

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. А. Скулимовский

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

Научный руководитель О. Г. Широков

В электрических системах гармоники приводят к возникновению различных проблем в системе: повышенные потери в компонентах системы; сбои в работе систем защиты и измерения; неисправности в системах связи, автоматизации и сбора данных; перегрузка провода нейтрали током третьей гармоники; резонансы между конденсаторами установок компенсации реактивной мощности и сетью (рис. 1).

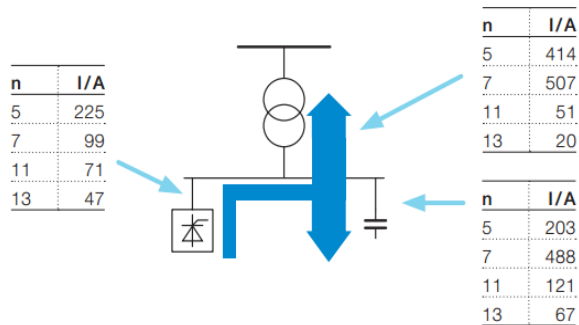


Рис. 1. Резонанс токов гармоник (усиление в 3...5 раз)

В случае резонанса ток, создаваемый источником гармоник, усиливается в параллельном резонансном контуре между блоком конденсаторов и индуктивностью сети. Усиленный ток гармоник еще больше искажает форму напряжения. Это снижает качество электропитания и повышает вероятность сбоев и отказов [1].

Искажения кривой напряжения приводят к сбоям в работе оборудования. В результате значительно снижаются качество и надежность работы систем автоматики, телемеханики и связи, значительно повышаются активные потери во всех элементах электрооборудования, происходит ускоренное старение изоляции электрооборудования, ухудшается качество работы систем сеточного и фазного управления вентилями и т. д. В большинстве случаев оказывается невозможным эффективное использование батарей статических конденсаторов, возникает необходимость применения фильтров высших гармоник.

Фильтры высших гармоник подразделяются на пассивные, активные и гибридные.

Пассивные силовые фильтры высших гармоник представляют собой LC- либо RLC-цепочки, настроенные на подавляемую гармонику и работающие как поглотитель, превращая ее в тепло, которое выделяется на индуктивности или емкости. RLC-цепочка служит как широкополосный фильтр и резистор, регулирует ширину диапазона подавления высших гармоник.

Различают несколько типов применяемых LC-фильтров (рис. 2). Узкополосные, одноконтурные фильтры (1) применяют и настраивают на резко выраженные гармоники, как правило, низких порядков 3, 5, 7. На высоких частотах применяют режекторные фильтры (2) меньшей добротности, при этом используют шунтирующее реактор сопротивление R . Применение режекторных фильтров позволяет нивелировать присутствие гармоник в широком спектре высоких частот. Комплексное применение узкополосных и широкополосных фильтровых цепочек в составе силовых фильтров гармоник (ФКУ) позволяет в полной мере очистить электрическую сеть от гармонических искажений, вызванных потребителем.

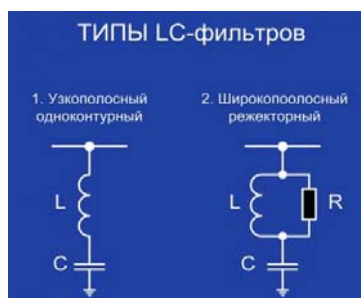


Рис. 2. Типы LC-фильтров

Экономически целесообразно применение фильтро-компенсирующих установок на напряжение 6(10) кВ в связи с тем, что высоковольтные потребители создают меньший спектр гармонических искажений (где сильно выражены 3, 5, 7 гармоники и в меньшей степени гармоники более высших порядков) по сравнению с низковольтными потребителями. Поэтому технически и экономически выгоднее реализовать схему фильтро-компенсирующего устройства, настроенную на одну (две, три) гармоники, чем на широкий спектр гармоник потребителей 0,4 кВ.

Недостатками пассивных фильтров являются значительные капитальные затраты на реактивные элементы, большие требуемые площади. Им свойственно сниже-

ние эффективности фильтрации при колебаниях частоты и температуры элементов схемы. Ограничение числа звеньев фильтра вызывает ухудшение фильтрации.

Помимо фильтрации гармоник фильтро-компенсирующие устройства выполняют компенсацию реактивной мощности потребителей на основной частоте (50 Гц).

Наряду с пассивными фильтрами, активные фильтры применяются для очистки напряжения и токов сети от гармоник, а также для сглаживания возмущений в системе. Потребность в их применении возникла с увеличением в сетях нелинейных нагрузок: схем с силовыми диодами и тиристорами, циклоконвертеров, регулируемого электропривода. Требования повышения качества электроэнергии растут вместе с масштабом применения электронных и микроэлектронных устройств в схемах управления и защиты сетей. Еще одна задача повышения качества электроэнергии – компенсация фликера воздействия потребителей с резкопеременной нагрузкой.

Активные фильтры гармоник (АФГ), также известные как динамические фильтро-компенсирующие устройства (ДФКУ) – это самое современное комплексное решение проблемы некачественной электроэнергии в сетях любых объектов, выражающейся в перегрузке трансформаторов, увеличении потерь мощности, ускоренном старении оборудования, ложных срабатываниях устройств защиты [2].

В активных фильтрах гармоник (рис. 3) установлены специальные IGBT – модули (IGBT – биполярный транзистор с изолированным затвором). Эти устройства полностью собраны на основе микросхем и не содержат подвижных частей.

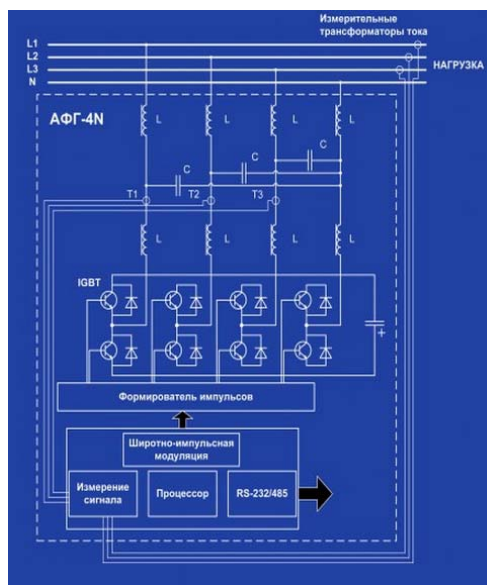


Рис. 3. Схема активного фильтра высших гармоник

Мост широтно-импульсной модуляции преобразователя на основе IGBT мгновенно реагирует на изменения в электросети и поддерживает заданный уровень подавления гармоник, даже несмотря на изменения амплитудных значений спектра гармонических искажений. Благодаря технологии быстрого преобразования Фурье, активный фильтр способен подавлять гармоники до 50-го порядка выборочно либо одновременно, на усмотрение пользователя, а также приводить в соответствие с ГОСТ другие параметры электроэнергии. Активные фильтры – это единственные устройства повышения качества электроэнергии, которые способны автоматически менять свои собственные характеристики при изменении параметров сети.

Результат: устранение тока нейтрали; дополнительная функция быстрой компенсации реактивной мощности; подавление всего спектра высших гармоник – полная очистка сети; одновременное устранение несимметрии напряжения по фазам; компенсация просадов и скачков напряжения, уменьшение фликер-эффекта; устранение перегрузки силового трансформатора; уменьшение потерь мощности; продление ресурса оборудования в сети; устранение ложных срабатываний устройств релейной защиты.

Недостатком АФГ является значительная установленная мощность, соизмеримая с мощностью нелинейной нагрузки, высшие гармоники (интергармоники) которой подлежат минимизации. Ограничивает применение чисто активных фильтров их высокая стоимость, определяемая большой мгновенной мощностью, необходимой для фильтрации. Чисто активные фильтры должны при этом выдавать полную мощность нелинейной нагрузки по максимальным величинам токов и напряжений.

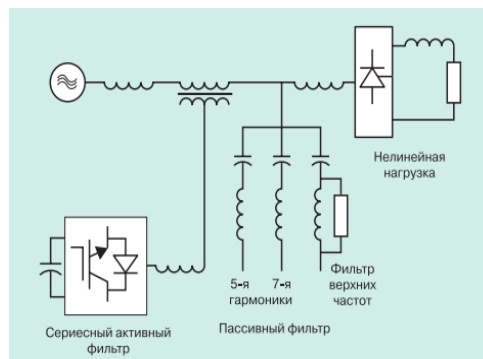


Рис. 4. Однолинейная схема гибридного фильтра последовательного типа

Основной недостаток пассивных фильтров – невозможность управления их параметрами при изменении режима работы нагрузки устраняется в гибридных за счет возможности управления реактивными параметрами с помощью активной части схемы. На рис. 4 представлена схема гибридного фильтра последовательного типа

Литература

1. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И. В. Жежеленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятий / И. В. Жежеленко [и др.] ; под ред. И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 296 с.