

## КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ С ВЫСШИМИ ГАРМОНИКАМИ

С. П. Худолей

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. В. Алферова

Элементы системы электроснабжения (СЭС) и электроприемники переменного тока, обладающие индуктивностью (электродвигатели, трансформаторы, преобразователи, токопроводы, линии электропередачи и т. д.), потребляют наряду с активной и реактивную мощность, необходимую для создания электромагнитного поля. Ее передача по электрическим сетям снижает пропускную способность линий и трансформаторов по активной мощности и вызывает дополнительные потери активной мощности и напряжения.

Поэтому при проектировании СЭС стремятся снизить потребляемую предприятием реактивную мощность до оптимального значения. С этой целью осуществляется компенсация, под которой понимается установка местных источников реактивной мощности, благодаря чему повышается пропускная способность СЭС, снижаются потери мощности и энергии, повышаются уровни напряжения [1].

В электрических сетях, содержащих нелинейные электроприемники и мощные преобразователи частоты, компенсация реактивной мощности имеет определенные особенности. Из-за нелинейности вольт-амперных характеристик преобразователи частоты потребляют из сети несинусоидальный ток, вызывающий искажение формы питающего напряжения, т. е. появление высших гармоник, отрицательного влияющих на работу электрических сетей и оборудования. Особенно опасна несинусоидальность напряжения для конденсаторов, поскольку из-за уменьшения сопротивления конденсаторов токам высших гармоник (пропорционально порядковому номеру гармоники) происходит перегрузка конденсаторов по току и, как следствие, перегрев и преждевременный выход из строя, иногда сопровождающийся аварийным разрывом корпуса конденсатора.

Основными средствами компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях являются конденсаторные установки (КУ). Компенсация реактивной мощности с использованием конденсаторов может быть индивидуальной, групповой или централизованной. Выбор мест размещения КУ тесно связан с принятым способом компенсации. При этом необходимо учитывать следующие факторы: степень разгрузки элементов СЭС от реактивной мощности, степень использования КУ с учетом удельной стоимости, наличие высших гармоник в электрической сети. При выборе способа компенсации реактивной мощности должно учитываться: наличие в сети потребителя единичных мощных электроприемников с низким коэффициентом мощности и большим числом часов работы в году, удаленных от центра питания; наличие в сети потребителя групп электроприемников с низким коэффициентом мощности, объединенных общим технологическим процессом, с единым центром питания; наличие свободных площадей для размещения КУ и возможности их подключения к распределительным устройствам.

При снижении уровней высших гармоник одновременно, как правило, решается вопрос компенсации реактивной мощности. Такая задача решается с помощью силовых резонансных фильтров, иначе называемых фильтро-компенсирующими устройствами (ФКУ). Использование ФКУ в настоящее время является распространенным способом минимизации ВГ. Фильтро-компенсирующие устройства входят также в состав

быстродействующих статических компенсаторов, предназначенных в первую очередь для КРМ, а также снижения колебания напряжения и уровня ВГ. Наиболее целесообразно применения активных или гибридных фильтров [2].

С целью анализа качества электроэнергии и потребления реактивной мощности на заводе тормозных агрегатов и механизмов на стороне низшего напряжения трансформаторных подстанций КТП1, КТП2 проводились измерения параметров электрических нагрузок и показателей качества электрической энергии. Для проведения измерений использовался цифровой анализатор «FLUKE435», который подключался к первичным цепям и выполнял измерения следующих величин: фазных и междуфазных напряжений; токов в фазах сети; активной и реактивной составляющих мощности; коэффициентов мощности; суммарных гармонических искажений кривых напряжения; уровней высших гармоник напряжения.

В результате анализа полученных измерений установлено, что качество электрической энергии на стороне низшего напряжения КТП1 и КТП2 в части несинусоидальности напряжения в целом соответствует требованиям ГОСТ 32144–2013. Однако в периоды измерений отмечены высокие значения суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения, в частности: на шинах КТП1 – 3,5–3,9 %; на шинах КТП2 – 4,2–4,4 %.

Следует отметить, что при значениях суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения более 2,5 % высока вероятность перегрузки конденсаторов токами высших гармоник.

Таким образом, в электрических сетях предприятия целесообразно выполнить централизованную компенсацию реактивной мощности с подключением компенсирующих устройств к шинам низшего напряжения трансформаторных подстанций КТП1, КТП2.

Учитывая высокую степень несинусоидальности напряжения на стороне низшего напряжения КТП1 и КТП2 для компенсации реактивной мощности, следует применять КУ в исполнении, защищенном от высших гармоник. Так как в спектре гармоник напряжения преобладает 5-я гармоника и канонические гармоники более высоких порядков (7, 11, 13-я), ступени конденсаторных установок должны содержать последовательные L-C цепи «дроссель–конденсатор» с частотой настройки контура 189 Гц. Для компенсации реактивной мощности рекомендуется применение автоматических конденсаторных установок (АКУ) со ступенчатым регулированием мощности. Их применение в автоматическом режиме позволит поддерживать коэффициент мощности на стороне низшего напряжения трансформаторных подстанций в пределах 0,97–0,98 и за счет этого снизить до минимума потоки реактивной мощности в силовых трансформаторах напряжением 6/0,4 и 10/6 кВ, а также в кабельных линиях 6–10 кВ.

#### Литература

1. Радкевич, В. Н. Проектирование систем электроснабжения : учеб. пособие / В. Н. Радкевич. – Минск : БИОН, 2001. – 292 с.
2. Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятия / И. В. Жежеленко [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 294 с.