

ПРОБЛЕМА ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**С. В. Лаевский***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Рудченко

Введение. С развитием промышленности Республики Беларусь и увеличением различного числа потребителей на работу электрооборудования все больше оказывают влияние несинусоидальные токи и напряжения, возникающие в результате влияния высших гармоник в электрических сетях. Любые приборы и оборудование с нелинейными характеристиками являются источниками гармоник в своей сети. Проблемы, создаваемые гармониками:

- дополнительный нагрев, вследствие чего выходят из строя предохранители, конденсаторы, газоразрядные лампы (ртутные и люминесцентные), трансформаторы электродвигателей и другое оборудование;
- гармонический шум (частые переходы через 0) могут служить причиной неправильной работой компонентов систем контроля;
- наличие третьей гармоники и ее производных 9, 12 и т. д. может потребовать увеличения сечения нулевого рабочего проводника;
- ложные срабатывания автоматических выключателей и предохранителей;
- повреждение чувствительного электронного оборудования.

Анализируя данные проблемы, можно сделать вывод о том, что в современных жилых домах и административных зданиях практически не осталось приборов и техники, потребляющих из сети чисто синусоидальный ток. Данное обстоятельство дает повод задуматься о вероятных проблемах, связанных с высшими гармониками в электрических сетях таких потребителей. Несмотря на то что мощность каждого отдельного такого прибора или устройства мала, суммарная мощность искажений большого их количества может негативно сказаться на работе системы электроснабжения.

Цель работы – определить источники гармонических колебаний и проанализировать их работу в электрических сетях.

Гармоники – есть продолжительные возмущения или искажения в электрической сети, имеющие различные источники и проявления, такие как импульсы, перекосы фаз, броски и провалы, которые могут быть категоризованы как переходные возмущения [1].

Гармоники можно классифицировать по трем параметрам: порядку (номеру), частоте и типу последовательности. Эти параметры полностью определяют свойства гармонических составляющих в электросети [1].

Гармоники прямой или обратной последовательности не отличаются друг от друга по степени влияния на электрическую сеть. Они одинаково вредны независимо от типа последовательности.

Гармоники нулевой последовательности имеют частоту кратную трем по отношению к основной частоте (табл. 1). Эти гармоники протекают по нулевому проводнику, и ток в нем может быть таким же по величине, как и в фазном проводе, и даже превышать его. Это приводит к перегреву нулевого провода и, соответственно, к необходимости выполнять и нулевой, и фазные проводники жилами одинакового сечения.

Таблица 1

Основные параметры гармоник

Порядок	Частота	Последовательность
1	50	+
2	100	-
3	150	0
4	200	+
5	250	-
6	250	0
7	350	+
8	400	-
9	450	0
...		
n	$50n$	-

Типичные гармонические токи, показанные как процент от фундаментального тока 50 Гц, показаны на рис. 1. Пример разложения формы кривой тока на гармонические составляющие представлен на рис. 2.

Номер гармоники	Типичное содержание в % гармоник тока	
	6-ти пульсный выпрямитель	12-ти пульсный выпрямитель
-		
1	100	100
5	20	-
7	14	-
11	9	9
12	8	8
17	6	-
19	5	-
23	4	4
23	4	4

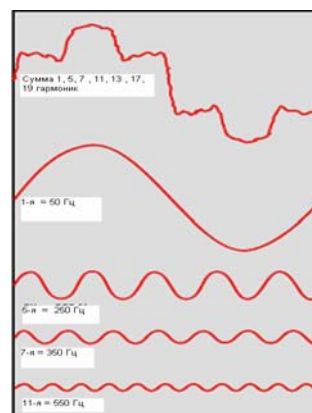


Рис. 1. Типичные гармонические токи в процентном содержании

Рис. 2. Разложение формы кривой тока на гармонические составляющие

Источники всех гармонических колебаний в электрических сетях могут быть объединены в основные группы: электромагнитные и электронные балласты систем освещения; электросварочное оборудование; однофазное электрооборудование; электромагнитные дроссели для газоразрядных ламп; устройства плавного пуска; регулируемые электроприводы.

При определенных обстоятельствах, гармонические потоки могут превысить ток фундаментальной гармоники 50 Гц, протекающей через конденсатор. Эти гармонические проблемы могут также вызвать увеличение напряжения на конденсаторе, которое может превысить максимально допустимое значение и привести к пробое конденсатора.

Пробой конденсатора может возникать из-за резонанса, который возникает при равенстве емкостного и индуктивного реактивных сопротивлений $X_L = X_C$ в параллельной или последовательной цепи с нелинейными нагрузками, конденсаторами или индуктивными нагрузками.

$$\begin{aligned} X_L &= \omega \cdot L \\ X_C &= 1/\omega C \end{aligned} \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C}.$$

Значение частоты, на которой имеет место равенство емкостного и индуктивного реактивных сопротивлений, называется резонансной частотой f_R .

$$\omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow 2\pi f_R \Rightarrow f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Оба реактивных сопротивления зависят от частоты f , но индуктивное сопротивление X_L имеет прямо пропорциональную зависимость, тогда как емкостное сопротивление X_C обратно пропорционально частоте. Поэтому с ростом частоты значение реактивного емкостного сопротивления X_C уменьшается, а реактивного индуктивного сопротивления X_L увеличивается.

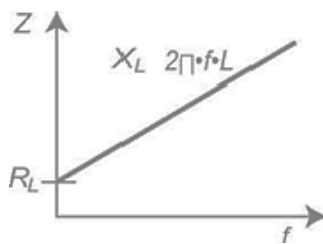


Рис. 3. Реактивное сопротивление катушки индуктивности

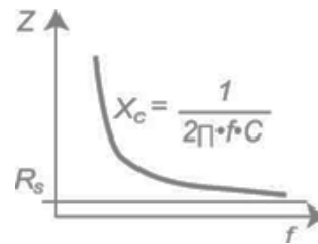


Рис. 4. Реактивное сопротивление конденсатора

Резонанс может произойти на любой частоте, но в основном это 5-, 7-, 11- и 13-я гармоники, которые генерируются 6-пульсными системами выпрямления трехфазного напряжения. Для уменьшения явления резонанса в распределительных сетях, где установлены конденсаторы, можно обозначить несколько путей. Изменяя выходную мощность конденсаторной установки, мы можем отстроиться от опасной резонансной частоты. Резонансная частота с включением каждого шага конденсаторной установки изменяется. Гармонические искажения могут также подавляться в электрических системах при использовании в них гармонических фильтров.

Заключение. Определены основные источники гармонических колебаний. Выявлено, что при определенных обстоятельствах гармонические потоки могут превысить ток фундаментальной гармоники 50 Гц и привести к пробое конденсатора. Предложены меры по уменьшению данных явлений.

Прежде чем приступать к внедрению конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности на предприятии, а также фильтров гармоник необходимо провести всесторонние измерения параметров сети: активную реактивную, полную мощность, величину и уровни гармоник тока и напряжения, провалы и перенапряжения в линии.

Л и т е р а т у р а

1. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – / И. В. Жежеленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.