

УДК 621.311

НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТЬ НАПРЯЖЕНИЯ И ПУТИ ЕЕ СНИЖЕНИЯ NON-SINUSOIDAL VOLTAGE AND WAYS TO REDUCE IT

В.В. Смоленский, Д.В. Полонский

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

astarginsky@bntu.by

V. Smolensky, D. Polonsky

Supervisor – A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Аннотация: данная статья содержит информацию об одном из главных показателей качества электрической энергии – несинусоидальности напряжения, способах уменьшения её влияния на энергосистему.

Abstract: This article contains information about one of the main indicators of the quality of electric energy - non-sinusoidal voltage, ways to reduce its impact on the power system.

Ключевые слова: несинусоидальность, напряжение, фильтрокомпенсирующие устройства, качество электроэнергии, компенсация реактивной мощности, трехфазный компенсатор реактивной мощности.

Key words: non-sinusoidality, voltage, filter-compensating devices, power quality, reactive power compensation, three-phase reactive power compensator.

Введение

В данной статье рассмотрены и описаны причины возникновения и методы снижения несинусоидальности напряжения. Данная проблема имеет высокое влияние на технико-экономическую составляющую энергетики. В связи с внедрением на предприятия новых технологий, а также расширением самих предприятий, вследствие чего увеличивается количество устройств с нелинейной вольтамперной характеристикой, таких как: сварочные установки, электродуговые печи, силовые трансформаторы, вентильные преобразователи, газоразрядные лампы и другие. В связи с этим стоит острый вопрос по снижению влияния несинусоидальности в сетях переменного тока в кратчайшие сроки.

Основная часть

Качество электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения нормируется в соответствии с действующим межгосударственным стандартом ГОСТ 32144 – 2013. Рассмотрим один из показателей качества электроэнергии (КЭ), как несинусоидальность.

Трехфазное напряжение, находящееся в фазном смещении равным 120° , называется симметричным. При нарушении симметрии в многофазной системе, трехфазную можно разложить на три симметричные составляющие – систему прямой последовательности и накладываемые на нее системы обратной и нулевой последовательности.

Гармонические составляющие напряжения, как правило, обусловлены нелинейной нагрузкой потребителей в энергосистеме. Что приводит к искажениям кривой переменного тока, а в следствии приводит к изменению кривой напряжения в электрических сетях отличной от требуемой частоты.

Одним из основных показателей несинусоидальности напряжения является коэффициент гармонических составляющих:

$$k_U = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} 100\% \quad (1)$$

где $U_2, U_3, U_4, \dots, U_n$ – действующие значения высших гармоник;
 U_1 – действующее значение основной гармоники (1-ой).

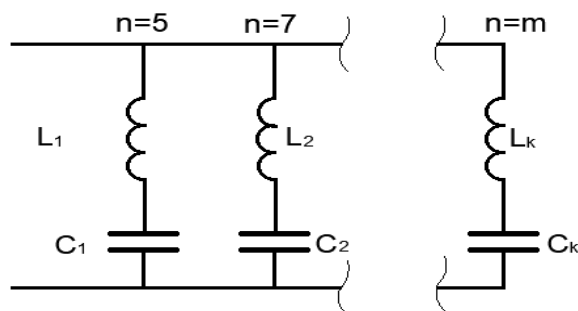
Согласно ГОСТ 32144 – 2013 k_U для электрических сетей 0,38 кВ не должно превышать 8.0%; для сетей 6 – 25 кВ 5%; 35 кВ – 4%; 110 кВ и более – 2%.

Основными источниками искажения напряжения являются частотные преобразователи, выпрямители и импульсные источники питания, сварочные аппараты, дуговые печи, энергосберегающие и LED-лампы.

Рассмотрим последствия несимметрии напряжений:

- 1) дополнительные потери мощности. Повышение коэффициента несимметрии приводит к увеличению потерь рассеивания;
- 2) перегрев и вибрации, приводящие к преждевременному старению всех деталей;
- 3) снижение КПД установок;
- 4) возникают ошибки в измерительных приборах из-за искажения формы сигнала;
- 5) перегрузки электродвигателей.

Одним из способов для снижения пагубного влияния гармоник является использование пассивных (резонансных) фильтров, которые конфигурируются под каждый отдельный случай таким образом, чтобы подавлять определенные гармоники. Схема пассивного фильтра указана на рисунке 1.



n – порядок гармоники

Рисунок 1 – Схема пассивного фильтра

Суммарное сопротивление звена можно найти из выражений:

$$n_p = \frac{f_p}{f_0}, \quad (2)$$

где f_p – резонансная частота звена; f_0 – основная частота сети.

$$X_{зв} = X_L - X_C \quad (3)$$

где X_L , X_C – сопротивления элементов звена основной гармоники.

$$X_L = X_{L(n)} / n_p, \quad (4)$$

$$X_C = X_{C(n)} n_p. \quad (5)$$

где $X_{L(n)}$, $X_{C(n)}$ – сопротивление резонансной гармоники.

$$X_{зв} = \frac{1-n_p^2}{n_p^2} X_C \quad (6)$$

С учетом того, что $n_p > 1$, можно сказать, что суммарное сопротивление звена будет иметь емкостной характер ($X_{зв} < 0$).

Резонансный фильтр является эффективным методом компенсации гармоник в узком спектре. Однако использование такого устройства для компенсации широкого спектра является материал затратной задачей, т.к. пассивные фильтры не могут менять регулируемые ими параметры.

Активные фильтры гармоник – это современные электронные устройства, предназначенные для динамического подавления гармонических искажений в реальном времени. Они компенсируют несинусоидальные токи, создаваемые нелинейными нагрузками. Активный фильтр – это система, подключаемая параллельно к установке и работающая как «идеальный» генератор тока, способный одновременно генерировать токи разных частот (обычно в диапазоне 50 Гц ÷ 2500 Гц). С помощью внешних трансформаторов тока (ТТ), установленных в точке системы, где требуется снижение искажения тока, активный фильтр измеряет гармонические составляющие тока и «впрыскивает» (с фазовым углом 180°, то есть в противофазе) такие же гармонические токи по амплитуде и частоте, как и измеренные.

Заключение

Пассивные фильтры хорошо показывают себя, когда система работает стабильно и не появляется нужды в компенсации новых гармонических составляющих. Их использование в системах с динамическим изменением гармонических искажений экономически не имеет смысла. Активные же фильтры это современное решение проблемы гармонических искажений в динамических системах с постоянно изменяющейся нагрузкой.

Литература

1. Абрамович, Б. Н. Коррекция коэффициента мощности в сетях нефтепромыслов с помощью активного фильтра / Б. Н. Абрамович. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:127373252>.
2. Богачев, В. С. Повышение качества энергии в сетях электропитания потребителей // М : Электро. - 2011. - № 1. – С. 47-51.
3. Магеррамов, Р. В. Активные и пассивные электрические фильтры / Р. В. Магеррамов. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2017. – № 2(136). С. – 148-152. – URL: <https://moluch.ru/archive/136/38046/> (дата обращения: 01.05.2025).