

6 КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

6.1 Понятие реактивной мощности

Активная мощность отдаваемая в сеть источником тока определяется

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot S \cdot \cos \varphi \quad (6.1)$$

Угол φ между векторами тока и напряжения определяет степень использования мощности источника тока. Полная мощность связана соотношениями с активной и реактивной мощностями

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (6.2)$$

Если снизить реактивную мощность потребляемую приемниками, можно уменьшить установленную мощность трансформаторов и генераторов, увеличить пропускную способность линий, не увеличивая сечения проводников, снизить потери мощности.

Основными приемниками реактивной мощности является двигательная нагрузка, до 65-70%, трансформаторы 20-25%, около 10% ВЛ и другие приемники.

На диаграмме рисунка 6.1 показано как влияет компенсация реактивной мощности на увеличение коэффициента мощности.

Коэффициент использования мощности до компенсации с углом φ_1 , с применением компенсирующего устройства увеличился, снизив тем самым, угол сдвига до φ_2 . При этом передаваемая мощность не изменилась.

В каждый момент времени коэффициент мощности определяется соотношением

$$\cos \varphi_i = \frac{P_i}{S_i} = \frac{P_i}{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}} \quad (6.3)$$

Значения наибольших суммарных мощностей сообщаются в энергосистему, для определения экономически оптимальной реактивной мощности. Это входная мощность, которая может быть передана энергосистемой в период наибольших и наименьших нагрузок $Q_{Э1}$, $Q_{Э2}$. Мощность $Q_{Э1}$ – суммарная мощность предприятия, $Q_{Э2}$ – регулируемая часть мощности.

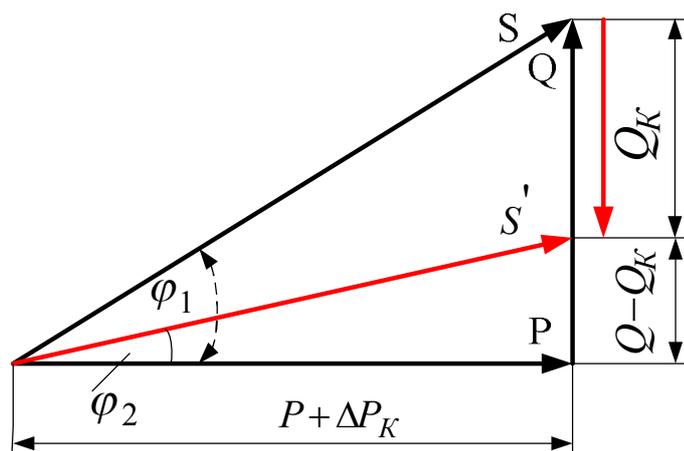


Рисунок 6.1 – Диаграмма компенсации реактивной мощности

6.2 Способы компенсации реактивной мощности

Способы компенсации разделяются на требующие и не требующие компенсации.

В первую очередь следует эффективно использовать способы не требующие специальных мер и средств. Их относят к мероприятиям не требующим специальной компенсации всегда целесообразны и к ним относятся:

- организация и упорядочение технологического процесса;
- использование синхронных двигателей (СД) во все возможных случаях;
- выбор мощности трансформаторов и двигателей с оптимальной нагрузкой;
- ограничение холостого хода приемников асинхронных двигателей (АД) и трансформаторов;
- замена или отключение малонагруженных трансформаторов.

Электрические сети по средствам компенсации условно делятся на сети общего назначения и сети со специфическими нагрузками. К специфическим нагрузкам относятся ЭП с резкопеременным графиком нагрузки, с нелинейными ВАХ. Примеры такой нагрузки – дуговые сталеплавильные печи, преобразовательные агрегаты, сварочное оборудование, оборудование работающее в импульсном режиме.

6.3 Обоснование необходимости компенсации реактивной мощности

В последние годы остро стоит вопрос эффективного использования электроэнергии имеющихся источников. Ввод новых мощностей, расширение

инфраструктуры городов способствует дефициту электроэнергии. Применение компенсирующих устройств частично решает эту проблему. Если ранее было принято применять компенсацию только на промышленных объектах, то в настоящее время она внедряется и в питающих районных сетях. Примером служит применение ИРМ значительной мощности в сетях Западной Сибири. При значительных мощностях электрических систем требуются значительные мощности компенсирующих устройств. Если учесть значительные перетоки мощностей по таким системам, меняющиеся нагрузочные режимы то требуются и значительные регулируемые мощности компенсирующих устройств. В энергоёмких регионах мира нарастает и приобретает всё большую остроту проблема устойчивой и надежной передачи электроэнергии с заданными параметрами качества, и в первую очередь с требуемой стабильностью напряжений сети 110 кВ и выше. Нестабильность напряжения сети – это не только угроза возникновения системных аварий. Это ещё и ограничение пропускной способности, повышенные потери электроэнергии, ускоренный износ коммутационного оборудования.

В значительной степени проблема обусловлена хроническим и постоянно нарастающим дефицитом управляемых высоковольтных устройств стабилизации напряжения (FACTS-технология). В итоге, уже сейчас в ряде важнейших регионов России наступил дефицит электроэнергии не из-за недостатка генерирующих мощностей, а из-за проблемы её транзита от генерации к потребителю.

Для сохранения устойчивости режимов в узлах питания переменному графику передачи активной мощности (P_{var}) должна соответствовать постоянная подстройка баланса реактивной мощности, поэтому на ПС устанавливаются ШР, СК, УШР, СТК, СТАТКОНЫ и прочие ИРМ.

Из материалов международной научно-технической конференции 2009г. проведенной на базе ВКГТУ следует необходимость внедрения технических мероприятий по компенсации реактивной мощности. Представителем МЭИ (ТУ) и ООО ЭСКО приведены интересные данные по сибирскому региону.

Компенсация реактивной мощности и стабилизация напряжения в электрических сетях ОАО «Тюменьэнерго», питающих предприятия нефтегазового комплекса» в 2008г. после внедрения ИРМ-110/50/25 позволила:

- снизить колебания напряжения в течение суток в 8,7 раза.
- снизить загрузку автотрансформаторов на ПС «Кирилловская» по полному току на 3,2%, по реактивной мощности на 9,2%
- снизить загрузку автотрансформаторов на ПС «Прогресс» по полному току на 2,2%, по реактивной мощности 20 %.

- дооснащение сети плавно управляемыми устройствами компенсации реактивной мощности, в первую очередь подстанций 110 кВ с токами $I_{к.з} \leq 5$ кА позволяет автоматизировать процесс стабилизации напряжения в узлах нагрузки по заданной уставке в нормальных ремонтных и послеаварийных режимах (технология FACTS).

Реализация мероприятий по стабилизации напряжений и компенсации реактивной мощности сети около 5 ГВАр позволит не менее чем в 1,3 раза (дополнительно 2,5 ГВт) повысить пропускную способность сети при одновременном снижении удельных потерь на 20÷30 %.

Принципиальные схемы подключения и регулирования компенсирующего устройства на указанных ПС приведена на рисунке 6.2. В ней применены стационарные нерегулируемые БСК и регулируемые индуктивности в виде управляемых шунтирующих реакторов (УШР).

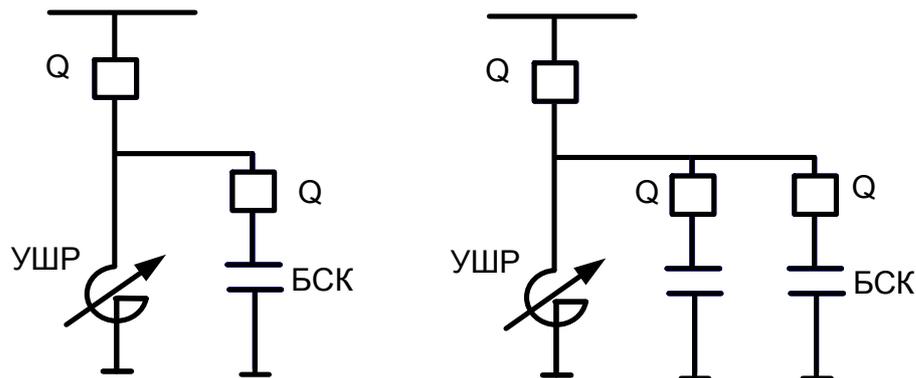


Рисунок 6.2 – Регулирование мощности компенсирующего устройства управляемыми шунтирующими реакторами

6.4 Технические средства компенсации реактивной мощности

К основным техническим средствам компенсации относятся источники реактивной мощности (ИРМ) - конденсаторные батареи, синхронные двигатели, синхронные компенсаторы.

Конденсаторные батареи являются основными средствами компенсации. Они включаются параллельно сети, поперечного включения, просты, имеют малые потери активной мощности, относительно невысокую стоимость. К недостаткам следует отнести – их пожароопасность, наличие остаточного заряда.

Применяются конденсаторные установки во всех промышленных электроустановках без ограничения.

В общих электроустановках применяются регулируемые установки с секциями по 50 кВАр и 150 кВАр и автоматическим регулированием мощности конденсаторных батарей.

Синхронные двигатели.

СД работающие в нагрузочном режиме могут отдавать в сеть реактивную мощность, если работают в режиме форсировки напряжения. При

перевозбуждении двигателей ток имеет реактивность и поступая в сеть снижает потребление реактивной мощности из сети.

Совместное применение КУ и СД целесообразно. При этом КУ компенсируют основную часть суточного графика, а СД снижают пики графиков.

Реактивная мощность, генерируемая воздушными и кабельными линиями также должна учитываться при выборе средств компенсации при протяженных линиях.

К техническим средствам компенсации реактивной мощности в сетях со специфической нагрузкой относятся:

- фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), которые выполняют компенсацию реактивной мощности в электрических сетях с повышенным содержанием высших гармоник, предотвращая усиление высших гармоник вследствие возможного резонанса между емкостным характером сопротивления конденсаторных батарей и индуктивным сопротивлением питающей сети;
- симметрирующие (СУ)
- фильтросимметрирующие устройства (ФСУ),
- устройства статической и динамической компенсации (СТК)
- специальные быстродействующие синхронные компенсаторы (ССК).

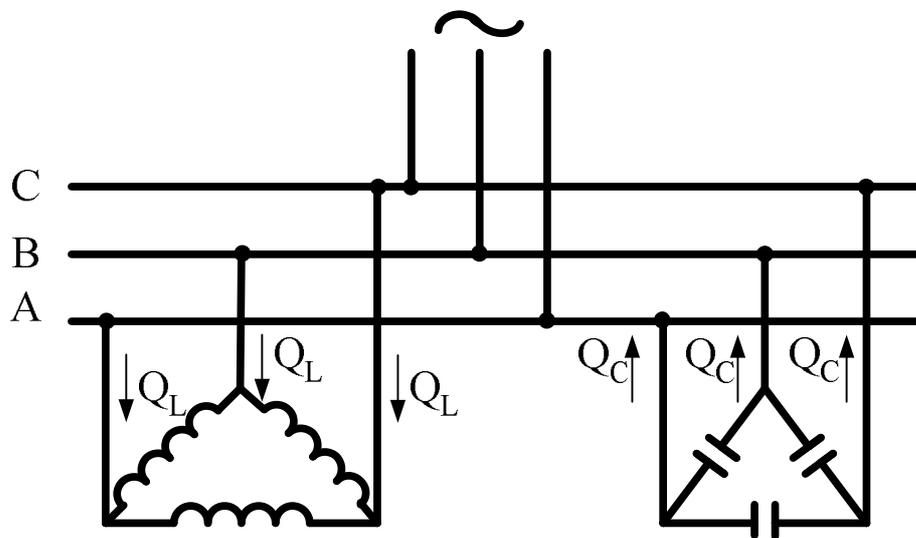


Рисунок 6.3 – Компенсация реактивной мощности в схемах ДСП

На рисунке 6.3 приведена схема с источником реактивной мощности в сетях с резкопеременной нагрузкой (ДСП). В этой схеме также применяется нерегулируемая емкость с регулируемой индуктивностью.