

УДК 621.311.24(07)

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-10кВ**

**Винидиктов Н.В., Петруня П. А.**

**Научный руководитель – доцент Халезина О. П.**

*Сибирский Федеральный университет*

В современных аспектах экономии электроэнергии, повышения её качества и надежности энергоснабжения всё большую роль играет внедрение автоматизированных компенсирующих устройств в распределительных электрических сетях 6-10кВ. Помимо традиционной функции компенсации реактивной мощности с целью выравнивания коэффициента мощности в питающих сетях и регулирования напряжения на шинах пониженных подстанций применение современных установок позволяет:

- повышать временный ресурс энергоснабжения;
- стабилизировать энергоснабжение при резких скачках нагрузки и напряжения.

Большинство электроприемников (двигатели, электромагнитные устройства, осветительное оборудование и др.), а также средства преобразования электроэнергии (трансформаторы, различные типы преобразователей) в силу своих физических свойств требуют для работы кроме активной энергии, однонаправлено поступающей из сети в электроприемник, и некоторое количество реактивной мощности, меняющей свое направление на противоположное в течение периода основной промышленной частоты. 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). Кроме того, передача её загружает электрические сети и установленное в них оборудование, отнимая некоторую часть их пропускной способности. Возможность производства реактивной мощности непосредственно в месте потребления специальными компенсирующими устройствами широко распространена во всем мире и известна под термином "компенсация реактивной мощности". Компенсация реактивной мощности (КРМ) - одно из наиболее эффективных средств рационального использования электроэнергии. Так, по данным VDEW (Association of German Power Supply Companies), в распределительных электросетях Германии, благодаря КРМ, в 1999 году было сэкономлено порядка 9 миллионов кВт·ч активной энергии.

Поскольку системы КРМ для снижения потерь, вызываемых перетоком реактивной мощности, необходимо располагать как можно ближе к нагрузке, компенсирующие устройства (КУ) являются наиболее распространенным средством КРМ именно в промышленных системах электроснабжения. На сегодняшний день в сетях отечественных потребителей для КРМ установлено порядка 30 млн. квар конденсаторов, из которых 18-20 млн. квар включаются и отключаются вручную. При этом доля низковольтных (до 1 кВ) конденсаторов составляет 75-80 % от общего объема.

Такое широкое применение конденсаторных установок, как для индивидуальной, так и для групповой компенсации, объясняется их преимуществами по сравнению с другими существующими в промышленности способами КРМ:

- небольшие, практически постоянные в зоне номинальной температуры окружающей среды, удельные потери активной мощности конденсаторов, не превышают 0,5 Вт на 1 квар компенсационной мощности, т.е. не более 0,5% (для сравнения: в синхронных компенсаторах это значение достигает 10% номинальной мощности компенсатора, а в синхронных двигателях, работающих в режиме перевозбуждения - 7%);

- отсутствие вращающихся частей;
- простота монтажа и эксплуатации;
- относительно невысокие капиталовложения;
- большой диапазон подбора требуемой мощности;
- возможность установки в любых точках электросети, бесшумность работы и т.д.

Кроме того, в отличие от компенсаторов и синхронных двигателей, КРМ с помощью конденсаторов позволяет расширить функциональные возможности устройств компенсации. Так фильтрокомпенсирующие КУ одновременно осуществляют КРМ и частичное подавление присутствующих в компенсируемой сети гармоник, искажающих синусоидальность напряжения, а симметрирующие установки на базе конденсаторных батарей (при соответствующем конструктивном исполнении) позволяют производить одновременно КРМ и симметрирование нагрузки сети.

Отвечая все возрастающим требованиям к увеличению удельных характеристик, требованиям потребителей и, учитывая опыт мирового конденсаторостроения, в настоящее время разработан ряд модернизированных конденсаторных установок высокого напряжения предназначенных для повышения коэффициента мощности электроустановок промышленных предприятий и распределительных сетей напряжением 6-10 кВ частоты 50 Гц.

При модернизации и проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий в последнем десятилетии наиболее широкое применение получили регулируемые и нерегулируемые установки компенсации реактивной мощности типа УКРМ-6(10) напряжением 6 кВ и 10 кВ, частотой 50 Гц, мощностью от 450 до 2700 квар. УКРМ-6(10) включает в себя функции:

- защиты от превышения номинального тока;
- защиту от несанкционированного доступа к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- индикацию тока конденсаторных батарей;
- аварийную сигнализацию при срабатывании защиты.



Рис.1. Внешний вид нерегулируемой УКРМ-6(10)

Применение специализированных контроллеров для автоматического ступенчатого регулирования коэффициента мощности  $\cos \varphi$  в автоматических установках компенсации реактивной мощности АУКРМ-6(10) позволяет автоматически поддерживать требуемое значение коэффициента мощности в не зависимости от режима нагрузки электропотребителя.

Преимущества автоматизированных компенсаторных установок заключается в:

- автоматическом отслеживании изменения реактивной мощности нагрузки в компенсируемой сети и, в соответствии с заданным, корректировании значения коэффициента мощности  $\cos \varphi$ ;
- исключении генерации реактивной энергии в сеть (режим "перекompенсации");
- исключении появления в сети перенапряжения, т. к. нет перекompенсации, возможной при использовании нерегулируемых конденсаторных установок;
- визуальном отслеживании и выводе на дисплей автоматического регулятора все основные параметры компенсируемой сети;
- контроле за режимом эксплуатации и работа всех элементов конденсаторной установки, в первую очередь батарей конденсаторов;
- наличии системы аварийного отключения конденсаторной установки и предупреждения обслуживающего персонала;
- возможном автоматическом подключении обогрева или вентиляции конденсаторной установки.

Предлагаемые условия эксплуатации установок заводом-изготовителем позволяют рекомендовать использование оборудования во всех регионах Российской Федерации:

- температура окружающей воздуха от минус 25° С до плюс 40° С;
- относительная влажность воздуха 80% при температуре 15° С;
- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих материалы и изоляцию;
- при установке АУКРМ-6(10) в помещениях с температурой ниже минус 25°С, должен быть предусмотрен обогрев помещения. При поставке АУКРМ-6(10) в металлическом блок-контейнере наружной установки, внутреннего или наружного обслуживания типа АУКРМ-6(10)-К(М), блок-контейнер комплектуется необходимыми системами обеспечивающими работоспособность АУКРМ: обогрев, вентиляцию, освещение.

Установки АУКРМ-6(10) имеют следующие особенности:

- силовые конденсаторы трехфазные, предназначены для компенсации реактивной мощности. Электроды конденсаторов изготовлены из алюминиевой фольги, диэлектриком является полипропиленовая пленка, пропитанная специальной жидкостью. Конденсаторы имеют встроенные разрядные резисторы и предохранители;
- управление ступенями конденсаторной установки производится микропроцессорным контроллером DCRJ производства итальянской компании «Lovato»;
- коммутация конденсаторов осуществляется быстродействующими вакуумными контакторами;
- для повышения надежности и для защиты при аварийных режимах, в конденсаторных ячейках устанавливаются высоковольтные предохранители (в соответствии с п.5.6.20 ПУЭ);

- для ограничения пусковых токов конденсаторов применяются токоограничивающие реакторы;
- модульный принцип построения, позволяет поэтапно наращивать мощность установки;
- прокладка всех вторичных соединений в изоляционных коробах и гофротрубах;
- установки АУКРМ-6(10) выполняются отдельно стоящими, подключение установок к РУ-6(10) осуществляется кабелем через ячейку КСО (КРУ) с силовым выключателем и релейной защитой.



Рис.2. Внешний вид установки АУКРМ-6(10)

Параметры и схемы автоматического регулирования мощности конденсаторных установок выбирают с учетом проведения мероприятий по компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях исходя из анализа графика нагрузки, уровней колебания напряжения в различных точках сети, наличия в системе других компенсирующих устройств, а также требований энергетической системы. Кроме того, выбор параметров регулирования зависит от условий, а также от того, в какой отрасли промышленности необходимо производить регулирование реактивной мощности: металлургической, машиностроительной, химической, легкой и т. д.

Для регулирования реактивных нагрузок в электрических сетях в городах и сельских районах целесообразно применение централизованного регулирования по времени суток с осуществлением управления конденсаторными установками токами тональной частоты по питающим линиям электропередачи.

Для выполнения всех условий, требований и мероприятий регулирование реактивной мощности конденсаторных установок должно быть многообразным — от простых, но надежных, до сложных комплектных автоматических устройств. При осуществлении этих устройств автоматического регулирования необходимо стремиться к максимальной простоте и ясности схем, не уменьшая надежности их работы.