

**УДК 621.31**

М.А. МУРАВЬЕВ, студент гр. ЭПб-131 (КузГТУ)

Научный руководитель: Е.В. СКРЕБНЕВА ст. преподаватель (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА ОБОРУДОВАНИЕ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Многочисленные исследования качества электроэнергии в электрических сетях показывают, что одной из острейших проблем на сегодня, является проблема искажения синусоидальности кривой напряжения. Это проблема в первую очередь касается и промышленных предприятий.

Проблема несинусоидальности токов и напряжения, или проблема высших гармоник, связана с тем, что в последнее время на предприятиях серьезные изменения претерпевает структурный состав потребителей электроэнергии. С каждым годом растет количество более мощных и новых электроприемников с нелинейной нагрузкой, несинусоидальные токи которых могут стать причиной негативных воздействий на эксплуатацию систем электроснабжения.

Проблемы в эксплуатации систем электроснабжения из-за наличия высших гармоник возникают тогда, когда суммарная мощность нелинейных потребителей будет сопоставима с характерной мощностью электрических сетей. У потребителей с долей мощности нелинейной нагрузки 10-15%, каких-либо особенностей в эксплуатации не возникает. А вот в случаях, если доля нелинейной нагрузки составляет 25% и выше, тогда следует ожидать проблем в эксплуатации из-за наличия высших гармоник по отношению к промышленной частоте.

К электроприемникам с нелинейной нагрузкой на предприятиях можно отнести:

- дуговое сварочное оборудование, дуговые сталеплавильные печи;
- преобразователи частоты для асинхронных двигателей или двигателей постоянного тока, трансформаторы.

Несинусоидальные токи возникают в результате преобразования нелинейной нагрузкой части энергии основной частоты в гармонические токи, которые вызывают искаженное падение напряжения на импедансе питающей сети. В результате напряжение с искаженной формой прикладывается ко всем другим нагрузкам, включенным в ту же цепь, что приводит к образованию гармонических токов, протекающим через них, даже если эти нагрузки имеют линейный характер.

Высшие гармоники оказывают неблагоприятное воздействие как на электросеть предприятия, так и на питающую систему в целом. Так при протекании токов высших гармоник по элементам системы электроснабжения возникают дополнительные потери активной мощности и электроэнергии. Наибольшие дополнительные потери активной мощности имеют место в трансформаторах, электродвигателях.

В трансформаторах, в первую очередь, пропорционально квадрату номера гармоники возрастают потери, вызванные вихревыми токами, которые обычно при полной нагрузке составляют около 10%. Результатом является намного более высокая рабочая температура и сокращение срока службы.

В электродвигателях несинусоидальные напряжения увеличивают потери на вихревые токи. Также дополнительные потери возникают в результате образования под воздействием гармонических токов магнитных полей в статоре, каждое из которых пытается вращать ротор электродвигателя с разной скоростью. Возникающие в роторе токи высокой частоты еще больше увеличивают потери. В системах электроснабжения, где присутствуют гармонические токи, номинальные параметры двигателя должны быть пересмотрены в сторону увеличения с учетом возможных потерь.

Несинусоидальные токи могут стать причиной сокращения срока службы и выхода из строя питающих кабелей. При питании нелинейных электроприемников по нулевому проводу кабеля будут протекать токи высших гармоник, кратные трем, которые складываются в нулевой жиле арифметически как сумма токов гармоник, кратные трем, в трех фазах. Наряду с этим в нулевой жиле возможно появление токов вследствие несимметричной загрузки фаз. В отдельных случаях действующее значение тока в данном проводнике может в 1,5–2 раза превышать ток в фазе. В большинстве кабельных линий низкого напряжения, сечения нулевого проводника меньше сечения фазной жилы, что может служить причиной его перегрева, при протекании по нему повышенного тока. Повышение температуры ускоряет старение изоляции кабеля и сокращает его срок службы.

Несинусоидальные токи и напряжения влияют на погрешность электроизмерительных приборов. Погрешность таких приборов обуславливается направлением гармоник. Существенное значение имеет увеличение погрешностей индукционных счетчиков активной и реактивной мощности. Значения этих погрешностей отражаются при учете потребления электрической энергии.

Так же из-за высоких частот гармонических токов становится ощутимым поверхностный эффект, который не учитывается на частоте питающей сети. Данный эффект проявляется в потерях электроэнергии и дополнительном выделении тепла. Для уменьшения негативных воздействий поверхностного эффекта можно использовать многожильные провода.

Ограничение несинусоидальности напряжения с наибольшей эффективностью может быть достигнуто на стадии проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий, но требует дополнительных затрат. Поэтому такое ограничение является технико-экономической проблемой, которую нельзя решать в отдельности от задачи компенсации реактивной мощности. Объясняется это тем, что компенсирующие устройства с емкостными параметрами (например, конденсаторные батареи, фильтры высших гармоник) в сочетании с индуктивным сопротивлением питающей сети могут приводить к резонансу в сети на высокой частоте, и следовательно, к увеличению отдельных гармоник тока и напряжения.

Основными мерами по борьбе с влиянием высших гармоник напряжения и тока на электроустановки являются:

- рациональное построение схемы электроснабжения;
- использование фильтров;
- применение схем выпрямления.

Рациональное построение схемы электроснабжения заключается в отделении нагрузки, создающей поступающие в сеть гармоники, от включенных в ту же сеть нагрузок, чувствительных к воздействию гармоник. Линейные и нелинейные нагрузки получают питание по разным цепям, ответвляющимся от общей точки соединения, и вызываемые нелинейной нагрузкой искажения не воздействуют на линейную нагрузку.

Увеличение числа фаз выпрямления является действенной мерой снижения уровней высших гармоник. Однако анодные трансформаторы для большого числа фаз выпрямления получаются сложными, дорогими и ненадежными. Поэтому для мощных преобразователей применяют, как правило, не более чем 12-фазный режим выпрямления.

Фильтры гармоник представляют собой последовательно соединение емкостного и индуктивного сопротивлений, настроенных в резонанс на фильтруемую гармонику. Эффективность фильтра зависит от его реактивной мощности, импеданса сети в точке подключения, а также точности настройки. Неточная настройка звеньев фильтра может привести не только к уменьшению его эффективности, но и к увеличению гармоник напряжения на шинах подстанции.

Для более эффективной работы необходимо использовать несколько фильтров, настроенных каждый на свою частоту, начиная с гармоники самого низкого порядка, возникающей при работе нелинейной нагрузки. При неверном подключении фильтров коэффициент несинусоидальности в точке их подключения не только не уменьшается, но может значительно увеличиваться. Возникает перегрузка батарей конденсаторов в цепи фильтра токами высших гармоник, которая ведет к выходу из строя конденсаторных батарей и фильтра высших гармоник.

Недостатком фильтров является высокая стоимость, обусловленная стоимостью батарей конденсаторов. Поэтому применение фильтров целе-

сообразно лишь в случаях, когда требуется не только уменьшить гармонические искажения электросети, но и скомпенсировать реактивную мощность в рассматриваемом пункте системы электроснабжения.

Таким образом, в настоящее время на предприятиях, из-за роста нелинейных нагрузок, стоит задача по уменьшению влияния высших гармоник напряжения и тока на электрооборудование. Установкой силовых фильтров высших гармоник можно добиться снижения уровня гармонических искажений в электрических сетях предприятия. Однако из-за высокой стоимости силовых фильтров, их установка должна быть экономически обоснована. Для этого необходимо провести всесторонние измерения параметров сети, и на их основе сделать вывод о целесообразности установки фильтров.

Так же для уменьшения высших гармоник поможет правильное проектирование электросетей предприятия, подбор соответствующего электротехнического оборудования и надлежащее техническое обслуживание.

#### Список литературы

1. Причины появления гармонических искажений. – [Электронный ресурс].

URL:[http://ru.electricalinstallation.org/ruwiki/Причины\\_появления\\_гармонических\\_искажений](http://ru.electricalinstallation.org/ruwiki/Причины_появления_гармонических_искажений).

2. Гармоники тока и напряжения в электросетях. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.matic.ru/clients/articles/harmonics-voltage-and-current-in-electrical-networks/>

3. В.Н. Тульский. Влияние высших гармоник тока на режимы работы кабелей распределительной сети 380 В.[Текст] / Промышленная энергетика, 2013. – № 5. – С. 39-44.

4. David Chapman, March 2001, “Power quality application guide. Harmonics. Causes and effects.”// Copper Development Association, United Kingdom. 2