

УДК 621.311.004

*А.А. Колб, канд. техн. наук, М.Г. Робота, Е.С. Ягодка
(Украина, Днепрпетровск, Государственное ВУЗ" Национальный горный университет")*

ФИЛЬТРАЦИЯ НЕКАНОНИЧЕСКИХ ГАРМОНИК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СИЛОВЫХ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Введение. Непрерывный рост установленной мощности потребителей с резкопеременной, несимметричной и нелинейной нагрузкой приводит к значительному искажению формы кривых тока и напряжения и увеличению неактивных составляющих полной мощности. Тенденция развития силовых полупроводниковых преобразователей такова, что доля высших гармоник тока и напряжения будет непрерывно увеличиваться. В амплитудных спектрах первичных токов преобразователей содержатся как канонические гармоники ($n=5,7,11,13,17,19\dots$), так и неканонические или аномальные гармоники ($n=2,3,4,6,8\dots$). Основной причиной появления аномальных гармоник является асимметрия импульсов управления, свойственная всем системам управления. Нелинейность вольт-амперной характеристики дуги приводит к генерации электропечами токов высших гармоник. В токах дуговых электропечей содержатся также аномальные 2,3,4,6-я гармоники, причем их доля может быть весьма значительной. Основными причинами появления аномальных гармоник являются непрерывное изменение условий горения дуг печи и неполное выравнивание сопротивлений.

Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий нежелательны по ряду причин: появляются дополнительные потери в электрических машинах, трансформаторах и сетях; затрудняется компенсация реактивной мощности с помощью батарей конденсаторов; сокращается срок службы изоляции электрических машин и аппаратов; ухудшается работа устройств автоматики, телемеханики и связи. Наиболее ощутимое влияние высшие гармоники оказывают на работу батарей конденсаторов. Конденсаторы, работающие при несинусоидальном напряжении, в ряде случаев быстро выходят из строя в результате вспучиваний и взрывов.

Традиционные компенсирующие устройства, обладающие известными недостатками [1,2] (низким быстродействием и точностью воспроизведения управляющих воздействий), не позволяют быстро и точно разгрузить питающую сеть от неактивных составляющих полной мощности. При широком и изменяющемся спектре гармоник и резкопеременной нагрузке их применение становится неэффективным.

Вот почему в последние годы большое внимание уделяется силовым активным фильтрам (САФ) [3-5], которые, обладая высокой точностью и быстродействием, обеспечивают синусоидальность формы потребляемого тока в нелинейных и несимметричных системах.

В отличие от резонансных фильтров, САФ подавляют все неосновные составляющие токов сетей в определенном диапазоне частот, в том числе неканонические и низкочастотные составляющие.

Цель работы – модельное исследование САФ на основе АИН с ШИМ в режиме фильтрации неканонических высших гармоник.

Материалы и результаты исследования. На рис. 1 изображена функциональная схема группового питания приводов, снабженная САФ.

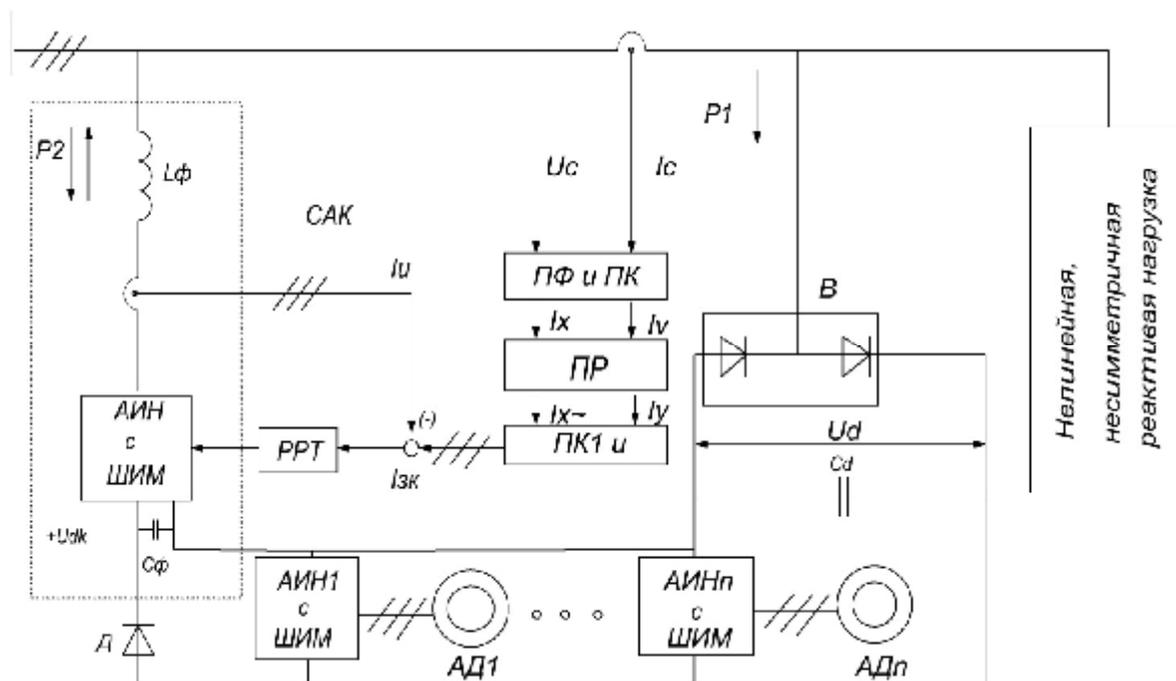


Рис. 1. Функциональная схема управления качеством электроэнергии в системах группового питания электроприводов с диодным выпрямителем B и емкостным накопителем C_d

Основными элементами САФ являются: АИН с ШИМ с двухсторонней проводимостью (от сети к накопительному конденсатору и наоборот); фильтр $L\phi$, который совместно с индуктивностью рассеяния трансформатора предназначен для сглаживания высокочастотной составляющей сетевого тока; система управления, построенная на основе метода I_x, I_y теории мгновенной мощности с использованием обобщенных (результатирующих) векторов тока и напряжения в синхронно вращающейся системе координат.

Модулируя методом высокочастотной ШИМ величину и фазу напряжения на входе САФ, можно обеспечить практически синусоидальный ток с коэффициентом мощности (отстающим или опережающим), близким или равным единице. САФ может работать также как активный фильтр в режиме подавления (фильтрации) высших гармоник, и в режиме симметрирования нагрузки. Если форма тока отлична от синусоиды, то САФ генерирует в сеть ток, форма которого определяется разницей синусоидального тока сети и искаженного тока нагрузки. При симметрировании нагрузки энергия из менее нагруженных фаз поступает вначале в звено постоянного тока, а затем с помощью АИН в более нагруженные фазы.

Принцип действия САФ на основе АИН с ШИМ заключается в том, что он генерирует в сеть ток, равный сумме противоположных по фазе токов высших гармоник и реактивного тока нагрузки. В результате этого САФ совместно с нелинейной реактивной нагрузкой представляет для сети практически чисто активную нагрузку.

Изменяя с помощью САФ характер тока сети (активно-индуктивный или активно-емкостной) можно при наличии быстродействующей системы управления стабилизировать напряжение на нагрузке не только в установившихся, но и в динамических режимах. При низком напряжении сети входной коэффициент мощности принимает емкостной характер, а при повышенном – индуктивный.

В рассматриваемой схеме выделение и непрерывный контроль мгновенных значений неактивных составляющих тока, подлежащих компенсации, осуществляется на основании метода I_x, I_y теории мгновенной мощности с использованием обобщенных (результатирующих) векторов тока и напряжения [5] в синхронно вращающейся системе координат, ориентированной по вектору напряжения сети.

На рис. 2 представлены кривые напряжения и тока сети, выходного тока САФ (ток компенсации), при работе в режиме фильтрации высших гармоник. Система регулирования позволяет также реализовать отстающий или опережающий коэффициент мощности равный или близкий к единице.

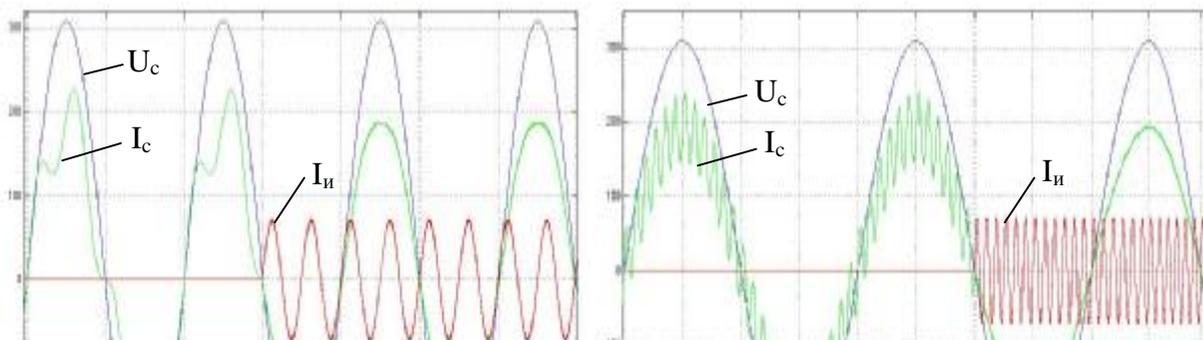


Рис. 2. Графики напряжения сети U_c , токов сети I_c и инвертора I_n в режиме фильтрации 4-й гармоники (а) и 24-й (б)

Выводы

1. На основе обращенных АИН с ШИМ могут быть построены многофункциональные системы управления качеством электроэнергии в приводах с емкостными накопителями, позволяющие как компенсировать неактивные составляющие тока, так и стабилизировать напряжение в установившихся и динамических режимах работы сети.
2. Высокая точность выделения и непрерывного контроля мгновенных значений неактивных составляющих полной мощности достигается применением метода I_x, I_y теории мгновенной мощности.
3. Высокая точность и предельно возможное быстродействие системы управления качеством электроэнергии позволяет производить фильтрацию высших гармоник любого порядка, в том числе и неканонических.

Список литературы

1. Жежеленко, В.И. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий [Текст] / В.И. Жежеленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331с.
2. Розанов, Ю.К. Современные методы регулирования качества электроэнергии средствами силовой электроники [Текст] / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк // Электротехника. – 1999. – №4. – С. 28–32.
3. Колб, А.А. Групповое питание электроприводов с общим накопителем энергии как новое направление энергосбережения [Текст] / А.А. Колб, А.А. Воробьев // Вісник Нац. техн. ун-ту "Харківський політехнічний інститут". – 2003. – № 10. – Т. 1. – С. 224–228.
4. Шрейнер, Р.Т. Активный фильтр как новый элемент энергосберегающих систем электропривода [Текст] / Р.Т. Шрейнер, А.А. Ефимов // Электричество. – 2000. – №3. – С.46–54.
5. Колб, А.А. Релейно-векторное управление силовым активным фильтром в режиме компенсации мощности искажения [Текст] / А.А. Колб // Наук. вісник НГУ. – 2004. – №3. – С. 68–74.

Рекомендовано до друку: доц. Ципленковим Д.В.