

---

УДК 621.316

Н.С. САМОЙЛОВ, студент гр. 28026 (ЮГУ)

Научный руководитель Д.С. ОСИПОВ, д.т.н., профессор (ЮГУ)

г. Ханты-Мансийск

**ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА ЭЛЕКТРОУСТА-  
НОВКИ И МЕТОДЫ ИХ ФИЛЬТРАЦИИ**

В текущее время на промышленных предприятиях получили значительное распространение нагрузки, характеристики которых нелинейны. Подобные нагрузки потребляют ток несинусоидальной формы, в результате чего возникает нелинейное искажение кривой напряжения или же несинусоидальные режимы работы сети [1].

С каждым годом увеличивается количество электроприемников на предприятиях, которые генерируют высшие гармоники тока в систему энергоснабжения. К ним относятся: дуговые печи, сварочные аппараты, станции управления электродвигателями, статические преобразователи и так далее [3].

Наличие высших гармоник в системах энергоснабжения приводит к дополнительным потерям, а также негативно сказывается на качестве электроэнергии, выходя из допустимых пределов, установленных ГОСТ 32144–2013 [2].

Высшие гармоники оказывают влияние на такие электроприемники, как:

- **Электродвигатели.** Основным отрицательным влиянием, которое оказывают высшие гармоники на электродвигатели, являются потери в обмотках ротора [4]. Это приводит к перегреву, уменьшению срока службы изоляции, экономическим потерям, а также выходу из строя.
- **Линии электропередачи.** Потери электроэнергии в линиях электропередач, которые возникают из-за присутствия высших гармоник в сети, приводят к нагреву. Нагрев приводит к ускорению старения изоляции, а последствиями этого является увеличение количества повреждений воздушных и кабельных линий электропередач [4].
- **Батареи конденсаторов.** «Присутствие высших гармоник в кривой напряжения приводит к более интенсивному старению диэлектрика конденсаторов, как следствие уменьшение срока службы, а в некоторых случаях приводит к возгоранию и деформации батареи конденсаторов» [1].
- **Приборы учета.** «Наличие гармонических искажений в напряжении и токе в системе энергоснабжения значительно сказывается на приборах учета. Относительная погрешность измерения различными типами счётчиков при величине сдвига фаз между напряжением и током на каждой из гармоник и определённом соотношении гармоник может превышать погрешность прибора учета» [5]. Это приводит к «недоучету» или

«переучету» электроэнергии, что сказывается на оплате услуг поставки электроэнергии.

- **Релейная защита и автоматика.** Высшие гармоники могут вызвать некорректную работу релейной защиты и автоматики. Необоснованное отключение электродвигателя при пуске является наиболее частным видом ошибочной работы релейной защиты. Это связано с увеличением в пусковом токе высших гармонических составляющих [6].
- **Трансформаторы.** Гармоники тока и напряжения приводят к увеличению температуры трансформатора. В трансформаторах дополнительные потери из-за гармоник повышаются пропорционально квадрату тока, приводя к снижению коэффициента полезного действия, снижению срока службы изоляции и преждевременному выходу из строя [7].

Для устранения высших гармоник используются различные методы фильтрации, которые рассмотрел автор [8].

Пассивные фильтры являются самым распространенным методом уменьшения уровня высших гармоник тока потребления нелинейных нагрузок. Чаще всего для снижения каждой гармоники применяются одноконтурные RLC-фильтры. При использовании пассивного фильтра резонансного фильтра, схема проходит настройку под определенную частоту. Но при проектировании подобных фильтров требуется проводить тщательный анализ нагрузки и качества электроэнергии сети.

Импеданс  $Z$  секции пассивного фильтра можно найти через выражение

$$Z = R + j(X_L - X_C), \quad (1.1)$$

где  $X_L = \omega L$ ,  $X_C = 1/(\omega L)$ .

Добротность индукторов можно вычислить по формуле

$$Q = \omega L / R = X_L / R. \quad (1.2)$$

Пассивные фильтры имеют ряд преимуществ, таких как невысокая стоимость и отсутствие нужды в источнике питания, но и недостатков, которые включают в себя проблемы с адаптацией к фиксированной частоте.

Помимо пассивных фильтров, которые фактически замыкают гармоники на землю, имеются активные фильтры с возможностью генерации напряжения и токов на частотах гармоник в противофазе. В активных фильтрах в качестве элементов используются мощные полевые транзисторы с изолированным затвором и биполярные транзисторы с изолированным затвором.

Активные фильтры обладают рядом преимуществ, таких как [8]:

- **Высокое качество фильтрации.** Благодаря блоку управления, в котором используется микропроцессор, и по этой причине фильтр можно использовать при различных условиях.

— **Малые габариты.** Рабочая высокая частота позволяет уменьшить габариты конденсаторы и индуктивности.

— **Гибкость.** Более гибкая настройка в отличии от пассивных фильтров.

Но наличие таких недостатков, как сложная конструкции и высокая цена разработки, заставляет задуматься о целесообразности их установки.

Проведенный анализ влияния высших гармоник на различные виды электроустановок при недопустимых уровнях приводит к возникновению технической составляющей ущерба. Были рассмотрены способы фильтрации высших гармоник с помощью активных и пассивных фильтров, их достоинства и недостатки.

Список литературы:

1. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. 35 – 42 с.

2. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения – Введ. 01.07.2014. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.

3. Алферов, А. А. Влияние высших гармоник в электрических сетях предприятия на надежность кабельных линий / А. А. Алферов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XI Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 28–29 апреля 2011 года / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого. – Гомель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, 2011. – С. 501-504. – EDN RDOLHM.

4. Исследование высших гармоник в электрических сетях низкого напряжения / Д. Ю. Руди, А. И. Антонов, М. Г. Вишнягов [и др.] // Омский научный вестник. – 2018. – № 6(162). – С. 119-125. – DOI 10.25206/1813-8225-2018-162-119-125. – EDN VQNFZY.

5. Артемьев, В. С. Влияние высших гармоник на работу измерительных приборов учета электроэнергии / В. С. Артемьев, А. А. Хакимов // Современная наука: проблемы и перспективы : Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Душанбе, Таджикистан, 11 мая 2022 года / Под общей редакцией А.И. Вострецова. – Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2022. – С. 18-20. – EDN VELVFU.

6. Баширов, М. Г. Анализ влияния высших гармоник в электрических сетях промышленных предприятий на работу систем релейной защиты и автоматики / М. Г. Баширов, В. Н. Шикунов // Известия высших учебных

---

заведений. Проблемы энергетики. – 2006. – № 11-12. – С. 41-44. – EDN KFQJKT.

7. Слесаренко, Д. Д. Изучение влияния высших гармоник на потери мощности силовых трансформаторов / Д. Д. Слесаренко // Молодежная наука Сибирского региона : Труды XXIII Межвузовской научно-практической студенческой конференции КрИЖТ ИрГУПС, в 2-х т., Красноярск, 24 мая 2019 года / отв. ред. В.С. Ратушняк. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», 2019. – С. 134-138. – EDN BPDSJF.

8. Куско, А. Качество электроэнергии в электрических сетях / Куско А., Томпсон М.: пер. с англ. Рабодзея А.Н. – М.: Додэка-XXI, 2008. – 336 с.

Информация об авторах:

Самойлов Никита Сергеевич, студент гр. 28026, ЮГУ, 628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д. 16, [nikita\\_samoilov@bk.ru](mailto:nikita_samoilov@bk.ru)