию. Кроме того, аналогичные проекты дают возможность наработать дополнительные компетенции в области ВИЭ и ускорить достижение поставленных целей по энергопереходу в России. ■