

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ****Федоров А.С., Сергеев К.Г., Фоминых Ю.В.****Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Соломенцев В.М.*****Сибирский федеральный университет***

В настоящее время применение преобразователей частоты, а также систем частотного регулирования, созданных на их основе, стало обычным явлением. Отдельного внимания заслуживает электромагнитная совместимость преобразователей частоты, под которой понимается, с одной стороны, защищенность преобразователей частоты от внешних электромагнитных помех, а с другой – ограничение величины электромагнитных помех, выделяемых преобразователями в окружающую среду. При этом под окружающей средой подразумевается близко расположенное оборудование, чувствительное к электромагнитным излучениям, электрический двигатель рабочего механизма, а также электрооборудование, которое получает электроэнергию от тех же шин, что и система частотного регулирования.

Защищенность преобразователей частоты от внешних электромагнитных помех в большинстве общепромышленных установок и установок предприятий коммунального хозяйства оказывается достаточной без применения дополнительных мер. Исключения составляют промышленные установки с мощными источниками СВЧ, радиационного излучения и др.

Более серьезную проблему представляет устранение нежелательного влияния преобразователей частоты на окружающую среду.

Преобразователи частоты представляют собой статические аппараты, содержащие устройства силовой электроники и являющиеся источниками несинусоидальных токов во входных цепях и несинусоидальных напряжений на выходе преобразователя. Входным устройством преобразователя в общем случае является выпрямитель, поэтому входной ток оказывается несинусоидальным (что вызывает несинусоидальность напряжения на шинах, от которых преобразователь частоты получает питание). Выходные параметры преобразователя формируются инвертором, который обеспечивает выходное напряжение необходимой частоты и величины за счет регулирования длительности импульсов высокой частоты (до 20 кГц). Это означает, что выходное напряжение преобразователя также несинусоидальное, и к тому же в выходных силовых цепях преобразователя протекают токи, содержащие высокочастотные составляющие, оказывающие негативное влияние на приборы и устройства других систем, расположенные в непосредственной близости от преобразователя.

Отклонение от идеальной формы синуса является нежелательным в электрической сети и допустимо лишь в определенной степени. Влияние гармоник тока можно определить по коэффициенту нелинейных искажений THD (%).

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$

На рисунке ниже приведены примеры линейной и нелинейной (искаженной гармоническими колебаниями) форм синусоид

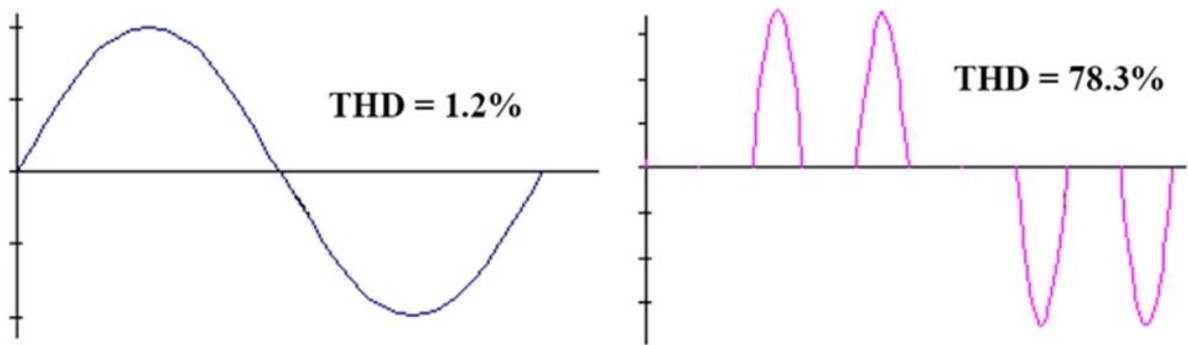


Рис. 1. Формы нормальной и искаженной синусоид напряжения

К сожалению, вопросам электромагнитной совместимости не всегда уделяется достаточное внимание. Для оценки негативного влияния преобразователей частоты необходимо принимать во внимание на какую аппаратуру и каким образом они могут оказывать воздействие.

Влияние входных несинусоидальных токов преобразователей частоты.

Несинусоидальные токи преобразователей частоты неизбежно приводят к образованию несинусоидального напряжения в электрической цепи, питающей преобразователь. Следствием этого являются возможные нарушения в работе устройств, получающих питание от тех же шин, что и преобразователь частоты. Эти нарушения определяются степенью несинусоидальности напряжения и в той или другой степени касаются большинства электротехнических устройств. В электродвигателях действие высокочастотных составляющих напряжения приводит к снижению КПД за счет увеличения потерь в стали и обмотках двигателя. Кроме того, при большом содержании высокочастотных гармоник возможны существенные колебания вращающего момента и скольжения асинхронных машин.

В трансформаторах неизбежным следствием воздействия несинусоидального напряжения является повышение потерь в стали и обмотках, а следовательно, и повышенный нагрев трансформатора. Кроме того, возникает дополнительный шум в работе трансформатора.

Силовые кабели также подвержены дополнительному нагреву вследствие протекания емкостных токов большей величины. В кабелях, которые соединяют выход преобразователя с электродвигателем, к тому же увеличивается вероятность пробоя изоляции из-за повышения скорости нарастания напряжения в импульсах, формируемых инвертором.

Конденсаторы, применяемые в системах электроснабжения для повышения коэффициента мощности, заслуживают особого внимания. Во-первых, наличие высокочастотных составляющих питающего напряжения приводит к увеличению токов конденсаторов. Во-вторых, при определенных соотношениях емкости конденсаторов при наличии гармонических составляющих напряжения может наступить явление резонанса, следствием которого может быть значительное повышение напряжения, прикладываемого к конденсатору. Последнее может стать причиной электрического пробоя изоляции.

Устройства коммутации и релейной защиты при воздействии несинусоидальных токов могут изменять время включения или отключения, а моторные реле могут даже изменять направление вращения.

Перечисленные последствия сложно исключить, но можно уменьшить воздействие несинусоидальных токов на работу электроустановок.

Влияние несинусоидального выходного напряжения преобразователя частоты.

Несинусоидальное напряжение на выходе преобразователя частоты является причиной ряда негативных последствий в работе устройств, подключенных к выходу преобразователя. В сетях с напряжением до 1000 В таким устройством обычно является электродвигатель рабочего механизма, а в установках с электродвигателями более 1000 В (при использовании низковольтного преобразователя) — повышающий трансформатор.

Влияние несинусоидального напряжения требует, чтобы электродвигатель или повышающий трансформатор были выбраны с некоторым запасом по мощности, учитывающим увеличение потерь от воздействия высокочастотных составляющих.

Влияние электромагнитных полей, создаваемых преобразователем частоты

Электромагнитные поля, создаваемые высокочастотными составляющими входных и выходных токов преобразователя частоты, являются источниками, которые могут оказывать негативное влияние на работу устройств автоматики, релейной защиты, связи и т. п., расположенных в непосредственной близости (десятки метров) от преобразователя частоты.

Перечисленные негативные последствия применения преобразователей частоты являются объективными явлениями. Вместе с тем они могут быть в существенной степени ослаблены при правильном проектировании систем частотного регулирования и, в частности, при выборе типов и вариантов комплектации преобразователей частоты.

Специалистам известно, что выпускаемые различными фирмами преобразователи частоты делятся на две группы: «неограниченного распространения» и «ограниченного распространения».

Преобразователи частоты «неограниченного распространения» в соответствии с требованиями Международной Электротехнической Комиссии 61800-3 могут применяться без ограничений, но при условии, что заказчиком выполнены все требования, содержащиеся в инструкциях по применению данного изделия.

При использовании преобразователей частоты «ограниченного применения» заказчику предлагается привлечь специализированную фирму для проектирования, монтажа и наладки системы частотного регулирования, чтобы быть гарантированным от нежелательного воздействия высших гармоник на работу оборудования.

Требования к содержанию высших гармоник во входных цепях преобразователей частоты регламентируются различными нормативными документами, в том числе рекомендациями Международной Электротехнической Комиссии, разрабатываемыми для национальных комитетов и комиссий, и стандартами на качество электроэнергии, действующими в каждой стране. В России требования к качеству электроэнергии изложены в ГОСТ 13109-97. Наиболее жесткими требованиями к содержанию высших гармонических отличается аналогичный стандарт США.

В настоящее время для уменьшения влияния несинусоидальности токов и напряжений разработан широкий спектр технических решений и устройств и в том числе:

- преобразователи частоты с так называемыми 12 (18, 24 и т. д.) пульсными входными выпрямителями, существенно снижающими протекание высокочастотных токов во входных цепях преобразователей;

- преобразователи частоты по технологии «active front end»;
- разделительные трансформаторы;
- сетевые дроссели (АС - реакторы);
- дроссели шины постоянного тока (DC - реакторы);
- дроссели двигателя (du/dt);
- синусные фильтры (sin - фильтры);

- фильтры подавления радиопомех (RFI - фильтры).

Процесс внедрения преобразователей частоты в настоящее время характеризуется непрерывным увеличением установленных мощностей. Особое внимание к вопросам электромагнитной совместимости требуется в установках, где суммарная мощность преобразователей частоты становится соизмеримой с установленной мощностью питающих трансформаторов или генераторов в автономных системах электроснабжения.

Действующие сегодня отечественные ГОСТы предъявляют требования по электромагнитной совместимости, в основном аналогичные требованиям стандартов Международной Электротехнической Комиссии. При неизбежном ужесточении контроля за их выполнением актуальность вопросов обеспечения электромагнитной совместимости будет возрастать.