

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОНОМИЧНОГО И НАДЁЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Коновалов М.А.

Научный руководитель – профессор Крюков А.В.

Иркутский государственный университет путей сообщения

Проблема компенсации реактивной мощности (КРМ) всегда занимала важное место в общем комплексе вопросов повышения эффективности передачи, распределения и потребления электрической энергии. Правильное решение таких задач в значительной мере предопределяет экономию денежных и материальных ресурсов, повышение качества электроснабжения.

Основной нагрузкой в промышленных электросетях являются асинхронные электродвигатели и распределительные трансформаторы. Эта индуктивная нагрузка в процессе работы является источником реактивной электроэнергии, которая совершает колебательные движения между нагрузкой и источником, не связана с выполнением полезной работы, а расходуется на создание электромагнитных полей и создает дополнительную нагрузку на силовые линии питания.

Реактивная мощность (РМ) в индуктивных элементах характеризуется отставанием по фазе тока от напряжения. Ранее показателем потребления РМ являлся коэффициент мощности, численно равный косинусу угла между током и напряжением ($\cos\varphi$). В настоящее время на основании Приказа Министерства Промышленности и Энергетики РФ от 22 февраля 2007 г. № 49 динамику изменения реального значения РМ принято определять коэффициентом РМ, численно равного тангенсу угла между током и напряжением ($\tan\varphi$).

Наличие РМ является паразитным фактором, неблагоприятным для сети в целом. В результате этого:

- возникают дополнительные потери в проводниках вследствие увеличения тока;
- снижается пропускная способность распределительной сети;
- отклоняется напряжение сети от номинала (падение напряжения из-за увеличения реактивной составляющей тока питающей сети).

Эти факторы являются основной причиной того, что генерирующие компании требуют от потребителей снижения доли РМ в сети.

Решением данной проблемы является КРМ – важное и необходимое условие экономичного и надежного функционирования системы электроснабжения. Эту функцию выполняют устройства КРМ.

Правильная КРМ позволяет:

- снизить общие расходы на электроэнергию;
- уменьшить нагрузку элементов распределительной сети (подводящих линий, трансформаторов и распределительных устройств), тем самым продлевая их срок службы;
- снизить тепловые потери тока;
- снизить влияние высших гармоник;
- подавить сетевые помехи, снизить несимметрию фаз;
- добиться большей надежности и экономичности распределительных сетей.

Кроме того, в существующих сетях установки КРМ позволяют:

- исключить генерацию реактивной энергии в сеть в часы минимальной нагрузки;
- снизить расходы на ремонт и обновление парка электрооборудования;
- увеличить пропускную способность системы электроснабжения потребителя, что позволит подключить дополнительные нагрузки без увеличения стоимости сетей;
- во вновь создаваемых сетях уменьшить мощность подстанций и сечения кабельных линий, что снизит их стоимость.

Потребителями РМ являются электроприёмники, работа которых связана с образованием магнитных полей. К основным из них относятся:

1) Трансформатор – это одним из основных звеньев в передаче электроэнергии от источника до потребителя. РМ потребляемая трансформатором необходима для создания переменного магнитного потока, при помощи которого энергия из одной обмотки трансформатора передаётся в другую. В трансформаторе потери РМ составляют 10 – 12 % передаваемой полной мощности. При передаче электроэнергии от источника до потребителя происходит от двух до шести трансформаций, и потому эти потери могут достигать приблизительно 30 – 50 % полной мощности потребителей.

2) Асинхронный двигатель – по принципу действия подобен трансформатору, т.е. энергия первичной обмотки двигателя – статора передаётся во вторичную – ротор посредством магнитного поля. РМ намагничивания двигателя, которая не зависит от нагрузки, по сравнению с трансформатором является определяющей и составляет 60 – 80 % полной.

3) Индукционные печи ($f = 50$ Гц) для плавки металлов представляют собой мощные, но не совершенные трансформаторы, вторичной обмоткой которых является металл, расплавляемый индуктированными в нём токами. Магнитопровод в силу своих конструктивных особенностей (большие воздушные зазоры в магнитопроводе, неполное потокосцепление первичной обмотки) требует повышенной намагничивающей силы и создаёт большие потоки рассеяния, следствием чего является повышенное потребление РМ.

4) Преобразовательные установки. Выпрямительные установки нашли широкое применение в промышленности и на транспорте. Процесс выпрямления всегда сопровождается генерацией высших гармоник переменного тока. Поэтому первичный ток нагрузки трансформатора обычно отличается от синусоиды. Ток основной частоты будет отставать от напряжения на угол φ , который зависит от угла регулирования и угла коммутации, и, следовательно, выпрямительная часть преобразовательной установки будет потреблять реактивную мощность.

5) Линии электропередачи (ЛЭП). Вокруг каждого проводника, по которому течет ток, возникает магнитное поле и, следовательно, потребляется реактивная мощность. Для длинных воздушных линий, а также для протяженных кабельных превалирует емкостная составляющая реактивного сопротивления линии, вследствие чего длинные воздушные линии высокого напряжения рассматриваются как источники отрицательной РМ.

Генераторы электростанций не могут обеспечить всей потребности в реактивной мощности. Потому в энергосистемах обширно используются компенсирующие устройства. К ним относятся:

1) Конденсаторные батареи (КБ). Устанавливаются в узлах нагрузки, где они позволяют разгрузить электрические сети от передачи по ним реактивной мощности;

2) Синхронные компенсаторы (СК) – синхронные машины, работающие без перегрузки на валу, т.е. в режиме холостого хода. СК устанавливаются на районных подстанциях, где график нагрузки изменяется в широких пределах, в связи с чем

значительно меняется баланс реактивной мощности. СК может быть обеспечен устройством автоматического регулирования возбуждения, и при понижении напряжения он автоматом будет увеличивать выработку РМ, тем самым стабилизируя напряжение;

3) Статические тиристорные компенсаторы (СТК) состоят из параллельно включенных управляемых реакторов и КБ, которые подключаются к сети высокого напряжения через трансформатор. Для регулирования РМ используются тиристоры. Такое сочетание реакторов и КБ позволяет применять СТК как для генерации (при преобладании емкостного элемента), так и для потребления РМ (при преобладании индуктивного элемента). СТК устанавливаются на промежуточных и конечных подстанциях, также в больших узлах нагрузки для стабилизации режима;

4) Шунтирующие реакторы (ШР) используются для потребления излишней РМ в энергосистемах и стабилизации напряжения. Устанавливаются на конечных и промежуточных подстанциях;

5) Современные способы КРМ – FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systemes – гибкие управляемые системы электропередачи переменного тока) – это электропередачи переменного тока, оснащенные устройствами силовой электроники. Наиболее распространенными являются:

- тиристорно-управляемые устройства продольной компенсации (ТУПК);
- управляемые источники РМ (поперечные элементы);
- фазорегулирующие трансформаторы;
- сложные контроллеры, сочетающие в себе функции нескольких элементов (универсальный регулятор потоков мощности);
- статические компенсаторы, выполненные на базе преобразователя напряжения и комплектуемые из полностью управляемых вентилей (ПУВ) – носят название – СТАТКОМ. Основные их преимущества: компактность, порождают меньшие гармоники в токах и напряжениях, снижают вероятность возникновения резонансных явлений.

В России устройства FACTS еще не получили широкого распространения, но уже разработана и одобрена программа "Создание в ЕЭС России FACTS".

При росте грузонапряженности железнодорожного транспорта с пропуском тяжёловесных поездов, а также при организации скоростного движения на электрифицированных участках железных дорог необходимо решать вопросы усиления и совершенствования системы тягового электроснабжения с целью повышения уровня напряжения в контактной сети при максимальных тяговых нагрузках. Одним из решений таких вопросов является применение устройств продольной емкостной (УПК) и поперечной (КУ) компенсаций на тяговых подстанциях. Емкостное сопротивление УПК компенсирует индуктивное сопротивление сети и, следовательно, уменьшаются потери напряжения в сети и симметрируются токи и напряжения на тяговом трансформаторе. КУ компенсирует реактивную индуктивную мощность тяговой нагрузки, снижает потери мощности в контактной сети и тяговом трансформаторе, а также повышает качество электроэнергии, согласно ГОСТ 13109-97.