

УДК 621.3

Гаврилова Кристина Сергеевна,  
ЗабГУ, г. Чита  
K.S. Gavrilova,  
ZabGU, Chita

Научный руководитель:  
Какауров Сергей Владимирович,  
Scientific supervisor: S.V. Kakaurov.  
ZabGU, Chita

**ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ  
НА РЕЖИМ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ  
THE METHODS OF HIGHER HARMONICS  
COMPENSATION ARE DESCRIBED IN THE ARTICLE**

**Аннотация:** В данной статье проводится анализ влияния гармонической составляющей тока и напряжения на качество электроэнергии, причины. Методы компенсации высших гармоник в сетях.

**Ключевые слова:** гармоники напряжений, фильтрокомпенсирующие устройства, качество электроэнергии.

**Abstract:** This article analyzes the impact of harmonic component of current and voltage on the quality of electricity, the causes. Methods of compensation of higher harmonics in networks.

**Keywords:** voltage harmonics, filter compensating devices, power quality.

**Актуальность.** Проблема качества электроэнергии в распределительной сети становится все более острой из-за наличия высших гармоник, вызванных нелинейными нагрузками потребителей, такими как энергосберегающие устройства. Главным виновником ухудшения ситуации являются крупные металлургические предприятия с резкопеременными нагрузками и системы тягового электроснабжения железной дороги.

В современном мире все чаще можно наблюдать изменения в характере электрических нагрузок, вызванные широким распространением статических силовых преобразователей, частотно-регулируемых электроприводов и энергосберегающих систем освещения. Системы электроснабжения на промышленных предприятиях, а также у физических и юридических лиц, потребляющих электроэнергию (офисы, жилые дома) все чаще подвергаются значительным искажениям синусоидальной формы токов. Особенность искажающих нагрузок заключается в том, что они зачастую являются однофазными.

**Целью работы.** Для анализа воздействия гармоник напряжения на работу сети необходимо рассмотреть следующие:

Изучение теоретических аспектов данной проблемы с целью выявления влияния гармоник напряжения на функционирование распределительных сетей.

Анализ методов решения проблемы, включая изучение способов оценки коммерческой эффективности фильтрокомпенсирующих устройств.

**Объект исследования.** Распределительная сеть 0,4 кВ

**Предмет исследования.** Взаимосвязь параметров высших гармоник в сетях 0,4 кВ с показателями качества электроэнергии.

**Методы исследования.** Теоретические решения в сочетании с экспериментальными исследованиями с последующим моделированием.



### 1. Основная часть

В связи с наблюдающимся в настоящее время широким внедрением во всех отраслях хозяйства автоматизированных электроприводов, созданных на основе силовых полупроводниковых преобразователей постоянного и переменного тока, возрастает объем генерации ими в питающую сеть неактивных составляющих мощности. Это, в свою очередь, приводит к дополнительным потерям электроэнергии в распределительных электрических сетях.

Гармоники – это синусоидальные волны, суммирующиеся с основной частотой 50 Гц (т.е. 1-я гармоника = 50 Гц, 5-я гармоника = 250 Гц). ГОСТ на качество электроэнергии регламентирует высшие гармоники с помощью коэффициента пульсаций гармоник. Высшие гармоники увеличивают потери в энергетических сетях, снижая коэффициент полезного действия оборудования, вызывая паразитные тормозные моменты в двигателях, потери в магнитопроводах трансформаторов, дополнительный нагрев и выход из строя конденсаторов, предохранителей, электродвигателей, люминесцентных ламп, ложные срабатывания автоматических выключателей и предохранителей. Наличие третьей гармоники и ее производных 9, 12 в нейтрали может потребовать увеличения сечения ее проводника. Гармонический шум (частые переходы через ноль), может служить причиной неправильной работой компонентов систем контроля. Также наличие высших гармоник в сети ведет к повреждению чувствительного электронного оборудования.

Согласно ГОСТ, допустимые значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения для сетей 0,4 кВ составляют 8%, а предельно допустимые 12%. Наибольшее искажение в синусоидальный сигнал вносят гармоники 3, 5, 7 порядка.

Параметр, указывающий на уровень влияния нелинейных искажений, или по-другому степень отличия формы сигнала от синусоидальной, называется коэффициентом нелинейных искажений  $K_u$ .

$$K_u = \frac{\sqrt{U^2(2)+U^2(3)+\dots+U^2(40)}}{U(1)} \quad (1)$$

$U(1)$  – действующее значение напряжения 1-ой гармоники

$U(2), U(3) \dots U(40)$  – действующие значения напряжения высших гармоник.

Следовательно, можно определить общую долю суммарного напряжения высших гармоник по отношению к напряжению основной частоты.

Все гармоники делятся по трем характеристикам:

- порядковый номер – это число, показывающее во сколько раз, частота гармонической составляющей превышает частоту основной гармоники.;

- частоте – определяется путем умножения порядкового номера гармоники на значение основной частоты – 50 Гц;

- типу последовательности – делятся гармоники прямой и обратной последовательности.

Гармоники классифицируются

Главные источники гармоник:

- Электросварочное оборудование;
- Электромагнитные и электронные балласты систем освещения;
- Однофазное электрооборудование;
- Электромагнитные дроссели для газоразрядных ламп;
- Устройства плавного пуска;
- Регулируемые электроприборы



Воздействия гармоник на электрическую сеть

- Увеличение транспортируемой мощности и снижение коэффициента мощности сети;
- Несанкционированное срабатывание автоматических выключателей;
- Перегрузка проводников (нагрев провода);
- Вибрация и перегрузки различных механизмов;
- Возникновение колебаний в энергосистемах;
- Ложное срабатывание устройств РЗА;
- Снижение реактивного сопротивления конденсаторов;
- Ложные показания измерительной аппаратуры;
- Помехи в устройствах управления.

Для анализа качества электросети и выявления высших гармоник применяются, в частности, многофункциональные измерительные приборы или по-другому анализаторы качества электроэнергии.

Они позволяют получать подробную информацию по всем основным характеристикам качества электроэнергии, таким как:

1. коэффициент мощности;
2. коэффициент амплитуды;
3. среднеквадратичные значения тока и напряжения;
4. значения активной, реактивной и полной мощности;
5. активной и реактивной энергии в прямом и обратном направлении;
6. суммарный коэффициент гармоник THD тока и напряжения;
7. коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения;
8. дисбаланс напряжения.

Также другие параметры, которые в целостности дают возможность получить точную оценку не только гармонических величин, но и провести полный анализ состояния сетей.

#### 2. Последствия высших гармоник.

К последствиям гармоник тока для электроустановок 10/6-0,4 кВ можно отнести:

- перегрев и разрушение нулевых рабочих проводников кабельных линий;
- дополнительные потери в силовых трансформаторах (вплоть до выхода из строя);
- ложное срабатывание предохранителей и автоматических выключателей;
- повышенный износ, вспучивание и преждевременное разрушение конденсаторов установок компенсации реактивной мощности;
- ускоренное старение изоляции проводов и кабелей;
- ухудшение качества (несинусоидальность) питающего напряжения;
- сбой в работе и физический выход из строя компьютерного оборудования;
- преждевременный выход из строя электродвигателей;
- резонансные явления в электроустановках 0,4 кВ;
- снижение коэффициента мощности электроустановок.

3. Один из методов компенсации высших гармоник. Фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ).

Фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), также известные как силовые фильтры гармоник, играют важную роль в регулировании качества электрической энергии. Они имеют небольшую мощность и распределены по всей сети. ФКУ выполняют не только функцию ослабления высших гармоник токов и напряжений, но и компенсируют реактивную мощность, а также регулируют напряжение в точке подключения.

Фильтрокомпенсирующие устройства надежны в эксплуатации, обладают высоким КПД и быстродействием, с чем связано его все более широкое распространение (вытесняются синхронные компенсаторы).



ФКУ применяется в сетях низкого (до 1000 В) и высокого (до 220 кВ) напряжения.

Мощность ФКУ – от десятков кВ\*А до сотен МВ\*А.

ФКУ разрабатываются и проектируются для каждой конкретной задачи отдельно.

Это способствует достижению высоких показателей фильтрации и планомерной коррекции коэффициента мощности ФКУ.

**Вывод:** Проблема высших гармоник в электрических сетях не теряет актуальность и требует пристального внимания, так как является негативным фактором. Дальнейшие исследования в этой области даст намного больше ответов в следствии чего можно будет подвести более детальные итоги с экспериментальным исследованием.

*Список литературы:*

1. Об энергосбережении и о повышении эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон № 261-ФЗ. – от 23.11.2009.

2. Влияние напряжения на параметры электропотребления при наличии высших гармоник. А.Н. Скамьин, В.С. Добуш, Ю.В. Растворова.

3. Темербаев, С. А. Гибридные фильтрокомпенсирующие устройства для управления качеством электроэнергии в распределительных сетях: автореферат дисс... канд. техн. наук: 05.14.02. Красноярск, СФУ, 2013. 19 с.

4. ГОСТ 30804.4.7-2013. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств

5. Коваленко, Д. В. Негативное воздействие токов высших гармоник на элементы системы электроснабжения / Д. В. Коваленко, Д. И. Плотников, Е. Е. Шакенов, И. О. Кулинич.

6. Куско А., Томпсон М. Качество энергии в электрических сетях / А. Куско, М. Томпсон: пер. с англ. Рабодзея А. Н.

7. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии / Ю.С. Железко. – М.: Энергоатомиздат, 1985

