

Компенсация реактивной мощности — наиболее эффективное средство рационального использования электроэнергии

В настоящее время для компенсации реактивной мощности широкое применение получили конденсаторные установки, в том числе автоматизированные конденсаторные установки. В статье пойдет речь об отечественной разработке УККРМ-5 — регулируемых АКУ, предназначенных для групповой компенсации реактивной мощности нескольких индуктивных нагрузок, присоединенных к одному распределительному устройству в сети напряжением 0,4 кВ.

**Владимир Матисон,
к. т. н.**

mation@elpry.cbх.ru

Сергей Стуканов

pko@elpry.cbх.ru

Игорь Яронов

pko@elpry.cbх.ru

Зачем нужна компенсация реактивной мощности?

В настоящее время основной нагрузкой электрической сети переменного тока промышленных предприятий являются асинхронные двигатели и распределительные трансформаторы, имеющие значительную индуктивность.

Поэтому данные устройства в процессе работы за счет ЭДС самоиндукции генерируют реактивную мощность (РМ), которая, совершая колебательные движения от нагрузки к источнику (генератору) и обратно, распространяется по сети. РМ характеризуется задержкой (ток отстает) между синусоидами фаз напряжения и тока сети. В моменты, когда синусоиды напряжения и тока имеют противоположные знаки, мощность не потребляется нагрузкой, а подается обратно по сети в сторону генератора.

Генерация РМ нагрузкой сопровождается следующими отрицательными явлениями:

- повышение активных потерь (так как величина полной мощности повышается);
- снижение нагрузочной способности (так как увеличивается токовая нагрузка на питающий кабель и распределительный трансформатор);
- большее падение напряжения (из-за увеличения реактивной составляющей тока питающей сети).

Потребителя обычно интересует активная мощность в нагрузке, которая и определяет полезную работу. Генерация нагрузкой РМ повышает мощность, проходящую по сети (S — это полная мощность). Полная мощность равна корню из геометрической суммы P (активной мощности) и Q (реактивной мощности):

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Хотя на выработку реактивной мощности не тратится энергия генератора, для передачи РМ по сети требуется дополнительная (активная) энергия генератора.

Дополнительный реактивный ток, проходя по сети, вызывает не только активные потери мощности в проводах сети и генератора, но и уменьшает допустимую активную составляющую тока питающей сети, так как сечение питающего кабеля рассчитано на максимальную нагрузку.

Уровень РМ двигателей, генераторов и сети предприятия в целом характеризуется коэффициентом

мощности $\cos \varphi$ — это численное отношение активной мощности к полной мощности: $\cos \varphi = P/S$. Например, $\cos \varphi$ асинхронных двигателей составляет примерно 0,7; $\cos \varphi$ сварочных трансформаторов — примерно 0,4; $\cos \varphi$ станков не превышает 0,5 и т. д. Поэтому полное использование мощностей сети возможно только при компенсации реактивной составляющей мощности.

Во многих регионах России для стимуляции увеличения $\cos \varphi$ введен особый тариф на потребление РМ, который предназначен для общей экономии электроэнергии на предприятиях.

В настоящее время для компенсации реактивной мощности широкое применение получили конденсаторные установки (КУ), в том числе автоматизированные конденсаторные установки (АКУ), обладающие рядом преимуществ перед другими устройствами компенсации реактивной мощности — синхронными компенсаторами и синхронными двигателями, которые имеют большие активные потери электрической мощности и вращающиеся части, подверженные механическому износу. Для снижения доли реактивного тока в системе «генератор — нагрузка» параллельно нагрузке подключают емкостные компенсаторы, которые при работе формируют опережающую реактивную мощность (фаза синусоиды тока опережает фазу напряжения) для компенсации отстающей реактивной мощности, генерируемой индуктивной нагрузкой.

Принцип работы КУ и АКУ заключается в том, что РМ при этом уже не перемещается между генератором и нагрузкой, а совершает локальные колебания между реактивными элементами — индуктивными обмотками нагрузки и емкостным компенсатором. При этом для снижения потерь, вызываемых перетоком РМ, необходимо КУ располагать как можно ближе к нагрузке.

Установки АКУ типа УККРМ-5

УККРМ-5 — регулируемые АКУ предназначены для групповой компенсации реактивной мощности нескольких индуктивных нагрузок, присоединенных к одному распределительному устройству в сети напряжением 0,4 кВ. УККРМ-5 состоит из серии установок для компенсации реактивной мощности номинальной мощностью от 100 до 400 кВАр с минималь-

ным шагом регулирования ступени компенсации реактивной мощности от 5 до 25 кВАр.

Встроенный импортный микропроцессорный регулятор реактивной мощности, по надежности работы не уступающий современным телевизорам, обеспечивает поддержание необходимого коэффициента мощности с большой точностью и в широком диапазоне компенсируемой мощности. Кроме того, микропроцессорный регулятор позволяет производить измерение параметров компенсируемой сети с выводом результатов на его дисплей; кроме того, предусмотрена передача результатов измерения в память удаленного компьютера при помощи дифференциального двухпроводного интерфейса.

Достоинства установок УККРМ-5:

- позволяют подключить дополнительную активную нагрузку, не увеличивая общей установленной мощности распределительного трансформатора;
- обеспечивают подключение дополнительной нагрузки без увеличения сечения питающего кабеля или его замены;
- позволяют уменьшить снижение напряжения на нагрузке;
- увеличивают срок службы электрооборудования.
- выполняют автоматическое отслеживание изменения нагрузки;
- осуществляют контроль параметров питающей сети;
- имеют большой диапазон мощностей;
- имеют низкие удельные потери активной мощности (не более 0,5%);
- не имеют вращающихся частей;
- бесшумны;
- имеют встроенный контроль элементов установки в процессе работы;
- выполняют аварийное предупреждение обслуживающего персонала;
- просты при монтаже и в обслуживании;
- могут устанавливаться и подключаться в любой точке сети.

Оборудование

Высокие технические параметры и надежность работы АКУ определяют конденсаторы реактивной мощности, которые являются основным

компенсирующим элементом. В УККРМ-5 используются современные импортные конденсаторы типа МКР от ведущих европейских производителей с экологически чистым наполнителем — инертным газом. Данные конденсаторы имеют защиты:

- от перенапряжения и коротких замыканий — в них используется самовосстанавливающийся диэлектрик из полимерной металлизированной пленки;
- от разрыва корпуса конденсатора.

При увеличении по разным причинам давления газа внутри конденсатора происходит удлинение корпуса конденсатора, после этого происходит разрыв технологического проводника-перемычки и конденсатор обесточивается.

Ресурс конденсаторов при эксплуатации в диапазоне температур от -40 до +50 °С превышает 100 тыс. часов! Переключение конденсаторов производится специализированными контакторами, имеющими режим предвключения (опережающие контакты с навесными проволочными резисторами) для ограничения бросков тока при подключении конденсаторов к питающей сети. Дополнительная защита конденсаторов и контакторов производится плавкими предохранителями.

Используемые регуляторы реактивной мощности обеспечивают:

- Автоматический запуск прибора. Регулятор автоматически определяет способ подключения и величину тока отдельных присоединенных компенсирующих ступеней конденсаторов. В автоматическом режиме работы регулятор обеспечивает поддержание заданного $\cos \phi$ в пределах от 0,8 до 0,98. На дисплей регулятора может быть выведен любой параметр, в том числе измеренное значение тока, напряжения или численное значение $\cos \phi$.
- При пропадании или изменении тока компенсирующей ступени конденсатора данная ступень выводится из процесса регулирования, но продолжает периодически тестироваться.
- Измеряет содержание в сети высших гармоник тока. При превышении заданного уровня регулятор отключает все компенсирующие ступени.
- Регулятор с высокой точностью измеряет значения тока и напряжение компенсирующей сети.

- Регулятор имеет релейный выход «Авария» для сигнализации состояний:
 - малый измеряемый ток сети;
 - большой измеряемый ток сети;
 - измеряемое напряжение сети пропало;
 - превышение уровня гармоник сети;
 - состояние недокомпенсации или перекомпенсации сети;
 - допустимое количество срабатываний ступени компенсации превысило заданное;
 - исчезновение ступени компенсации.

Регулятор может работать с интерфейсом типа RS-232 (длина линии до 15 м) или RS-485 (длина линии до 1200 м), которые позволяют дистанционно наблюдать все измеряемые величины, а также выполнять настройку параметров регулятора.

Конструкция

Установка УККРМ-5 выполнена в виде металлического, окрашенного порошковой эмалью шкафа с односторонним обслуживанием и степенью защиты IP31.

Внутри корпуса шкафа установлены съемные силовые блоки, на которых установлены конденсаторы, контакторы и предохранители. Силовые блоки электрически соединяются медными шинами нужного сечения, а металлические шасси заземляются. На лицевой панели шкафа размещаются следующие элементы:

- регулятор реактивной мощности;
- ручка выключателя;
- индикатор включения сети.

Шкаф рассчитан на установку не более 3 силовых блоков. Мощность одного силового блока может быть от 25 до 200 кВАр. Охлаждение тепловыделяющих элементов внутри шкафа производится приточными вентиляторами.

Для работы УККРМ-5 требуется внешний трансформатор тока (в комплект поставки не входит). Параметры трансформатора выбираются по максимальному току, проходящему в точке измерения.

Применение установок УККРМ-5 — эффективное решение вопросов энергосбережения и повышения надежности работы электрооборудования.

Новое поколение радиационностойких стабилизаторов напряжения ULDO со сниженным на 60% энергопотреблением

Корпорация International Rectifier анонсировала новую линию радиационностойких стабилизаторов напряжения типа ULDO (стабилизаторы с ультранизким падением напряжения). Стабилизаторы нового поколения рассчитаны на ток нагрузки 3 А и имеют фиксированное или подстраиваемое выходное напряжение. Они предназначены для высоконадежных приложений в космической технике, где самыми важными параметрами являются радиационная стойкость и энергопотребление. Падение напряжения в новом семействе стабилизаторов снижено по сравнению с аналогами с 1 до 0,4 В, что обеспечивает снижение энергопотребления на 60%. Радиационностойкие стабилизаторы ULDO специфицированы на устойчивость к воздействию одиночного импульса излучения (SEE) с показателем линейного переноса энергии (LET) 84 МэВ·см²/мг, а также на устойчивость к воздействию ионизирующего излучения с интегральной дозой (TID) до 1 Мрад (Si) и повышенную устойчивость

к воздействию излучений с низкой дозой (ELDRS) до 500 крад (Si) в соответствии с требованиями стандарта MIL-STD-883. Они выпускаются с различными уровнями приемки, от минимального до «космического». Это позволяет применять их на борту широкого класса космических аппаратов — от низкоорбитальных ИСЗ до космических аппаратов для дальнего космоса.

Благодаря низкому уровню помех и быстрому отклику ULDO стабилизаторы широко применяются в качестве POL DC/DC-конвертеров для питания ПЛИС и ЦСП. Дополнительными преимуществами новых стабилизаторов являются высокий выходной ток и втрое более высокая, чем у аналогов, радиационная стойкость.

Новое семейство стабилизаторов состоит из двух групп. Первая рассчитана на входное напряжение 3,3 В и обеспечивает выходное напряжение 1,8 или 2,5 В. Вторая рассчитана на входное напряжение 5 В и выходные напряжения 2,5 или 3,3 В.

www.irf.com