

УДК 621.3

**Подунай С. В., Степанов Л. Г. – курсанты 3 курса специальности  
Электроэнергетика и электротехника**

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»**

**Научный руководитель – Сметюх Н. П., кандидат технических наук,  
доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации  
производства**

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»**

### **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СОДЕРЖАЩИХ ВЫСШИЕ ГАРМОНИКИ И ПУТИ УСТРАНЕНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК**

**Аннотация.** Бортовые системы управления и навигационные комплексы требовательны к качеству электроэнергии. Стандарты качества электроэнергии в энергосистемах регулируются ГОСТ 32144-2013.

**Ключевые слова:** контроль, качество, высшие гармоники, фильтры, искажения, пути устранения.

Главные условия к качеству электрической энергии перечислены в ГОСТ 32144-2013. Данный ГОСТ ссылается на ГОСТ 30804.4.7-2013, в котором приведены необходимые характеристики систем измерения (СИ) для измерения параметров гармонических токов и напряжений в системах электроснабжения. Из ГОСТ 30804.4.7-2013 следует, что основные требования к СИ заключаются в их надёжной работе и вычислению в реальном времени характеристик электроэнергии, что даёт возможность своевременно отслеживать возникающие проблемы и своевременно их устранять [1]. Для контроля содержания гармоник применяют вычисления, основанные на использовании дискретного преобразования Фурье.

Контроль гармонических искажений должен включать в себя:

1. Измерение гармоник до 50-го порядка.
2. Измерение среднеквадратичных значений составляющих.
3. Измерение среднеквадратичных значений гармонических групп.
4. Измерение среднеквадратичных значений гармонических подгрупп.
5. Измерение суммарного коэффициента гармонических составляющих.

Помимо искажения волны напряжения, гармоники являются источником ошибок работы систем управления и защиты, обусловленных электромагнитными помехами, усиливают скин-эффект, вызывают механические дрожание и колебания электрических машин, таких как силовые трансформаторы и электродвигатели, уменьшают коэффициент мощности, приводят к преждевременному старению изоляционных материалов,

приводящее к потере их диэлектрических характеристик, вызывают перегрев и увеличение тепловых потерь силовых трансформаторов и кабелей, а также снижают срок службы оборудования [2].

В сетях и установках с сильным электрическим помехами (с более высоким уровнем гармоник), рекомендуется устанавливать фильтры гармоник. Компенсация гармоник может быть централизованной, с гармоническими фильтрами, подключенными в главном входящем коммутаторе, или децентрализованной (локальной), с фильтрами гармоник, установленными рядом с оборудованием, которое является основным источником гармоник.

Фильтры гармоник. Устройство, которое используется для снижения и компенсации гармоник до приемлемых диапазонов в энергосистеме, называется фильтром гармоник. Эти фильтры используются в стратегических точках рабочего контура для устранения или уменьшения гармонических искажений и резонанса. Как правило, гармонические искажения могут быть вызваны избыточными токами внутри и снаружи приборов.

Фильтр гармоник позволяет избежать повреждения оборудования, увеличивает сроки эксплуатации оборудования и снижает эксплуатационные расходы. Такой фильтр может быть разработан с набором различных электронных компонентов, таких как резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности, обеспечивающие предотвращение ненужных гармонических токов передавая их на землю [3]. Эти фильтры главным образом конструированы для снижения гармоник фиксированного спектра частоты.

Принцип работы гармонического фильтра заключается в уменьшении искажений за счет отклонения гармонических токов в пределах полос с меньшим импедансом. Такие фильтры являются емкостными на основной частоте, поэтому используются для генерации реактивной мощности, необходимой для преобразователей, а также для коррекции коэффициента мощности.

Фильтры гармоник подразделяются на три категории. Пассивные фильтры. Они состоят из цепей, последовательно соединенных LC компонентов, настроенных для каждой из частот, которые они предназначены для компенсации, обычно 5-й, 7-й и 11-й гармоник. Их основные характеристики:

1. Нет предела гармоническому току, который нужно устранить.
2. Они выполняют коррекцию коэффициента мощности.
3. Они рискуют усилить гармоники, когда есть сетевые модификации.
4. Существует риск перегрузки, вызванный внешним электромагнитным загрязнением.

Активные фильтры. Они состоят из электронных и микропроцессорных блоков, контролирующих гармоники в диапазоне от 2-го до 50-го порядков; для каждого диапазона частот генерируется ток, который имеет фазовый сдвиг  $180^\circ$  и одинаковое значение гармонического тока, подлежащего компенсации. По сравнению с активными фильтрами пассивные гармонические фильтры очень легко устраняют гармоники в линии электропередачи, но их конструкция очень сложна [4]. Поэтому проектировщик должен проектировать эти фильтры на основе требований реактивной мощности для нагрузки. Таким образом, в этом состоянии конструкция пассивного фильтра усложняется, и это приводит к

плохой работе источника питания при определенных условиях нагрузки. Этот тип фильтров хорошо адаптирован к изменениям сети, нагрузок и диапазона гармоник, особенно подходит для децентрализованной или локальной компенсации.

Гибридные фильтры. Это комбинация активных и пассивных фильтров, контролирующих гармоники в диапазоне от 2-го до 25-го порядков, а еще корректирующих коэффициент мощности.

Преимущества применения фильтров гармоник:

- обеспечиваются наилучшие результаты для поддержания безопасности системы;

- обеспечиваются энергоэффективность для обеспечения безопасного срока службы энергосистемы;

- уменьшаются расходы на электроэнергию за счет управления гармониками внутри блока питания;

- активные фильтры гармоник позволяют добиться максимально эффективного потребления электроэнергии;

По сравнению с активными фильтрами гибридные фильтры недороги и обеспечивают комбинированное преимущество как активных, так и пассивных фильтров. При подключении активных фильтров можно снизить затраты на техническое обслуживание. Гибридные фильтры гармонического типа используются для коррекции коэффициента мощности и коррекции гармоник [5]. Главным несовершенством фильтров представляется их высокая стоимость, в основном из-за цены конденсаторных батарей. Следовательно, применение фильтров уместно лишь в том случае, если необходимо не только предотвратить проникновение токов некоторых гармоник в электрическую систему, но и уравновесить реактивную мощность. Распределение фильтров также ограничено их высокой чувствительностью к точности настроек.

Заключение. Гармоники постоянно протекают в системах питания. Они безвредны до тех пор, пока их уровень не будет значительным, оказывающим влияние на состояние компонентов электрических цепей.

#### Список литературы

1. Авдеев Б.А. Устранение несимметрии трехфазного напряжения с помощью твердотельного трансформатора в интеллектуальных сетях электроснабжения / Б.А. Авдеев // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ, 2021. – № 4. – С. 67-75.

2. Electrical Power Systems Quality McGraw-Hill / Dugan R.C., McGranaghan M.F., Beaty H.W. – 1996. – 265 с.

3. Fiorina J.N. Inverters and Harmonics // Cahier Technique Merlin Gerin, no 159. – 19 с.

4. Yacamini R. Power System Harmonics. Part 3 / Problems caused by distorted supplies // Power Engineering Journal – Oct., 1995. – 233-238 с.

5. Авдеев Б.А. Интеллектуальные энергоэффективные системы морских судов / Б.А. Авдеев // Вестник Керченского государственного морского технологического университета, 2021. – №4. – С. 99-113.