

УДК 621.31

С.С. СЕРГЕЕВ, студент гр. БИК2308 (МТУСИ)

Научный руководитель Е.А. ОВСЯННИКОВА, старший преподаватель  
(МТУСИ)  
г. Москва

## ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Передача и распределение электроэнергии осуществляется электрической сетью, которая должна проектироваться и эксплуатироваться таким образом, чтобы обеспечивать её стабильность и работоспособность во всех возможных режимах: нормальных, ремонтных, послеаварийных, а её параметры должны лежать в допустимых пределах.

Электрические сети делятся по:

- величине номинального напряжения (до 1 кВт и выше 1 кВт);
  - размерам охватываемой территории (местные, районные, региональные);
  - иерархическому признаку;
- Способы передачи электроэнергии:
- воздушные линии электропередач (крепление проводов воздушных линий на опорах);
  - кабельные линии (кабели укладываются в почву, и линия электропередач проходит под землей).

Линии передачи электроэнергии так же можно классифицировать и по другим признакам:

1. По величине напряжения линии подразделяются на:

- низковольтные (величина напряжения не более 1000 В);
- средние (величина напряжения от 1000 до 35000 В);
- высоковольтные (величина напряжения от 110000 до 220000 В);
- сверхвысоковольтные (330 – 750 кВ);
- ультравысоковольтные (>750 кВ).

2. Линии электропередачи подразделяются по типу тока:

- линии постоянного тока;
- переменного тока [1].

Основной проблемой передачи электрической энергии являются потери. При передаче электрической энергии на большие расстояния возникают потери, т.к. часть энергии из-за омического сопротивления переходит в тепловую и "уходит в никуда". Для решения данной проблемы используются следующие способы: уменьшение сопротивления линий энергопередач или увеличение напряжения. Оба варианта исходят из формулы (1):

$$Q = I^2 R t = \frac{P^2}{U^2} R t, (1)$$

где  $Q$  – тепло, теряющееся в линии передачи электрической энергии;  $I$  – ток в линии передачи электрической энергии;  $R$  – активное сопротивление линии;  $P$  – мощность нагрузки;  $U$  – напряжение в линии передачи электрической энергии;  $t$  – время.

Но у каждого из вариантов есть свои недостатки. Так, чтобы уменьшить сопротивление линии надо либо увеличить сечение, либо уменьшить их сопротивление, что может привести к неоправданному повышению стоимости всей линии. Увеличение напряжения приводит к ограничению возможности изоляции воздуха для линии.

Распределение электроэнергии является последним этапом в процессе передачи энергии от электростанции к потребителю. Данный процесс состоит из нескольких этапов. На первом этапе электроэнергия поступает на первичные подстанции, где высоковольтное напряжение преобразуется в среднее. На следующем этапе электроэнергия попадает на вторичные подстанции, где напряжение преобразуется в более низкое, которое требуется для работы различных электроприборов. При распределении электрической энергии основной проблемой является поддержание стабильности передачи [2].

Вот некоторые причины, которые могут привести к нарушению стабильности передачи:

- перегруженность линии;
- короткое замыкание;
- удар молнии;
- одключённые к линии приборы, с большим энергопотреблением;
- обрыв линии передачи электрической энергии;
- выход из строя оборудования подстанции;
- некачественная проводка.

Для того чтобы поддерживать стабильность передачи электроэнергии, применяют сетевые фильтры, генераторы переменного тока, различные стабилизаторы, а также источники бесперебойного питания [4].

Потребляемая электрическая энергия (по ГОСТ 32144–2013 [3] в точке передачи ЭЭ; по договору [3] в точке поставки ЭЭ – место на границе балансовой принадлежности электросетевого оборудования системы ЦЭС) оплачивается потребителями электрической энергии и должна соответствовать нормативным показателям надежности и качества ЭЭ. Так, например, отклонения напряжения не должны превышать  $\pm 10\%$  от номинального, – частоты  $\pm 0,2$  Гц, в договоре могут быть указаны и другие показатели качества, определенные этим ГОСТом.

На рисунке 1 представлена функциональная схема потребления электрической энергии.

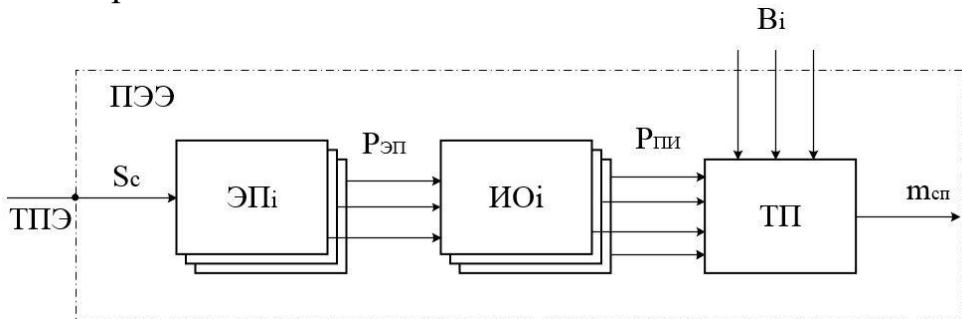


Рис. 1. Функциональная схема потребителя электрической энергии

Электроприемники ПЭЭ из сети получают полную мощность, которая рассчитывается по формуле 2.

$$S_C = U I = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}, \quad (2)$$

где  $U$  – напряжение электрической однофазной сети,  $B$ ;  $I$  – ток потребляемый ЭП из электрической сети, А;  $P_C$  – активная мощность, потребляемая ЭП из электрической сети, кВт;  $Q_C$  – реактивная мощность ЭП (электрической сети), кВАр.

Для того, чтобы передача энергии по электрическим сетям была энергоэффективной, и снизить количество потери энергии при передаче ее на расстояния, необходимо компенсировать реактивную мощность.

Устройства, предназначенные для компенсации реактивной мощности, необходимо выбирать таким образом, чтобы обеспечить нормируемую пропускную способность сетей, как при нормальных режимах работы, так и при возникновении аварийных ситуаций. В сетях необходимо поддерживать такие важные параметры, как необходимый уровень напряжения и запас устойчивости нагрузок потребителей.

При недостаточной компенсации реактивной мощности, в сетях будет увеличиваться реактивная составляющая. Данный процесс приведет к увеличению потерь, снижению. Напряжения и понижению устойчивости данной энергосистемы.

На сегодняшний момент это является основным элементом, способным обеспечить надежность и энергоэффективность при использовании энергостистем.

Решив данный вопрос, в электрических сетях возможно добиться стабилизации напряжения и снижения потерь энергии.

При возникновении нестабильного напряжения в сети происходит снижение энергоэффективности использования энергосистемы, повышение потерь энергии, скорейший износ защитной и коммутационной аппаратуры и возникает наибольшая вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Применение современных технологий, например «умный дом» и других систем, на работу которых в значительной степени влияют перепады напряжения, невозможны без решения данного вопроса по компенсации реактивной мощности.

Использование индуктивно-емкостных устройств позволит решить данный вопрос и увеличить энергоэффективность электрических сетей.

На данный момент наибольшее распространение получили данные типы таких устройств:

- индуктивно-емкостные группы дискретно регулируемые;
- индуктивно-емкостные группы плавно регулируемые;
- нерегулируемые.

В результате анализа применения данных типов устройств в сети напряжение становится стабильным и соответственно нет угрозы возникновения аварийных ситуаций. Напряжение возможно стабилизировать в пределах нескольких процентов от заданного. При всех возможных режимах работы, в том числе и послеаварийных.

Для эффективности применения новейших разработок науки и технологий, необходимо применять это на практике при обучении молодых специалистов [5].

Использование современных проводниковых и изоляционных материалов при выполнении линий электропередач является перспективным и способствует повышению энергосбережения при передачи электрической энергии на расстояния [6].

#### Список литературы:

1. Герасименко, А. А./Электроэнергетические системы и сети. Версия 1 [Электронный ресурс]: конспект лекций / А. А. Герасименко, Е. С. Кинев, Т. М. Чупак. – Электрон. дан. (7 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2008
2. Костин, В.Н. Передача и распределение электроэнергии Е. В. Распопов, Е. А. Родченко /: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003 – 147 с.
3. ГОСТ 32144–2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Дата введения 01.07.2014.

4. Шлепина, Д. М. Анализ конструкций электрофильтров для сельскохозяйственных помещений / Д. М. Шлепина//Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть I. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 134-138.

5. Трушина, Л. Н. Применение передовых технологий обучения при подготовке агроинженеров/ Л. Н. Трушина, Е. А. Овсянникова, Е. С. Шнорас // Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе: Сборник международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию члена-корреспондента РАСХН, Заслуженного деятеля науки РСФСР и РД, профессора М.М. Джамбулатова, Махачкала, 17 марта 2021 года. Том III. – Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, 2021. – С. 119-126.

6. Овсянникова, Е. А. Современные электроизоляционные материалы / Е. А. Овсянникова, В. В. Дубов, И. А. Сосенков // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых : Материалы 48-ой научно-практической конференции студентов и молодых учёных, Тверь, 17–19 марта 2020 года. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С.

**Информация об авторах:**

Сергеев Сергей Сергеевич, студент гр. БИК2308, МТУСИ, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 8а, s.s.sergeev@edu.mtuci.ru

Овсянникова Елена Александровна, старший преподаватель, МТУСИ, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 8а, energo-ovs@mail.ru