

---

УДК 621.316

Ю.Ю. КАРАКУЛОВА, студент группы ЭРб-171 (КузГТУ)  
Научный руководитель О.А. ДИНКЕЛЬ, старший преподаватель (КузГТУ)  
г. Кемерово

### **ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

До конца 1990 года линейные нагрузки (лампы накаливания, двигательная нагрузка и т.д.) занимали значительную часть в энергосистеме. Изобретение микроволновых печей, телевизоров, неоновых осветительных приборов, компьютеров и других нелинейных электроприемников привело к резкому возрастанию доли нелинейных нагрузок и увеличению доли их электропотребления [1].

На сегодняшний день в квартирах людей большинство бытовых приборов имеют нелинейную нагрузку.

Нелинейной является та нагрузка, которая, питаясь от синусоидального источника напряжения, создает несинусоидальный ток потребления.

Потребление несинусоидального тока приводит к созданию высших гармоник в системах электроснабжения, которые негативно влияют на качество электроэнергии и оборудование:

1. Рабочие проводники и кабельные линии перегреваются, а это, в свою очередь, приводит к их разрушению;
2. Может произойти искажение синусоидальности питающего напряжения, если импульсная нагрузка питается несинусоидальным током, то есть синусоида деформируется (становится плоской по форме);
3. Дополнительные потери, возникающие из – за высших гармоник, приводят к нагреву трансформаторов, уменьшая их срок службы;
4. Несинусоидальный ток ухудшает работу батарей конденсаторов, что приводит к выходу из строя трансформатора;
5. С увеличением температуры ускоряется старение изоляции, что приводит к сокращению срока службы электрооборудования;
6. За счет протекания несинусоидального тока происходит дополнительный нагрев внутренних элементов защитных устройств, что приводит к необоснованному срабатыванию автоматических выключателей и предохранителей;
7. Протекание несинусоидального тока вызывает старение изоляции проводов и кабелей;
8. При близком расположении сетей телекоммуникаций к силовым кабелям происходит наведение в них помех [1].

Полупроводниковые преобразователи постоянного тока в переменный и наоборот, работая в ключевом режиме, резко изменяют форму тока и напряжения на элементах, что приводит к искажению формы тока и напряжения в системе электроснабжения.

Наложение друг на друга гармоник различного порядка приводит к созданию искаженного сигнала (суммарный ток), пример которого изображен на рис. 1.

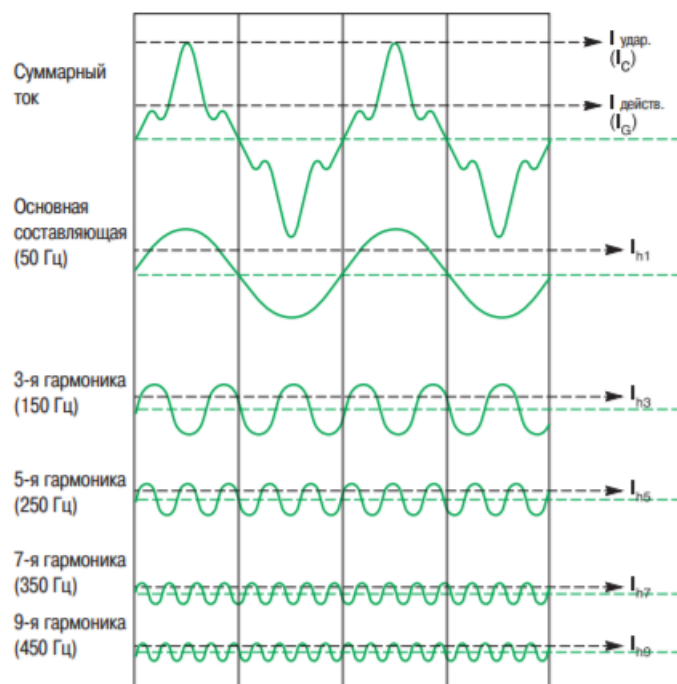


Рис. 1. Пример разложения суммарного тока на гармонические составляющие 1 – ого (основная), 3, 5, 7 и 9 – го порядков.

Протекая по сопротивлению цепи питания гармонический ток обуславливает появление гармонического напряжения. На рис. 2 приведена схема сопротивления питающей цепи гармоники  $h$  – порядка [2].

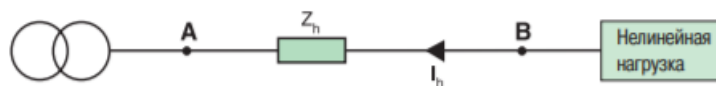


Рис. 2. Схема сопротивления цепи питания для гармоники  $h$  – порядка

Согласно закону Ома ( $U_h = Z_h \times I_h$ ), протекающий по сопротивлению гармонический ток приводит к возникновению гармонического напряжения, которое будет искаженным в точке В, изображенной на рис. 2. Данное искажение будет возрастать пропорционально сопротивлению сети.

Увеличение частоты тока, который проходит по проводнику, способствует увеличению сопротивления этого проводника, а это, в свою очередь, означает соответствие сопротивления питающей сети ( $Z_h$ ) гармоническому току  $h$  – порядка [2].

Из – за искажения синусоидальной формы напряжения и тока снижается качество электроэнергии. Возникновение высокочастотных составляющих напряжения привели к появлению волновых эффектов в ЛЭП и рост потерь в магнитопроводах и проводниках элементов СЭС [3].

Для улучшения качества электроэнергии были разработаны различные способы подавления 3, 5 и 7-й гармонических составляющих. По принципу действия подавляющие способы делятся на следующие:

- Производят изменение топологии сети электроснабжения в регионе;
- Используют пассивные фильтры в сетях;
- Применяют активные фильтры, защищающие сети электроснабжения;
- Применяют устройства с автоматической стабилизацией формы напряжения (тока);
- Используют вольтодобавочные устройства;
- Используют электромашинные установки [4].

Так же рост нелинейных потребителей приводит к возникновению резонанса токов в электрических установках зданий, из – за чего ухудшается качество питающего напряжения.

При резонансе токов возникают следующие негативные воздействия:

- Нагрев токоведущих частей;
- Выход из строя батарей статических конденсаторов из – за перегрузки;
- Чрезмерный нагрев обмоток и сердечника трансформатора.

В данное время существуют методики по определению границ допустимости несинусоидальных режимов. Одним из них является «Метод математического моделирования», который производит декомпозицию сигнала совместно с математическим аппаратом пакетного ВП [5].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что значительная доля нелинейной нагрузки негативно влияет на качество электроэнергии. Так как низкое качество электроэнергии повышает аварийность в сетях, отсюда следует, что надежность электроснабжения зданий зависит от качества электроэнергии. Но на сегодняшний день существующие нелинейные приборы незаменимы в жизни человека, а значит, что необходимо снижать влияние нелинейных нагрузок имеющимися способами.

---

Список литературы:

1. Влияние нелинейной нагрузки на систему электроснабжения организаций и учреждений. [Электронный ресурс]. URL: [https://bstudy.net/706858/tehnika/vliyanie\\_nelineynoy\\_nagruzki\\_sistemu\\_elektr\\_oshnabzheniya\\_organizatsiy\\_uchrezhdeniy](https://bstudy.net/706858/tehnika/vliyanie_nelineynoy_nagruzki_sistemu_elektr_oshnabzheniya_organizatsiy_uchrezhdeniy) (дата обращения: 31.10.2020).
2. Измерение и устранение гармоник. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.netkom.by/docs/N30-Izmerenie-i-ustranenie-garmonik.pdf> (дата обращения: 31.10.2020).
3. Влияние нелинейной нагрузки на качество электрической энергии. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nelineynoy-nagruzki-na-kachestvo-elektroenergii> (дата обращения: 01.11.2020).
4. Основные способы управления параметрами энергетических систем для снижения влияния нелинейных нагрузок на показатели качества электрической энергии. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8075> (дата обращения: 01.11.2020).
5. Расчет резонанса токов на высших гармониках в системах электроснабжения на основе пакетного вейвлет – преобразования. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-rezonansa-tokov-na-vyshshih-garmonikah-v-sistemah-elektrosnabzheniya-na-osnove-paketnogo-veyvlet-preobrazovaniya> (дата обращения: 01.11.2020).

Информация об авторах:

Каракулова Юлия Юрьевна, студент гр. ЭРб-171, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [yu.karakulowa@yandex.ru](mailto:yu.karakulowa@yandex.ru)

Динкель Олеся Александровна, старший преподаватель, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [dinkeloa@kuzstu.ru](mailto:dinkeloa@kuzstu.ru)