Ожидаемые результаты:

Широкое использование возможностей цифровой экономики в энергетике, внедрение цифровых технологий, направленных на охрану здоровья человека, энергосберегающих и экологически чистых цифровых технологий, приведет к созданию новых производственных мощностей и повышению

Четко определена возможность экономии природного газа и получения дополнительной электроэнергии за счет эксплуатации действующих на территории страны газотурбинных установок с парогазовой турбиной, работающей с совместимой циркуляцией и использующей солнечную энергию. Внедрение в промышленность этой современной технологии создаст условия для организации безотходного производства в стране и значительно сократит количество вредных отходов, выбрасываемых в окружающую среду.

В то время как средний КПД малой газотурбинной электростанции составляет 34,2%, эта современная электростанция с комбинированным циклом имеет средний КПД более 60%.

Список использованных источников

1. Гурбангулы Бердымухамедов. Электроэнергетический потенциал Туркменистана. - Ашхабадская туркменская государственная издательская служба 2022.

2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. "Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций" М. Издательство МЭИ. 2002.

3. М. Данатарова, М. Сарыев, Ш. Аллакулыев "Теория возобновляемых источников энергии" учебник для высших учебных заведений. Ашхабадское издательство "Наука" в 2020 году.

УДК 620.92; 620.97; 620.4

А.Я. Джумаев

Государственный Энергетический Институт Туркменистана
Мары, Туркменистан

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОСНОВНЫХ БАЗОВЫХ БЛОКОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОЛНЕЧНОЙ СТАНЦИИ

Аннотация. В статье предлагается методика выбора основных базовых блоков фотоэлектрической солнечной станции (ФСС), которые используются при

проектировании типовых фотоэлектрических станций малой, средней и большой мощности, а также рассматриваются пилотные проекты ФСС с мощностью 1,5 МВт и 100 МВт.

A.Ya. Jumayev

State Energy Institute of Turkmenistan
Mary, Turkmenistan

METHOD OF SELECTING THE MAIN BASIC BLOCKS OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR STATION

***Abstract.** The article proposes a methodology for selecting the main basic blocks of a photovoltaic solar power plant (PVSP), which are used in the design of typical photovoltaic power plants of small, medium and large capacity, and also examines pilot projects of PVSP with a capacity of 1.5 MW and 100 MW.*

Туркменистан активно развивает сектор возобновляемой энергетики. В марте 2021 года вступил в силу Закон Туркменистана «О возобновляемых источниках энергии», в соответствии с которым разрабатываются инновационные проекты производства электроэнергии, в частности, с использованием альтернативных источников энергии – солнца и ветра. Примером тому является проект гибридной солнечно-ветровой электростанции мощностью 10 мегаватт, финансируемый Фондом развития Абу-Даби, строительство которого начато в 2023 году вблизи озера «Алтын Асыр».

Указом Президента Туркменистана от 24 сентября 2024 года была утверждена Стратегия развития сферы науки в Туркменистане на период с 2024 по 2052 годы, а также план мероприятий на 2024-2028 годы для реализации этой стратегии [1]. В рамках реализации Стратегии планируется проведение современных научных исследований, внедрение научных достижений в экономику и расширение взаимодействия между образованием, наукой и производством. В плане мероприятий на 2024-2028 годы намечены 33 проектов, в частности разработка пилотных проектов и внедрения солнечных и ветровых станций (зеленая водородная энергетика) для снабжения электрической энергией труднодоступные регионы Туркменистана.

Методика выбора основных базовых блоков ФСС подробно рассмотрена в статье [2]. При определении параметров ФСС должны выполняться следующие требования проектирования:

- Минимальное и максимальное рабочее напряжение на выходе ФСС должны находиться в рамках диапазона напряжения в точке максимальной мощности (ТММ) инвертора, в которых инвертор может нормально функционировать;

- Абсолютное максимальное напряжение ФСС должно оставаться ниже абсолютного максимального входного напряжения инвертора и максимального напряжения системы, определенного для выбранной солнечной панели;

- Максимальное и минимальное количество солнечных панелей в ряду (string) может быть рассчитано на основе этих требований проектирования. Максимальное количество солнечных панелей в ряду, $n_{\text{мак}}$ задается формулой:

$$n_{\text{мак}} = \frac{U_{\text{и.мак}}}{U_{\text{ФСС.мак}}} \quad (1)$$

где $U_{\text{и.мак}}$ – максимальное входное напряжение постоянного тока инвертора, В; а $U_{\text{ФСС.мак}}$ – абсолютное максимальное напряжение ФСС, т.е. напряжение холостого хода при самой низкой рабочей температуре поверхности солнечной панели, В.

Минимальное количество солнечных панелей в ряду, задается формулой:

$$n_{\text{min}} = \frac{U_{\text{и ТММ min}}}{U_{\text{ФСС ТММ min}}} \quad (2)$$

где $U_{\text{и ТММ min}}$ – минимальное напряжение инвертора в ТММ, В; и $U_{\text{ФСС ТММ min}}$ – минимальное напряжение солнечной панели в ТММ, В.

Абсолютное максимальное напряжение солнечной панели рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{ФСС макс}} = U_{\text{ххSTC}} + \frac{k_{\text{н}}}{100\%} \cdot U_{\text{ххSTC}} \cdot (T_{\text{ФСС раб}} - T_{\text{ФСС STC}}) \quad (3)$$

где $U_{\text{ххSTC}}$ – напряжение холостого хода солнечной панели при работе в условиях STC, В; $k_{\text{н}}$ – температурный коэффициент напряжения солнечной панели, $\%/^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{ФСС STC}}$ – температура солнечной панели при STC, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{ФСС раб}}$ – рабочая температура поверхности солнечной панели, $^{\circ}\text{C}$. Это уравнение также может быть использовано для нахождения максимального и минимального рабочего напряжения ФСС в ТММ путем замены $U_{\text{ххSTC}}$ на $U_{\text{ТММ STC}}$.

Рабочая температура поверхности солнечной панели $T_{\text{ФСС раб}}$ рассчитана при использовании номинальной рабочей температуры солнечной панели (Normal Operation Cell Temperature NOCT) по формуле:

$$T_{\text{ФСС раб}} = T_{\text{окр}} + (T_{\text{ном}} - 20^{\circ}\text{C}) \cdot \frac{E}{E_{\text{NOCT}}} \quad (4)$$

где $T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{ном}}$ – номинальная рабочая температура солнечной панели, $^{\circ}\text{C}$; E – является интенсивность солнечной радиации, $\text{Вт}/\text{м}^2$; E_{NOCT} – интенсивность солнечной радиации при NOCT, которая составляет $800 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Максимальный ток ФСС не должен превышать максимальный входной ток инвертора. Максимальное число рядов в ФСС, $n_{\text{ряд}}$, определяется максимальным входным током и может быть вычислено по формуле:

$$n_{\text{ряд}} \leq \frac{I_{\text{и макс}}}{I_{\text{ряд макс}}} \quad (5)$$

где $I_{\text{и макс}}$ – максимальный входной ток инвертора, А; $I_{\text{ряд макс}}$ – максимальный ток ряда, А. В большинстве случаев максимальным током ряда является ток короткого замыкания при STC [2].

Основные характеристики основного базового блока ФСС с мощностями 10 кВт, 100 кВт, 300 кВт, 5490 кВт приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1 - Основные характеристики основного базового блока ФСС 10 кВт

1	Мощность ФСС	10 кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля (S/P-250)	250 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	40
4	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	8
5	Количество рядов	5
6	Площадь фотоэлектрических модулей	66 м ²
7	Количество инверторов (10kW Pure sine wave inverter)	1
8	Номинальная мощность инвертора	10 кВт

Таблица 2. Основные характеристики основного базового блока ФСС 100 кВт

1	Мощность ФСС	100 кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля (TPSMGU(72DH) 400W)	400 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	250
4	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	15 – инвертор 1 10 – инвертор 2
5	Количество рядов	10 - инвертор 1 10- инвертор 2
6	Площадь фотоэлектрических модулей	500 м ²
7	Количество инверторов (SOFAR 50000TL 3 фазы)	2
8	Номинальная мощность инвертора	50 кВт

Таблица 3 - Основные характеристики основного базового блока ФСС 300 кВт

1	Мощность ФСС	300 кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля (SPR-415-WHT-D)	415 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	720
4	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	10
5	Количество рядов	72
6	Площадь фотоэлектрических модулей	1557 м ²
7	Количество инверторов (BOSSCH ВРІ-С300)	1
8	Номинальная мощность инвертора	300 кВт

Таблица 4 - Технические характеристики основного базового блока

1	Мощность ФСС	2745x2=5490 кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля (LRG-72HPH-380M)	380 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	7224x2=14448
4	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	28
5	Количество рядов	258x2=516
6	Площадь фотоэлектрических модулей	28578 м ²
7	Количество инверторов (Inverter IFXG-2750 (JEMA))	2
8	Номинальная мощность инвертора	2841 кВА

На базе выбранных основных базовых блоков представлен разработанный типовой проект солнечно-водородной системы энергоснабжения для использования в изолированных районах, в частности для населенных пунктов в регионах Туркменистана. Технические характеристики ФСС мощностью 1,5 МВт приведены в таблице 5. Разработанная система энергоснабжения состоит из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции установленной мощности 1,5 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 1 МВт и 2G генератора с мощностью. 115 кВт [3].

Таблица 5 - Технические характеристики ФСС мощностью 1,5 МВт

1	Мощность ФСС	1,5 МВт
2	Количество основных базовых блоков	5
3	Мощность основного базового блока ФСС	300 кВт
4	Мощность фотоэлектрического модуля	415 Вт
5	Количество фотоэлектрических модулей	3600
6	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	10
7	Количество рядов	360
8	Площадь фотоэлектрических модулей	7785 м ²
9	Количество инверторов	5
10	Выработка электроэнергии за год	2.006 · 10 ⁶ кВт·ч

Основные параметры разработанного пилотного проекта получения водорода на территории Туркменистана приведены в таблице 6. Электрическая энергия необходимая для производства «зеленого» водорода вырабатывается фотоэлектрической солнечной станцией. В работе выполнено моделирование объекта, состоящего из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции установленной мощностью 100 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды – установки обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки [4].

Таблица 6 - Технические характеристики ФСС мощностью 100 МВт

1	Мощность ФСС	100 МВт
2	Количество основных базовых блоков	18
3	Мощность основного базового блока ФСС	5490 кВт
4	Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
5	Количество фотоэлектрических модулей	260064
6	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	28
7	Количество рядов	9288
8	Площадь фотоэлектрических модулей	514406 м ²
9	Количество инверторов	36
10	Выработка электроэнергии за год	138,538 · 10 ⁶ кВт·ч

Список использованных источников

1. Türkmenistanda ylym ulgamyny ösdürmegiň 2024-2052-nji ýyllar üçin Strategiýasy. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2024-nji ýulyň 24-nji sentýabryndaky PP-449-njy Permany bilen tassyklandy.
2. Джумаев А. Я. Методика выбора оборудования фотоэлектрических солнечных станций для энергоснабжения удаленных населенных пунктов // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология, геология, химия, экология. 2023. № 2 (26). С. 70-78. <https://doi.org/10.34130/2306-6229-2023-2-70>
3. Какабаев А.С., Джумаев А.Я. Экономическая целесообразность производства «зеленого» водорода. Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2024 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 234 с.
4. Jumayev A. Pilot project on “green” hydrogen generation at the territory of Turkmenistan. Journal of Physics: Conference series. 2723(2024)012010.

УДК 674.8-035.38:620.95

Я.М. Доманчук, А.П. Шука

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В БИОЭНЕРГЕТИКЕ

Аннотация. В статье рассмотрена такая отрасль электроэнергетики, как биоэнергетика, приведены преимущества использования древесных отходов, возобновляемые источники электроэнергии Беларуси, а также используемое оборудование.

Y.M. Domanchuk, A.P. Shuka

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

THE USE OF WOOD WASTE IN BIOENERGY

Abstract. The article examines such a branch of the electric power industry as