

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ И КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМОЙ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Джумаев А., Атаев Э.

*Государственный энергетический институт Туркменистана,
г. Мары, Туркменистан*

Энергоснабжение на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) более экологично и безопасно, а также более чище в процессе производства. Фотоэлектрические солнечные станции (ФСС) могут быть использованы для производства большего количества энергии постоянного тока, но и для энергоснабжения небольшого цеха, жилого дома или небольшого предприятия.

В статье приведена общая схема электроснабжения с применением ФСС, выполнены соответствующие расчеты и, самое главное, это может быть не столько заменой существующей системе энергоснабжения, сколько для защиты окружающей среды.

Управление техническими средствами комплексной системы энергоснабжения требует рассмотрение следующих вопросов:

- ресурсы возобновляемых источников энергии на рассматриваемой территории;
- создание нормативно-правовой базы для развития возобновляемой энергетики;
- методика проектирования и расчета ФСС;
- пилотные проекты ФСС.

В настоящее время современное состояние энергетики и необходимость разработки новых энергетических технологий, позволяющих повысить энергообеспеченность производства, минимизировать воздействие на окружающую среду, развить малые и средние хозяйства и предприятия, нуждающиеся в автономных энергоисточниках, способствовало выделению ВИЭ в отдельное направление науки и техники. На территории Туркменистана в качестве таких энергоресурсов наиболее актуально рассматривать использование солнечной энергии. Было проведено районирование по средним данным суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность оптимально ориентированной солнечной панели на территории страны для административных районов Туркменистана. В расчетах угол наклона солнечной панели, ориентированной на юг, равен $\beta = 36^{\circ}$. Пространственное распределение годовых величин суммарной солнечной энергии (выраженные в кВт·ч/м²) для любого региона Туркменистана представлено на соответствующей карте, т. е. в кадастре солнечной энергии. Согласно этому кадастру на территории Туркменистана выделяются 5 зон с соответствующим распределением годовых величин суммарной солнечной энергии, т. е. I-я зона с 1870–2000 кВт·ч/м² год, II-я зона с 1850–1870 кВт·ч/м² год, III-я зона с 1800–1850 кВт·ч/м² год, IV-я зона с 1750–1800 кВт·ч/м² год, V-я зона с 1630–1750 кВт·ч/м² год [1].

В Туркменистане создана нормативно-правовая база для развития возобновляемой энергетики. Основные мероприятия по снижению выбросов CO₂ в Туркменистане будут реализованы согласно утвержденному Постановлением Президента Туркменистана Национальной стратегии Туркменистана по изменению климата [2], Национальной стратегии по развитию возобновляемой энергетики до 2030 года [3] и закона Туркменистана «О возобновляемых источниках энергии» [4].

Прогнозирование и управление выработки энергии сетевой или автономной ФСС на основании расчетов и измерений является наряду с учетом капитальных затрат одной из важнейших составляющих оценки экономической целесообразности строительства ФСС. Используемые нами этапы проектирования и методика расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы проектирования и методика расчета

Этапы проектирования	Расчетная формула	Принятые параметры
1 этап, расчет вых. мощности ФСС	$P_{oc,i} = P_{н,i} / \eta_i,$ $P_{н,j} = \sum_{i=1}^N P_{oc,i},$ $P_n = \max\{P_{н,j}\}, \forall j \in \overline{1, M}$	$\eta_i = 0,8,$ $\eta_i = 1,0,$ $\Delta t_{дв} = 14ч$ (с 6.00 до 20.00) – лето, $\Delta t_{дв} = 8ч$ (с 8.00 до 16.00) – зима
2 этап, расчет емкости аккумулятора	$\Delta C = \frac{P_n}{U_n} \Delta t_{нв} = \frac{P_n}{U_n} (24 - \Delta t_{дв}),$ $S_p = \frac{C_n - C_{min}}{C_n} 100\% = \frac{\Delta C}{C_n} 100\%,$ $C_n = \frac{100 P_n}{S_p U_n} \Delta t_{нв},$ $I_p = P_n / U_n, \quad W = C_n U_n,$ $n = U_n / U_{аб}, \quad m = C_n / C_{аб},$ $N = nm,$ $N = \frac{100 P_n}{S_p W_{аб}}, \quad W_{аб} = C_{аб} U_{аб},$ $U_n = \frac{100 P_n}{S_p m C_{аб}} \Delta t_{нв},$ $\Delta C_1 = \frac{P_{н1}}{U_n} \Delta t_1, \quad \Delta C_2 = \frac{P_{н2}}{U_n} \Delta t_2,$ $\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2,$ $C_n = \frac{100}{S_p U_n} (P_{н1} \Delta t_1 + P_{н2} \Delta t_2)$	$\Delta t_{нв} = 10ч$ -лето, $\Delta t_{нв} = 16ч$ -зима, $S_p = 70 \%$,
3 этап, расчет мощн. зарядного устройства	$P_{зy} = n I_{max.зар} U_{max.зар} = 1,375 n I_{max.зар} U_{аб}$	1. Заряд при постоянстве тока производится током, значение которого равно 10 % от номинальной емкости при 20-часовом режиме заряде. Максимальное значение зарядного тока составляет от 0,2 до 0,3 емкости аккумулятора. 2. При заряде при постоянстве напряжения степень заряженности аккумуляторной батареи по окончании заряда напрямую зависит от значения зарядного напряжения. 24 ч. непрерывного заряда при напряжении 14,4 В полностью разряженная 12-вольтовая батарея зарядится на 75–85 %. При напряжении 15 В – на 85–90%, а при напряжении 16 В – на 95–97 %. Полностью зарядить разряженную батарею в течение 20–24 ч. Можно при напряжении 16,3–16,4 В. $U_{аб} = 12 В,$ $I_{max.зар} = 0,2 C / 1 ч$ $U_{max.зар} = 16,5 В,$

Продолжение таблицы 1

4 этап, расчет мощн. основной шины	$P_{\text{ош}} = P_{\text{н}} + P_{\text{зу}}/\eta_2$	η_1 – КПД импульсного преобразователя постоянного напряжения понижающего типа η_2 – КПД зарядного устройства
5 этап, расчет мощн. солнечной батареи	$P_{\text{сб}} = P_{\text{ош}}/\eta_1 = P_{\text{н}}/\eta_1 + P_{\text{зу}}/\eta_1\eta_2$, $W = kEP_w/1000$	$k = 0,2$ – лето, $k = 0,7$ – зима,
6 этап, расчет КПД автон. солн. станц.	$\eta = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{сб}}} = \frac{P_{\text{н}}\eta_1\eta_2}{P_{\text{н}}\eta_2 + P_{\text{зу}}}$	
7 этап, выбор автономного инвертора	Вся суммарная нагрузка приборов, подключаемых к инвертору, увеличивается, как минимум, на 30 %	

В результате научно-экспериментальных исследований, проведенных научными сотрудниками научно-производственного центра «Возобновляемые источники энергии» Государственного энергетического института Туркменистана, определены эффективные области применения разных видов фотоэлектрических солнечных станций в области возобновляемой энергетики, оптимальные режимы эксплуатации этих станций. На их основе разработаны пилотные проекты промышленных солнечных станций. В качестве примера рассмотрим пилотные проекты промышленных солнечных станций с мощностями 50 МВт и 8 МВт [5].

Известно, что солнечные электрические станции эффективно используются сегодня в системах энергоснабжения по трем основным «сценариям»:

- 1) работа в большой энергосистеме (on grid);
- 2) работа в локальной энергосистеме (off grid);
- 3) работа на локального или автономного потребителя (off grid).

Пилотные проекты промышленных солнечных станций с мощностями 50 МВт и 8 МВт разработаны для солнечных панелей с мощностью 250 Вт. Основные технические параметры фотоэлектрической станции с различными мощностями, работающей в большой энергосистеме, (off grid) показаны в таблице 4.

Сетевое строительство на территории Туркменистана в ближайшее время будет производиться в рамках реализации Национальной стратегии и крупных инвестиционных объектов и в интересах экспорта электроэнергии. На бытовых потребителей данные мероприятия существенного влияния не окажут (тарифы на электроэнергию не меняются). Рассмотрим возможность размещения ФСС в удаленных районах от центральной системы энергоснабжения, первоначально для варианта установки ФСС в частном сельском доме. При проектировании автономной ФСС сначала нужно составить список всех потребителей электроэнергии, выяснить их потребляемую мощность, напряжение и внести в список (таблица 2 и таблица 3). Учитывая вышеуказанный ресурс солнечной энергии, можно предположить, что число солнечных часов в сутках в зимний и летний периоды будут 5 и 12 часов соответственно. Для списка потребителей (таблица 2 и таблица 3) приблизительные энергозатраты в течении суток в этом случае составляет зимой 20–22 кВт·ч и летом 12–15 кВт·ч. При таких показателях среднемесячный результат составит порядка 660 кВт·ч, в год соответственно 7920 кВт·ч. Тогда ФСС должна вырабатывать в сутки зимой – $P = 22/5 = 4,4$ кВт; летом – $P = 22/12 = 1,8$ кВт.

Таблица 2 – Общее энергопотребление за сутки (летнее время)

№	Нагрузки	Напряжение, мощность	Мощность на основной шине, Вт	Время работы, ч/сутки	Энегопотреблен., Вт·ч/сут
1	Кондиционер	~220 В, 780 Вт	975	5,833	5687,5
2	Электрический чайник	~220 В, 1000 Вт	1250	0,25	312,5
3	СВЧ-печь	~220 В, 1200 Вт	1500	0,25	375
4	Холодильник	~220 В, 250 Вт	312,5	12	3750
5	Телевизор	~220 В, 150 Вт	187,5	4	750
6	Освещение зала	=24 В, 100 Вт	100	4	400
7	Освещение кухни и туалета	= 12 В, 50 Вт	50	5	250
8	Потребитель Н1	= 48 В, 120 Вт	150	5	750
9	Потребитель Н2	= 12 В, 90 Вт	112,5	3	337,5
	Итого		4637,5		12612,5

Таблица 3 – Общее энергопотребление за сутки (зимнее время)

№	Нагрузки	Напряжение, мощность	Мощность на основной шине, Вт	Время работы, ч/сутки	Энегопотреблен., Вт·ч/сут
1	Электрический камин	~220 В, 900 Вт	1125	13,833	15562,125
2	Электрический чайник	~220 В, 1000 Вт	1250	0,25	312,5
3	СВЧ-печь	~220 В, 1200 Вт	1500	0,25	375
4	Холодильник	~220 В, 250 Вт	312,5	12	3750
5	Телевизор	~220 В, 150 Вт	187,5	4	750
6	Освещение зала	= 24 В, 100 Вт	100	4	400
7	Освещение кухни и туалета	= 12 В, 50 Вт	50	5	250
8	Потребитель Н1	= 48 В, 120 Вт	150	5	750
9	Потребитель Н2	= 12 В, 90 Вт	112,5	3	337,5
	Итого		4787,5		22487,125

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jumayev A. Distribution of solar energy potential on territory of Turkmenistan. //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences 1010 (2022) 012157.

2. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan “Howanyň üýtgemegi barada Türkmenistanyň Milli strategiýasy (rejelen görnüşi). Aşgabat, 2019ý. 20

Türkmenistanyň Prezidentiniň 2019-njy ýylyň 23-nji sentýabrynda çykaran 1415-nji Karary bilen tassyklandy.

3. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Türkmenistanda 2030-njy ýyla çenli gaýtadan dikeldilýän energetikany ösdürmek boýunça Milli Strategiýa. Aşgabat, 2020ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2020-nji ýylyň 04-nji dekabrynda çykaran 2007-nji Karary bilen tassyklandy.

4. Gaýtadan dikeldilýän energiýa çeşmeleri hakynda Türkmenistanyň Kanuny. Aşgabat şäheri. 2021-nji ýylyň 13-nji marty.

5. Jumayev A., Atayev E. Pilot projects of industrial photovoltaic solar stations. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences 979 (2022) 012142.

Таблица 4. Технические параметры ФСС различной мощности

№	Оборудование	1 кВт		3 кВт		5 кВт		10 кВт		30 кВт	
		Тип	Колич.	Тип	Колич.	Тип	Колич.	Тип	Колич.	Тип	Колич.
1	Солнечный модуль	LHM30C-250W, 1640*992*40 mm, NW/GW 18/19rg	4 шт.	LHM30C-250W, 1640*992*40 mm, NW/GW 18/19rg	12 шт.	LHM30C-250W, 1640*992*40 mm, NW/GW 18/19rg	20 шт.	LHM30C-250W, 1640*992*40 mm, NW/GW 18/19rg	40 шт.	LHM30C-250W, 1640*992*40 mm, NW/GW 18/19rg	120 шт.
2	Инвертор	1000W Pure sine wave inverter. DC Input voltage 48V, AC Output voltage 230V, Frequency 50Hz	1 шт	3000W Pure sine wave inverter. DC Input voltage 48V, AC Output voltage 230V, Frequency 50Hz	1 шт	5000W Pure sine wave inverter. DC Input voltage 48V, AC Output voltage 230V, Frequency 50Hz	1 шт	5000W Pure sine wave inverter. DC Input voltage 120V, AC Output voltage 230V, Frequency 50Hz	2 шт	10kW Pure sine wave inverter. DC Input voltage 240V, AC Output voltage 230V, Frequency 50Hz	3 шт
3	Контроллер	System Voltage 24V or 48V auto detection, Max Charging current 20A, Max load current 20A	1 set	System Voltage 24V or 48V auto detection, Max Charging current 60A, Max load current 60A	1 set	System Voltage 24V or 48V auto detection, Max Charging current 100A, Max load current 100A	1 set	System Voltage 24V or 48V auto detection, Max Charging current 80A, Max load current 80A	2 set	System Voltage 240V, Max Charging current 120A, Max load current 120A	1 set
4	Аккумулятор	12V 120 Ah	4 шт	12V 120 Ah	12 шт.	12V 200 Ah	8 шт	12V 200 Ah	30 шт	12V 200 Ah	60 шт
5	Крепление панели	Aluminum	1000 watts	Aluminum	1000 watts	Aluminum	1000 watts	Aluminum	2000 watts	Aluminum	3000 watts
6	Соединительные разъемы	Mc4	2 set	Mc4	6 set	Mc4	10 set	Mc4	20 set	Mc4	40 set
7	PV кабель	4mm ²	80 m	4mm ²	120 m	4mm ²	150 m	4mm ²	200 m	4mm ²	500 m
8	DC распределительный ящик	–	–	–		–		In10 out1	2 set	In10 out1	2 set