

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИНТЕРГАРМОНИК НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Янченко В. С.

Белошицкий А. П. кандидат технических наук, доцент

В настоящее время большое внимание уделяется качеству электрической энергии. Оценка качества осуществляется посредством контроля нормируемых параметров. Одним из параметров является коэффициент  $n$ -ных гармонических составляющих. Гармониками являются токи или напряжения, имеющие частоту, кратную основной частоте переменного тока. В свою очередь, интергармониками или промежуточными гармониками называются токи или напряжения, не являющиеся кратными основной частоте переменного тока. Таким образом, в амплитудно-частотном спектре интергармоники находятся между каноническими. При анализе формы синусоиды переменного тока гармоники и интергармоники определяются как компоненты спектра в квазиустойчивом состоянии в определенном диапазоне частот.

Полного понимания природы электромагнитных возмущений, ассоциирующихся с интергармониками, еще нет, и в настоящее время к этому явлению возникает повышенный интерес. Интергармоники всегда присутствуют в системе электроснабжения, и в последнее время с резким увеличением силовых электронных систем их практическое влияние стало более ощутимым.

Два механизма приводят к появлению интергармоник. Первый заключается в возникновении составляющих в частоте питающего напряжения и его гармониках в результате изменения их амплитуд и/или углов фаз. Это вызывается быстрым изменением значений тока в электроустановках и оборудовании, которые могут быть причиной перепада напряжения. Возмущения вызываются нагрузками в переходных режимах постоянно или временно или во многих случаях при возникновении модуляции токов и напряжений. Эти возмущения носят случайный характер и зависят от оборудования и действующих процессов.

Вторым механизмом является асинхронное переключение (т. е. несинхронизированное с частотой питания) полупроводниковых устройств статических преобразователей. Типичным примером являются преобразователи частоты и устройства с широтно-импульсной модуляцией. Производимые ими интергармоники можно обнаружить практически в любой части спектра питания.

В некоторых изделиях имеют место оба механизма появления интергармоник.

Интергармоники могут появляться при любых значениях напряжения и перетекать из одних систем в другие. Так, интергармоники, образовавшиеся в сетях высокого и среднего напряжения, переходят в сети низкого напряжения и наоборот. Амплитуда интергармоник редко превышает 0,5 % значения амплитуды основной частоты, но в условиях резонанса могут возникнуть и большие значения.

Основные источники возмущений включают:

- дуговые нагрузки;
- электроприводы с переменной нагрузкой;
- статические преобразователи, в частности преобразователи частот с прямым и косвенным управлением;
- устройства управления фазами.

Интергармоники могут также вызываться колебательными явлениями, возникающими, например, в системах с сериями или параллельно установленными конденсаторами, или специфическими режимами работы силовых трансформаторов.

Последствия от появления в питающей сети интергармоник могут быть самые разнообразные. Интергармонические токи вызывают искажение напряжения. Степень искажения напрямую зависит от величины тока и импеданса на частоте каждой интергармоники. Чем больше диапазон составляющих тока, тем выше риск возникновения нежелательных резонансных явлений, которые увеличивают искажения напряжения и могут привести к перегрузке или нарушению в работе оборудования и установок. Кроме искажения напряжения, присутствует риск избыточных тепловых эффектов, появления низкочастотных колебаний, фликера, а также перегрузки пассивных параллельных фильтров высокого порядка. На практике, работа любого оборудования, которое синхронизировано с частотой питающей сети, может быть нарушена.

Наличие данной проблемы подтверждает статистические данные пятилетнего исследования Electric Power Research Institute, которые показывают по причине какого несоответствующего нормам параметра качества электрической энергии или наличия неисправности в сети выходит из строя оборудование.

Некачественная энергия, а именно наличие нежелательных гармонических составляющих в питающей сети, наносит экономический ущерб. Как правило, гармоники в сети вызывают три типа проблем:

- дополнительные потери энергии (в трансформаторах, соединительных кабелях, электродвигателях, нейтральных проводниках и т.д.);
- преждевременное старение устройства;
- сбои в работе или неправильная работа устройства.

По оценкам Institute of Electrical and Electronics Engineers, в случае использования нагрузки мощностью 60 кВт, (что примерно равняется потреблению только компьютеров в офисном здании) подключенной к сети питания 12 часов в сутки на протяжении 365 дней в году, потери по вине наличия гармонических составляющих составят 21,9 МВт/ч, что эквивалентно 8 % затрат на электроэнергию. При анализе высокотехнологичной промышленности цифры оказываются куда более значительными, ввиду того, что ущерб от нарушения или остановки технологического процесса может измеряться в млрд. бел. рублей.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что в большинстве случаев, появление интергармоник токов и напряжений зависит от многочисленных сложных процессов в электросетях и носит стохастический характер. В настоящее время, в Республики Беларусь отсутствуют нормы, регламентирующие допустимые уровни интергармоник, однако, принимая во внимание существующие энергетические, производственные, а следовательно и экономические потери, есть практическая необходимость в исследовании и нормировании.

Список использованных источников:

1. Copper Development Association//Power Quality Application Guide, 3.1.1
2. S. Bhattacharyya, S. Cobben. Consequences of Poor Power Quality – An Overview. – Technical University of Eindhoven.
3. Key, T.S.; & Lai, J.S. (1996). Costs and benefits of harmonic current reduction for switch-mode power supplies in a commercial office building. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 32, no. 5.
4. ТКП 183.1-2009 Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии.
5. ТКП 183.2-2009 Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии.
6. ГОСТ 13109-97 – Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.