

**Тарасов Алексей Сергеевич**

руководитель проекта

АО «Научно-исследовательский центр электронной  
вычислительной техники»

г. Москва

## **ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

*Аннотация: статья посвящена проблеме компенсации реактивной мощности в сети и подходы к решению задач компенсации потерь электрической энергии в сети. Отмечается, что современные компенсирующие устройства открывают новые возможности по повышению надежности и качества электроснабжения.*

*Ключевые слова:* электроэнергия, реактивная мощность, компенсация реактивной мощности, устройство компенсации, тиристорный статический компенсатор.

Современное постоянно увеличивающееся электропотребление требует рационального подхода к выработке и потреблению электроэнергии как на каждом отдельном участке электросети, так и в объединенной энергосети в целом.

Для рационального подхода использования электроэнергии необходимо обеспечить наиболее экономичные способы на всех этапах ее технологического цикла: генерации, передачи, распределения и потребления.

Поэтому для решения данной задачи требуется исключить из электрических сетей факторы, приводящие к возникновению потерь. Основной проблемой является компенсация реактивной мощности.

Проблема компенсации реактивной мощности возникла одновременно с практическим использованием переменного тока, поскольку передача необходимой для работы электроустановок реактивной мощности является одной из основных составляющих технологических потерь электроэнергии в сетях электроснабжения. Значительная часть потерь активной энергии обусловлена сетевыми

перетоками реактивной мощности, а их снижения можно достичнуть за счет увеличения степени компенсации реактивной мощности [1].

Компенсация реактивной мощности также влияет на устойчивость системы, а следовательно, и ее надежность. Эффективная и надежная работа схем электроснабжения энергоемких предприятий будет обеспечена в случае системного решения комплекса задач как организационного, так и технического уровня, направленного на снижение эквивалентных среднегодовых расходов с учетом всех возможных режимов работы сети [2].

Задача рациональной компенсации реактивной мощности (КРМ) заключается в расчете и выборе средств компенсации (компенсирующих устройств), оптимальном распределении их в сетях промышленных предприятий и загрузке их по реактивной мощности (автоматическое регулирование режимов работы компенсирующих устройств, КУ), чтобы удовлетворялся минимум целевой функции приведенных затрат на установку, генерацию и передачу реактивной мощности при ограничениях по балансу реактивной мощности и напряжению [2].

Выбор рациональной компенсации реактивной мощности приводит к снижению потерь мощности, к обеспечению надлежащего качества потребляемой электроэнергии за счет регулирования и стабилизации уровня напряжений в электросетях, достижению высоких технико-экономических показателей работы электроустановок [3].

Загрузка системы электроснабжения определяется полной мощностью, активная составляющая которой является полезно потребленной и обратно к источнику питания не возвращается. Реактивная составляющая необходима для создания магнитных и электрических полей в элементах электрической сети [4].

Основным показателем устойчивости и качества работы любой энергосистемы является соблюдение баланса активной и реактивной мощности в ней:

$$\sum S_i = 0;$$

Или:

$$\sum P_i = 0; \sum Q_i = 0,$$

2 <https://interactive-plus.ru>

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

где  $S_i$  – суммарная мощность каждого элемента сети,  $P_i$  – активная мощность каждого элемента сети, а  $Q_i$  – реактивная мощность каждого элемента сети.

Таким образом для устойчивости энергосистемы необходимо равенство вырабатываемой и потребленной электрической мощности

Нарушение баланса реактивной мощности приведет к изменению уровня напряжения в сети. Если генерируемая реактивная мощность больше потребляемой, то напряжение повышается, а при дефиците реактивной мощности – снижается. Однако в отличие от активной недостающую реактивную мощность целесообразно не передавать из соседних энергосистем, а генерировать с помощью устройств компенсации, установленных непосредственно в данной энергосистеме [1].

Также, нужно учитывать то что ряд исследований говорит нам о том, что без устройств компенсации, устанавливаемых в сетях энергосистем, режим баланса реактивной мощности при допустимых уровнях напряжений в узлах нагрузки неосуществим [5].

Известно, что большинство электроприемников, а также устройств преобразования электроэнергии в силу своих физических свойств требуют для работы реактивной энергии (необходимой для создания переменного электромагнитного поля).

Несмотря на то, что на выработку реактивной мощности активная мощность, а следовательно и топливо, непосредственно не расходуется, ее передача по сети вызывает затраты активной энергии, которые покрываются активной энергией генераторов (за счет дополнительного расхода топлива) [1].

Величина этих потерь определяется следующим выражением:

$$W_{TP} = \frac{Q^2}{U^2} R \tau,$$

где  $W_{TP}$  – потери мощности,

$Q$  – реактивная мощность;

$U$  – напряжение сети;

$R$  – активная мощность;

$\tau$  – временная характеристика графика передачи реактивной мощности.

Согласно [1] передача реактивной мощности не выгодна по следующим причинам:

- возникают дополнительные потери активной мощности во всех элементах системы электроснабжения, обусловленные загрузкой их реактивной мощностью;
- возникают дополнительные потери реактивной мощности: передача реактивной мощности потребителю сопровождается ее дополнительными потерями в линии.
- возникают дополнительные потери напряжения, которые в линии зависят не только от значения передаваемой активной мощности, но и от значений передаваемой реактивной мощности и реактивного сопротивления линии;
- загрузка реактивной мощностью линий электропередачи и трансформаторов уменьшает пропускную способность сетей электроснабжения, что в ряде случаев не позволяет использовать полную установленную мощность электрооборудования;
- загрузка реактивной мощностью трансформаторов снижает их коэффициент полезного действия;
- недоиспользование полезной мощности генераторов электростанций и увеличение удельного расхода топлива.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод что компенсация реактивной мощности одна из приоритетных задач требующего комплексного технического и экономического подходов.

Компенсация реактивной мощности применяется для нескольких целей. Во-первых, она необходима для соблюдения условия баланса реактивной мощности узлов нагрузки. Во-вторых, устройства компенсации реактивной мощности применяются с целью снижения потерь. В-третьих, устройства компенсации могут быть использованы при регулировке напряжения и улучшения норм качества электроэнергии [6].

Для приведения коэффициента мощности к значению близкому к единице технически используется применение компенсирующих устройств.

Во всех случаях при применении компенсирующих устройств необходимо учитывать ограничения по следующим техническим и режимным требованиям [6]:

- 1) необходимому резерву мощности в узлах нагрузки;
- 2) располагаемой реактивной мощности на шинах ее источника;
- 3) отклонениям напряжения;
- 4) пропускной способности электрических сетей.

В зависимости от места расположения компенсирующего устройства в энергосети выделяют: индивидуальные, групповые и централизованные компенсаторы.

Индивидуальные компенсаторы – устройства, работающие непосредственно с приемником, потребляющим из питающей сети реактивную мощность. При полной компенсации приемник и устройство компенсации представляют для питающей сети устройства, потребляющие только активную мощность. Однако при выключенном потребителе компенсирующие устройства также не используются, что является главным недостатком индивидуальной компенсации. Такой вид компенсации лучше всего применять для компенсации мощности искажения приемников с нелинейными характеристиками [6].

Групповая и централизованная компенсация позволяет использовать устройства независимо от работы отдельных потребителей. Для реализации компенсации этого вида требуется дополнительная аппаратура -коммутационная и защитная; кроме того, компенсирующие устройства должны обеспечивать достаточный диапазон регулирования потребляемой мощности. Диапазон изменения мощности, потребляемой компенсирующими устройствами, должен быть определен на основе анализа суточной потребности в реактивной мощности для данной группы потребителей [6].

В большинстве случаев, для группы потребителей характерно частое изменение нагрузки, что требует применения компенсирующих устройств с автоматическим регулированием мощности, отдаваемой компенсатором.

При наличии быстрых и резко переменных нагрузок становится перспективным применение статических компенсаторов реактивной мощности, обеспечивающих возможность безынерционного регулирования реактивной мощности.

Статические компенсаторы реактивной мощности являются перспективным средством рациональной компенсации реактивной мощности в силу присущих им положительных свойств, таких, как быстродействующее регулирование, подавление колебаний напряжения, симметрирование нагрузок, отсутствие вращающихся частей, плавность регулирования реактивной мощности, выдаваемой в сеть [6].

Таким образом, вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы.

1. При работе энергосети необходим контроль за компенсацией реактивной мощности, во избежание экономически неэффективной генерации обусловленной потерями во всех элементах сети;

2. Современные компенсирующие устройства такие как, тиристорные статические компенсаторы, открывают новые возможности по повышению надежности и качества электроснабжения.

### ***Список литературы***

1. Жирнов Н.А. Определение системы компенсации реактивной мощности / Н.А. Жирнов // Известия ТулГУ. – 2011. – №6. – С. 236–241.
2. Мясоедов Ю.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения с распределенной генерацией: учебное пособие / Ю.В. Мясоедов. – Благовещенск: АмГУ, 2013. – 117 с.
3. Терованесов М.Р. Вопросы компенсации реактивной мощности / М.Р. Терованесов, Е.А. Литвинова, С.В. Таранов // Автоматика, телемеханика, связь: сборник научных трудов. – 2017. – №47. – С. 4–10.
4. Солонина Н.Н. Новые технологии компенсации реактивной мощности / Н.Н. Солонина // Вестник ИрГТУ. – 2016. – Т. 112. №5. – С. 135–143. DOI 10.21285/1814-3520-2016-5-135-143. EDN VXPECT
5. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. – М.: НЦ ЭНАС, 2002. – 280с.
6. Ершов С.В. Разработка систем компенсации реактивной мощности в условиях городских электрических сетей / С.В. Ершов, И.В. Савицкий // Известия ТулГУ. – 2012. – №12. – С. 37–42.