

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 ( $\text{CO}_2$ ) 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).

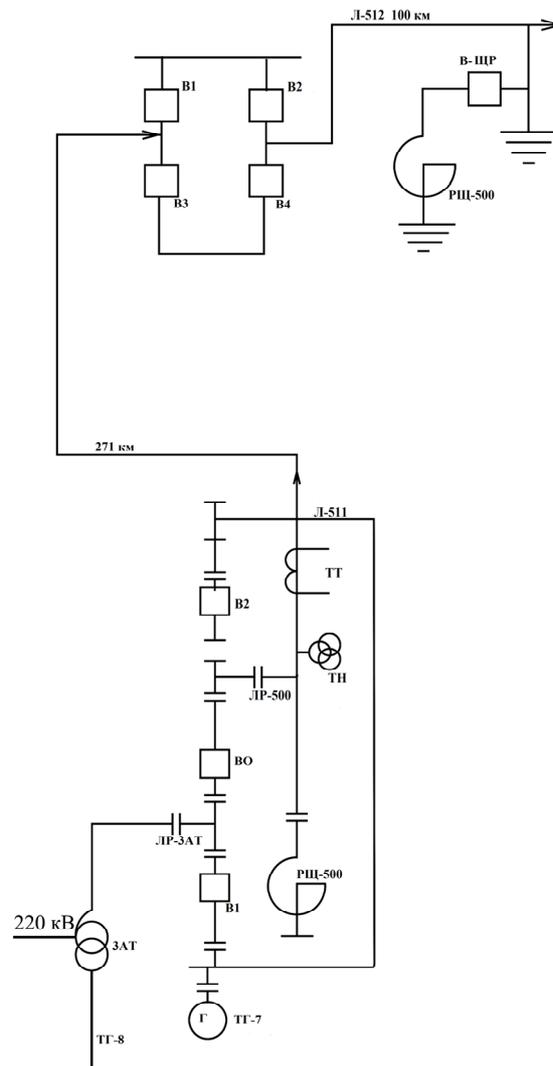


Рис. 1. Схема соединения Л-512 от Марийской ГЭС до подстанции «Сердар»

Многолетние наблюдения за нагрузкой показали круглогодичную работу линии с малой нагрузкой. В идеальном случае с точки зрения минимальных потерь электроэнергии в системе «электростанция – линия электропередачи – потребитель» необходимо создать такие условия, чтобы генераторы станции работали с номинальным  $\cos\varphi$ , переток дополнительной по линии реактивной мощности (РМ) отсутствовал, а потребители работали с  $\cos\varphi = 1$  без потребления РМ.

Длина линии Л-511 с напряжением 500 кВ составляет 271 км ( $\varphi = 180$ ). Для реальных нагрузок компенсированных ЛЭП до  $0,5P_{\text{нат}}$  коэффициент мощности  $\cos\varphi$  линий определяется величиной 0,99, что не соответствует номинальному  $\cos\varphi$  генераторов (0,85) [2].

Отрицательные последствия такого неоптимального режима ЛЭП:

- 1) дополнительные существенные потери электроэнергии;
- 2) увеличение РМ в балансе электрических сетей, требующее покрытия;
- 3) увеличение напряжения в электрических сетях, снижающее надежность работы оборудования.

Выход – увеличение станциями потребления РМ на своих шинах до нужного генераторам  $\cos\varphi$  путем установки на станции дополнительных шунтирующих реак-

торов (ШР) или компенсаторов. В такой концентрированной электрической сети регулирование напряжения осуществляется на генераторах станций [2], а нерегулируемые масляными ШР, которые, как правило, устанавливаются на ЛЭП и выполняют несколько функций (компенсация зарядной мощности незагруженных линий, снижение перенапряжений, гашение дуги в паузе однофазного автоматического повторного включения). Однако ограниченный коммутационный ресурс выключателей и большая мощность коммутируемой ступени снижают эффективность применения ШР при изменениях передаваемой мощности по ЛЭП.

Из полученных результатов и выводов следует, что из-за небаланса индуктивной и емкостной реактивной мощности целесообразно было бы использование управляемых шунтирующих реакторов уже начале и конце линии и в узле нагрузки.

В начале линии есть возможность использования двух видов источников реактивной мощности: управляемый трансформаторного вида и с тиристорным управлением (рис. 2).

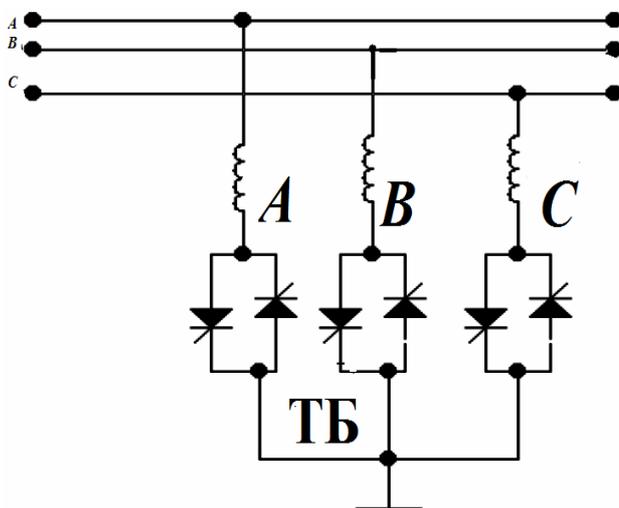


Рис. 2. Схема управления токов реактора

В первом случае необходимо полностью заменить нерегулируемый реактор на управляемый шунтирующий, что экономически невыгодно.

Во втором случае возможно использование уже существующего нерегулируемого реактора. Для этого в нейтрал реактора можно включить схему с тиристорным управлением токов. В этом случае необходимо изучить возможность появления высших гармонических составляющих, отрицательно влияющих на режимы работу системы.

#### Литература

1. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети / В. И. Идельчик. – М, 1989.
2. Иванов-Смоленский, А. В. Электрические машины / А. В. Иванов-Смоленский. – М. : МЭИ, 2006.