

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Определено перспективное использование солнечной энергии в производстве водорода.

2. Разработан экспериментальный проект фотоэлектрической солнечной электростанции для разработки модели многосторонней солнечно-водородно-водяной системы.

3. Путем разработки модели многосторонней солнечно-водородно-водяной системы выявлена возможность обеспечения чистой электроэнергией, топливом и пресной водой небольших хозяйств вдали от центральной системы электроснабжения.

Л и т е р а т у р а

1. Джумаев, А. Научно-технический и методологический анализ ресурсов и развития солнечной энергетики в Туркменистане / А. Джумаев. – Ашхабад, 2016.
2. Эль-Шаттер, Тн. Ф. Проектирование и моделирование системы гибридных фотоэлектрических топливных элементов / Тн. Ф. Эль-Шаттер, М. Н. Эскандер, М. Т. Эль-Хагри // Возобновляемая энергия. – 2002. – № 27. – С. 479–485.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

П. Оразмаммедов

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Научный руководитель канд. техн. наук К. А. Сарыев

Климатические и географические условия Туркменистана позволяют внедрять возобновляемые источники энергии в энергосистему страны, это особенно поможет улучшить энергообеспечение сельского населения и территорий, удаленных от культурной зоны, и уменьшить выбросы парниковых газов.

Потенциал солнечной энергетики оценивается в $40 \cdot 10^9$ кДж или $1,4 \cdot 10^9$ у. т. в год. Средняя продолжительность солнечного излучения в Туркменистане составляет 2768–3081 ч в год. Возможности солнечной энергетики оцениваются в 1,4 млрд т у. т. в год. Продолжительность солнечного дня в июне – 16 ч, а в декабре – 8–10 ч. Использование солнечной энергии является одним из наиболее перспективных направлений с точки зрения ее использования. В Туркменистане около 300 солнечных дней в году. В самый солнечный месяц года – июль – количество солнечной энергии, падающей на 1 м^2 горизонтальной поверхности, колеблется от 6,4 до 7,5 кВт в сутки. В Туркменистане расчетным путем определено, что среднегодовая интенсивность солнечного излучения, падающего на солнечные панели, установленные под оптимальным углом относительно горизонтальной плоскости, колеблется от $1819,882 \text{ кВтч/м}^2$ в год (г. Балканабат) до $1897,407 \text{ кВтч/м}^2$ в год (г. Мары) [1]–[3]. Сегодня солнечная энергия широко используется для электроснабжения крупных городов, предприятий и объектов мелкого потребления вдали от центральной системы электроснабжения.

В результате исследования проведен сезонный анализ работы введенных в строй в Туркменистане газотурбинных электростанций и изучено влияние внешних погодных условий на энергетические параметры станции и выработку электроэнергии. В результате для экономии энергии и повышения энергоэффективности предлагается целесообразный проект комбинированной работы фотоэлектрических солнечных электростанций с газотурбинными электростанциями. В рамках экспериментального проекта было установлено, что в сезонном режиме работы газотурбинной электриче-

ской станции при полном потреблении природного газа для выработки электроэнергии станция не может вырабатывать электроэнергию на полную мощность (рис. 1). Из рис. 1 видно, что с повышением температуры окружающей среды понижается вырабатываемая мощность, данный график был получен с использованием симуляторной установки, установленной в Государственном энергетическом институте Туркменистана.

Характеристики газотурбинной установки, такие, как влажность воздуха, температура окружающей среды и давление природного газа являются важными показателями при изучении факторов.

Сезонные колебания этих параметров пагубно сказываются на работе установки, т. е. эксплуатация газотурбинной установки на полной мощности может привести к низкой производительности и преждевременному износу деталей.

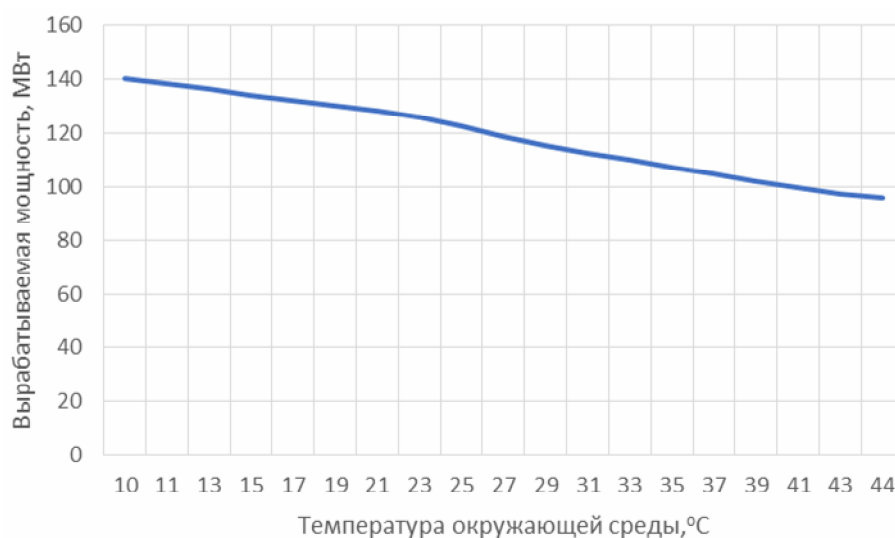


Рис. 1. График зависимости температуры окружающей среды от вырабатываемой мощности газотурбинной электростанцией мощностью 127,1 МВт

Нестабильное изменение климата оказывает непосредственное влияние на работу газотурбинных электростанций. В результате этого давление воздуха на входе в компрессор снижается на 10 %, что привело к снижению мощности газотурбинной электростанции на 10 %. Уровень водяных паров рабочих частиц в составе, т. е. влажность, оказывает меньшее влияние, чем влияние давления.

В условиях Туркменистана изменение температуры окружающего воздуха сильно колеблется: от -15 до $+55$ °C. Изменение температуры воздуха приводит к изменению его плотности, а также к увеличению количества потребляемого воздуха при работе газотурбинной электростанции.

Это, в свою очередь, приводит к изменению мощности газотурбинной электростанции и всех ее параметров.

Изменение температуры окружающего воздуха сравнивается с базовой характеристикой газотурбинной электростанции, полученной при $+15$ °C, которая используется для расчетов по международному (ISO) стандарту, оказывает большое влияние и приводит к изменению энергетических параметров станции. Например, изменение температуры окружающего воздуха с $+50$ до $+20$ °C может привести к увеличению мощности газотурбинной электростанции на 70 % и повышению коэффициента полезного действия установки на 20 %.

Согласно результатам исследования, планируется снижать мощность газотурбинной электростанции во все времена года, особенно в летний период, когда температура окружающего воздуха очень высока, одновременно обеспечивая потребителей электроэнергией фотоэлектрической солнечной электростанции.

Высокое солнечное излучение в нашей стране, особенно летом, приводит к выработке большого количества электроэнергии фотоэлектрическими солнечными установками и может компенсировать снижение мощности газотурбинной электростанции.

В ночное время суток, увеличив мощность газотурбинной электростанции, можно обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителей. Принятие такого решения связано со снижением температуры окружающего воздуха в ночное время, а это позволит решить вопросы снижения мощности и снижения потерь энергии при повышении температуры.

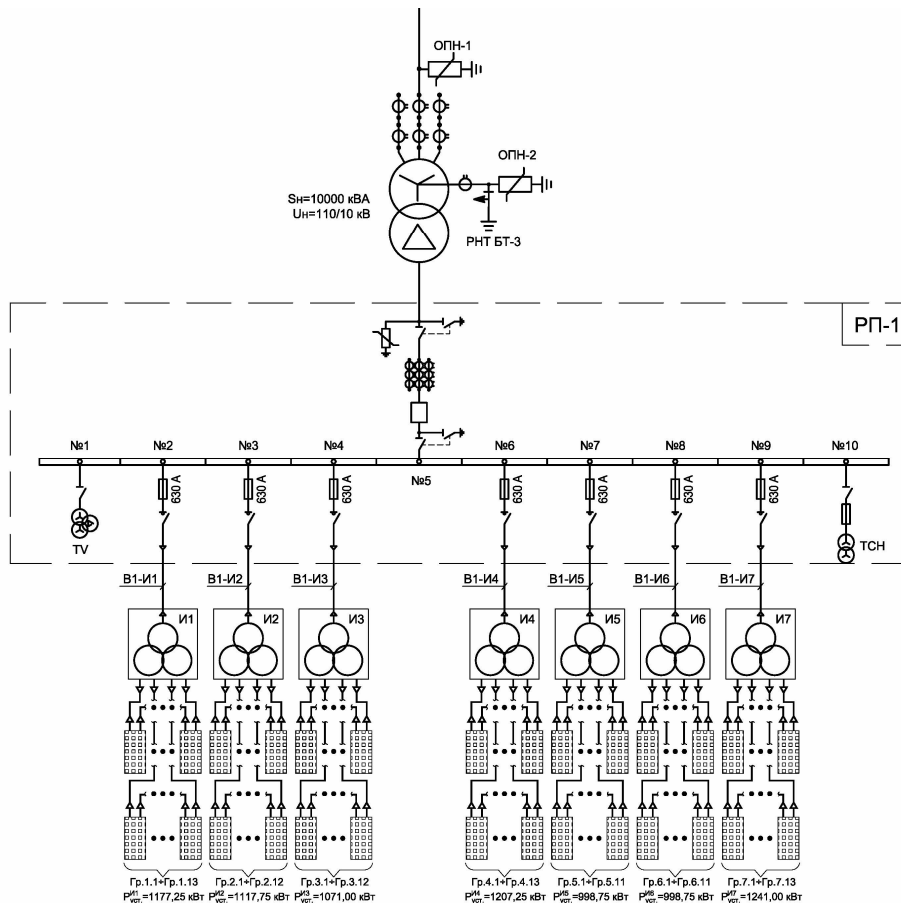


Рис. 2. Пример схемы подключения к подстанции 110 кВ мощностью 10 МВт

Комбинированная работа газотурбинной энергосистемы с солнечными фотоэлектрическими электростанциями позволит компенсировать потери напряжения в системе, повысить надежность системы, сэкономить природный газ и защитить окружающую среду от воздействия вредных газов.

На основании приведенного материала можно сделать следующие выводы:

1. Внедрение комбинированной системы позволит увеличить срок службы газотурбинных установок.

2. Разработан экспериментальный проект по использованию газовой турбины и фотоэлектрической солнечной станции в комбинированной системе.

3. Определена мощность, вырабатываемая фотоэлектрической солнечной электростанцией.

4. Переход в комбинированную систему позволит решить ряд вопросов, связанных с защитой окружающей среды (CO_2) от вредного воздействия.

Л и т е р а т у р а

1. Национальная стратегия развития возобновляемой энергетики в Туркменистане до 2030 года. – А. 2020.
2. Государственная программа энергосбережения на 2018–2024 годы. – А, 2018.
3. Джумаев, А. Отдельные виды возобновляемых источников энергии в Туркменистане / А. Джумаев. – Ашхабад : Наука, 2021. – (Научно-технические основы использования возобновляемых источников энергии в Туркменистане).
4. Солнечная энергетика : учеб. пособие для вузов / В. И. Виссарионов [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. – М. : МЭИ, 2008.
5. Автономные энергосистемы будущего : дис. ... канд. наук / О. Уллеберг ; Норвеж. ун-т. – 1998.

СПОСОБЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЯХ

Б. М. Бабаев

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях, передается потребителям с помощью высоковольтных линий электропередач (ЛЭП). Полная мощность, определяющая расчетные токи и напряжения сети, состоит из передаваемой в нагрузку активной и реактивной составляющих мощностей. Реактивная, в свою очередь, отрицательно влияет на режимы работы электрической сети и на показатели качества электроэнергии. В частности, реактивный ток дополнительно загружает высоковольтные линии и трансформаторы, приводит к увеличению потерь активной и реактивной мощности, влияет на уровень напряжения у потребителей.

На высоковольтных линиях электропередачи напряжением 500 кВ при работе генерируется емкостная мощность, причем на холостом ходу ее значение достигает максимального уровня (1 МВАр/км). Эта мощность приводит к дополнительным потерям в энергосистеме [1].

Таким образом, возникает необходимость в компенсации реактивной составляющей мощности с помощью компенсатора реактивной мощности.

Мировой опыт показывает, что на всех электроэнергетических системах для стабилизации напряжения, повышения устойчивости, оптимизации потокораспределения и снижения потерь используются следующие виды FACTS:

- 1) устройства продольной компенсации традиционного типа и регулируемые посредством тиристорных реакторных группы;
- 2) статические тиристорные компенсаторы;
- 3) вставки постоянного тока;
- 4) электромеханические преобразователи частоты на базе асинхронизированных синхронных машин;
- 5) управляемые реакторы и синхронные компенсаторы;
- 6) фазопоротные трансформаторы и т. д.

Целью научной работы является расчет разных режимов работы высоковольтной линии на примере Марийской ГЭС и подстанции «Сердар» Л-512 (рис. 1).