

УДК 621.3

## СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РАБОТЕ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Малиновская А.Л.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

Электросварка – наиболее распространённый вид электропотребителя резкопеременного повторно-кратковременного режима работы на промышленных предприятиях. Установки дуговой и контактной электросварки относятся к установкам с усложнённым режимом работы, при работе которых создаются провалы, колебания, отклонение, несимметрия и несинусоидальность напряжения, колебания частоты. Это приводит к дополнительным затратам и нагреву электрооборудования, дополнительным потерям мощности и электроэнергии, сокращению срока службы электрооборудования. Нормально допустимые и предельно допустимые значения отклонений показателей качества электроэнергии определяются ГОСТ 13109-97 [1].

Обеспечение надлежащего качества электроэнергии ведет к повышению эффективности производства. При решении этой проблемы необходимо сопоставлять эффект от мероприятий и затраты, которые будут понесены в процессе достижения ожидаемого результата.

На промышленных предприятиях применяется множество методов для снижения влияния сварочных установок на питающую сеть. Одним из них является замена сварки на переменном токе сваркой на постоянном токе. Данный метод широко применяется при низком  $\cos\phi$  и в случае колебания и несимметрии напряжения, создаваемых сварочными установками.

Известно, что показатели качества электроэнергии снижаются с ростом мощности электроприёмников с усложнённым режимом работы и при уменьшении мощности КЗ в точке их подключения к электросети. Следовательно, для улучшения всех показателей качества электроэнергии рационально подключать электроприёмники с усложнённым режимом работы в точках системы с наибольшим значением мощности КЗ[2]. Но возможности ограничения влияния специфических нагрузок повышением только токов КЗ недостаточны, так как мощность сварки растёт быстрее, чем мощность иных электропотребителей.

Схемные решения являются наиболее простым и наименее затратным способом по снижению влияния сварочного оборудования на качество электроэнергии. К нему относятся отдельные глубокие вводы к цехам с резкопеременной и нелинейной нагрузкой, выделение специфических нагрузок на отдельных секциях ГПП, четырёхсекционная схема ГПП с трансформаторами с расщепленными вторичными обмотками или сдвоенными реакторами для раздельного питания «спокойных» и специфических нагрузок, параллельная работа питающих трансформаторов, применение блокировок для ограничения одновременного включения большого количества сварочных установок, равномерное распределение однофазных электроприёмников по парам фаз, подключение параллельно нелинейным нагрузкам синхронных и асинхронных двигателей.

Схема с расщепленными обмотками трансформаторов ГПП или со сдвоенными реакторами является в настоящее время наиболее широко применяемой.

В сдвоенном реакторе падение напряжения в каждой секции обмотки составляет:

$$\Delta U = x_L \cdot (I_2 - I_1 \cdot K_M) \approx I_{обм} \cdot x_L \cdot 0,5, \quad (1)$$

где  $I_1 = I_2 = I_{обм}$  - токи в секциях обмотки реактора;

$x_L$  - индуктивное сопротивление обмотки реактора;

$$K_M = \frac{M}{L} \approx 0,5 \text{ – коэффициент взаимоиנדукции между секциями обмотки сдвоенного}$$

реактора.

Из формулы (1) видно, что колебания напряжения на секциях со спокойной нагрузкой под влиянием колебаний на этой секции от резкопеременной нагрузки будут меньше, чем при объединении их на одну секцию шин.

Выбор схемы, которая повышает качество напряжения на шинах, питающих спокойную нагрузку, дает эффект из-за увеличения электрической удаленности спокойных нагрузок от резкопеременных. Стабилизация коэффициента несинусоидальности и коэффициента несимметрии получается при достижении уменьшения внешнего сопротивления питающей сети. Эти мероприятия действенны и широко применяются.

При необеспечении схемными решениями требуемого уровня качества электроэнергии либо, когда они экономически не оправданы, применяются специальные технические средства.

Снизить влияние колебаний и провалов напряжения на ЭП можно использованием устройств продольной компенсации (УПК) и батарей статических конденсаторов. Они могут устанавливаться как непосредственно у электросварочной установки, так и применяться для групповой компенсации напряжения.

Снижение несинусоидальности токов также производится с помощью технических средств. Последовательное включение линейных дросселей применяется для уменьшения значения высших гармонических составляющих тока в электрических сетях. Дроссель обладает малым значением индуктивного сопротивления на основной частоте (50 Гц) и повышенными сопротивлениями для высших гармоник тока, что приводит к их ослаблению. Дроссели, установленные на питающих и распределительных линиях, уменьшают генерирование высших гармоник во внешнюю сеть по отношению к точке их подключения. Это простейший способ снижения уровня высших гармоник тока, генерируемых нелинейными нагрузками во внешнюю сеть.

Фильтры высших гармоник применяются, когда требуется не только уменьшить несинусоидальность напряжения, но и скомпенсировать реактивную мощность в рассматриваемом узле СЭС. На рисунке 1 представлена схема подключения фильтра высших гармоник к электрической сети [3].

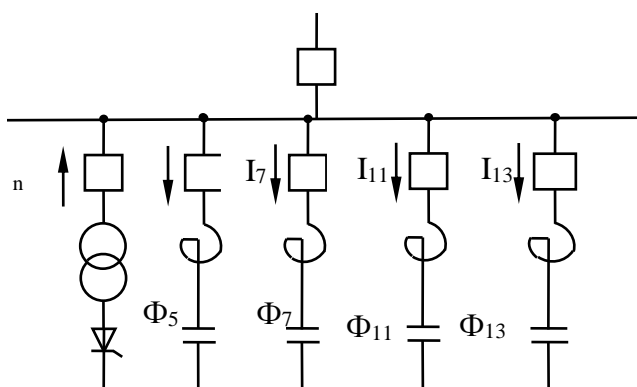


Рисунок 1 – Схема включения фильтра высших гармоник

Фильтр состоит из ряда звеньев, представляющих собой контур из последовательно соединенных индуктивности  $L$  и емкости  $C$ . Каждое звено настроено на резонанс для определенной гармоники так, чтобы сопротивление реактора на частоте гармоники было равно сопротивлению конденсаторной батареи:

$$n \cdot \omega \cdot L = \frac{1}{n \cdot \omega \cdot C} \quad (2)$$

Количество звеньев в фильтре на практике, в большинстве случаев, равно двум или четырем. В системах электроснабжения целесообразно устанавливать фильтры гармоник только самых низких порядков. Звенья настраиваются, как правило, на частоты 5, 7, 11 и 13-й гармоник. Фильтры присоединяются как в местах возникновения высших гармоник, так и в точках их усиления (резонанс токов) [3]. Идеальный фильтр полностью потребляет ток гармоники  $I_n$ , генерируемой нелинейными элементами. Однако, наличие активных сопротивлений в реакторе и конденсаторе и неточная их настройка приводят к неполной фильтрации гармоники.

К фильтрам ВГ относятся фильтрокомпенсирующие (ФКУ) и фильтросимметрирующие устройства (ФСУ). Фильтрокомпенсирующие устройства являются одним из универсальных средств снижения токов и напряжений высших гармоник в системе электроснабжения. Эти устройства представляют собой последовательное соединение индуктивного и емкостного сопротивлений, настроенных в резонанс или близко к нему на частоту генерируемой гармоники тока. Сопротивление ФКУ на резонансной частоте очень мало по сравнению с входным сопротивлением СЭС (в идеальном случае близко к нулю) и, таким образом, шунтирует ток высшей гармоники, генерируемой нелинейной нагрузкой. [4]

Недостатком фильтров ВГ является их высокая стоимость и большая чувствительность к точности настройки. При неточной настройке эффективность снижается и даже может иметь место увеличение гармоник напряжения на шинах подстанции.

Для уменьшения влияния несимметрии напряжений производится симметрирование напряжения. Под симметрированием понимают проведение мероприятий для уменьшения токов обратной и нулевой последовательностей. Максимальный положительный эффект от симметрирования достигается при большой мощности однофазных нагрузок и большом индуктивном сопротивлении линий электрической сети. Достаточно сложно симметрировать нагрузку сварки с изменяющейся несимметрией и генерирующую высшие гармоники. Поэтому на ПП применяются фильтросимметрирующие и симметрирующие устройства для повышения качества ЭЭ и компенсации реактивной мощности. В качестве симметрирующих устройств применяют несимметричное включение конденсаторных батарей. Если же несимметрия является результатом случайных процессов, то для ее снижения применяются автоматические симметрирующие устройства.

Фильтросимметрирующие (ФСУ) и фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) обеспечивают одновременно компенсацию реактивной мощности, фильтрацию высших гармоник, уменьшение отклонений и размаха изменения напряжения, а также симметрирование напряжения сети, т.е. воздействуют одновременно на несколько показателей качества электроэнергии. Такие устройства называют многофункциональными. Целесообразность таких устройств возникла в связи с тем, что резкопеременные нагрузки вызывают одновременное искажение напряжения по ряду показателей. Применение многофункциональных устройств позволяет комплексно решать проблему обеспечения качества электроэнергии [4].

Выбор способа улучшения качества электроэнергии при работе сварочного оборудования должен проводиться на основании технико-экономического обоснования вариантов уменьшения отрицательного влияния оборудования на качество электроэнергии.

#### Литература

1. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Иванов, В. С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий/ В.С.Иванов, В.И. Соколов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. - 336 с.
3. Федоров А. А., Каменева В. В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
4. Управление качество электроэнергии/ И.И. Карташев, В.Н.Тульский, Р.Г. Шамонов и др.: под ред. Ю.В. Шарова. – М. Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.: ил.