

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЯХ

Максимов Ю.В., Максимов Д.Ю., Легович Ю.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

jhanjaa@ipu.ru, dmmax@inbox.ru, legov@ipu.ru

Аннотация: Приводится обоснование необходимости постоянного мониторинга такого показателя качества электроэнергии, как уровень гармонических составляющих. Предлагается подход к проектированию фильтров сетевых гармоник и способ реализации мониторинга их уровня в поставляемой электроэнергии с определением источника их возникновения.

Ключевые слова: качество электроэнергии, мониторинг качества электроэнергии, фильтры гармоник.

Введение

С развитием электроэнергетических сетей сформировались определенные требования к качеству электроэнергии, предлагаемой поставщиками потребителям. Сформулированные показатели качества электроэнергии регламентируются национальными и международными стандартами на каждом уровне сетевой инфраструктуры (например, для низковольтных сетей общего пользования межгосударственный стандарт ГОСТ 32144-2013 [1] или европейский региональный стандарт EMC61000-3-12 [2]). При этом выполнение требований к качеству электроэнергии зависит как от поставщиков, так и от потребителей энергии, что приводит к необходимости применения специальных мер обеими сторонами. Так что вопрос о виновнике снижения качества поставляемой электроэнергии, особенно в случае, когда к одному источнику подключены несколько потребителей, далеко не всегда является очевидным. Средством разрешения такого рода конфликтов является непрерывный мониторинг качества электроэнергии, позволяющий, в том числе, определить и причину снижения качества.

Среди различных показателей качества электроэнергии уровень гармонических составляющих представляет по ряду причин особый интерес для мониторинга. Прежде всего потому что повышенный уровень гармонических составляющих в низковольтных сетях создает помехи, негативным образом влияющие на работу подключенного к сети оборудования потребителей. Кроме того возрастание уровня гармоник приводит к дополнительным потерям электроэнергии, за которые приходится платить. И наконец, потому что представляет определенные трудности решение вопроса о том, кто является виновником его повышения. В связи с этим в данной статье акцентируется внимание лишь на мониторинге именно уровня гармонических составляющих в поставляемой энергии в сетях низкого напряжения, непосредственно используемых потребителями.

1 Фильтры гармоник в системе мониторинга качества электроэнергии

Основным источником гармоник в электросети являются нелинейные нагрузки, создаваемые оборудованием, подключаемым к сети потребителями. Эффективным средством снижения уровня гармоник в сети является применение специальных фильтров гармоник. Однако использование фильтров гармоник предполагает выполнение определенных требований, обусловленных в первую очередь спецификой нелинейной нагрузки. Эти требования формируют подход к разработке фильтров, пригодных к применению в рассматриваемых ситуациях. Предлагаемый в данной работе подход к проектированию фильтров гармоник заключается в использовании фильтров-прототипов низких частот, нагруженных с одной стороны [3], что вполне оправдано в случаях, когда сопротивление нагрузки фильтра значительно отличается от внутреннего сопротивления источника энергии. Для электросетей это условие выполняется.

В работе [4] на примере использования трехфазного выпрямителя рассмотрено применение простейшей фильтрации для снижения уровня гармоник, создаваемых такой нелинейной нагрузкой. В качестве фильтра гармоник в одной из рассмотренных в работе [4] топологий трехфазного выпрямителя используется дроссель переменного тока с индуктивностью $L=500\text{мкГн}$. На рис.1 представлены топологии такого выпрямителя без фильтра (А) и с фильтром (В).

В соответствии с предлагаемым подходом к проектированию сетевых фильтров эту индуктивность можно рассматривать как элемент фильтра низких частот (ФНЧ), нагруженного с одной стороны. Такой однозвенный фильтр в соответствии с данными, приведенными в работе [4], подавляет 5-ую гармонику до уровня 49,6%, в то время как стандарт допускает значение не более 18,7%. Т.е. такой индуктивности явно недостаточно.

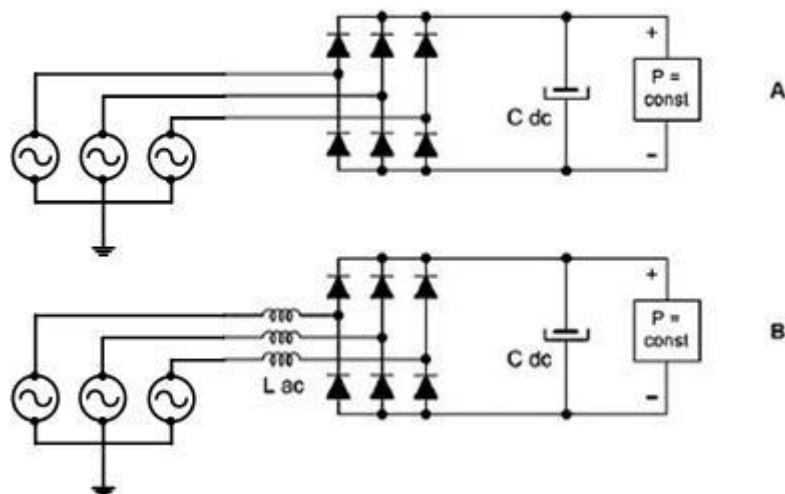


Рис. 1.

В цитируемой работе не предлагается дополнительных мер по дальнейшему снижению уровня гармоник в данном случае. Хотя выход очевидный – использовать фильтр с большим числом элементов. Действительно уже двухзвенный фильтр с максимально плоской частотной характеристикой даст ослабление 5-ой сетевой гармоники в 5 раз (до уровня, требуемого стандартом). 3-х фазный выпрямитель с двухзвенным LC фильтром переменного тока показан на рис.2.

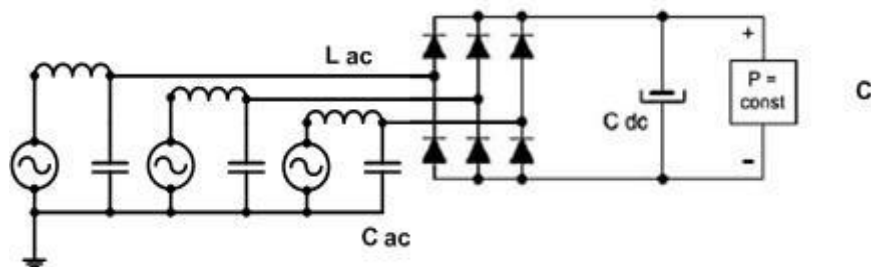


Рис. 2.

Контроль уровня гармоник с двух сторон фильтра позволяет определить, где эти гармоники образуются: со стороны источника электроэнергии или со стороны нагрузки. Необходимо, однако, обратить внимание еще на один аспект проектирования фильтров гармоник.

2 Особенности применения фильтров гармоник

При использовании сетевых фильтров гармоник необходимо принимать специальные меры по компенсации реактивной составляющей входной проводимости фильтра, наличие которой вызывает появление реактивной составляющей тока основной гармоники (что ведет к дополнительным потерям энергии). В случае применения фильтров, нагруженных с одной стороны, компенсация реактивной составляющей входной проводимости фильтра может быть реализована путем включения параллельно ФНЧ фильтра высоких частот (ФВЧ) таким образом, чтобы оба фильтра образовали диплексер со смежными полосами пропускания [5]. При определенном выборе элементов ФВЧ реактивная составляющая его входной проводимости в значительной мере компенсирует реактивную составляющую входной проводимости ФНЧ (на низких частотах). Наилучшая взаимная компенсация реактивных составляющих входных проводимостей фильтров достигается в случае расчета значений элементов фильтров, обеспечивающих максимально плоские частотные характеристики обоих фильтров. Выход ФВЧ (нагруженный определенным образом) может быть использован для мониторинга гармонических составляющих на входе ФНЧ.

Заключение

В заключение отметим, что требования к качеству электроэнергии формируются исходя из необходимости обеспечить электромагнитную совместимость при работе различного оборудования, подключаемого к сети потребителями. Эти требования находят отражение в договорах на поставку электроэнергии различным потребителям, что обуславливает необходимость постоянного

мониторинга качества поставляемой электроэнергии. Среди контролируемых параметров качества электроэнергии не последнюю роль играет уровень сетевых гармоник, для подавления (фильтрации) которых необходимо применять специальные меры. Определенные меры должны быть приняты и при мониторинге уровней гармонических составляющих в сети. Авторы надеются, что предложенные в данной работе подходы к решению этих вопросов помогут и разработчикам сетевых фильтров гармоник, и организаторам мониторинга качества электроэнергии обеспечить бесконфликтное взаимодействие поставщиков электроэнергии и ее потребителей.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. // <http://docs.cntd.ru/document/1200104301>
2. IEC 61000-3-12: Electromagnetic compatibility (EMC), Part 3-12: Limits for harmonics current produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16A and < 75A per phase. // IEC. Dec. 2011. <https://webstore.iec.ch/publication/4144>
3. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры свч, согласующие цепи и цепи связи, т.1. – М.: Связь. 1971.–439с.
4. Pietkiewicz A., Melly S. Proper selection of passive and active power quality filters for the mitigation of mains harmonics // Jan. 2009. <https://www.edn.com/design/power-management-design/4019563/Proper-selection-of-passive-and-active-power-quality-filters-for-the-mitigation-of-mains-harmonics>
5. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры свч, согласующие цепи и цепи связи, т.2.–М.: Связь. 1972.–495с.