

А.Н. СКАМЬИН, к.т.н., доцент (Горный университет)

Е.О. ЗАМЯТИН, аспирант (Горный университет)

г. Санкт-Петербург

ВЛИЯНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ НА УРОВЕНЬ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СЕТИ

В настоящее время широкое распространение на промышленных предприятиях получили частотно-регулируемые приводы, работа которых основана на непрерывной коммутации транзисторных или тиристорных ключей. Это приводит к искажению питающего напряжения, что влияет на параметры работы всего электротехнического комплекса предприятия. Искажение питающего напряжения может происходить как вследствие работы нелинейной нагрузки на самом предприятии, так и со стороны других потребителей, подключенных к той же секции шин, что и обследуемое предприятие [1].

Различные факторы возникновения высших гармоник, связанные с местоположением нелинейной нагрузки, влияют на составление схемы замещения при расчете параметров электрической сети, в том числе при расчете коэффициента перегрузки конденсаторных батарей (КБ) токами высших гармоник. Значительное количество публикаций посвящено разработке способов и средств минимизации уровня высших гармоник в электрической сети предприятия [1, 3, 4]. Среди них: активные фильтры, фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), антигармонические реакторы, перевод нелинейной нагрузки на отдельные секции шин и др. В большинстве публикаций не рассматривается влияние местоположения нелинейной нагрузки на расчет параметров работы электротехнического комплекса, что справедливо в случае применения активных фильтров и ФКУ - природа возникновения высших гармоник практически не влияет на выбор их параметров. Однако в ряде случаев при разработке методов снижения влияния высших гармоник на функционирование электрооборудования, в том числе и конденсаторных установок компенсации реактивной мощности, координаты местоположения нелинейной нагрузки необходимо учитывать.

Цель работы – снижение влияния высших гармоник на электрооборудование путем изменения сопротивления системы с учетом местоположения нелинейной нагрузки.

Известен способ снижения влияния высших гармоник на КБ, при котором в электрической сети размещаются дополнительные реакторы, основанный на изменении амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) узла сети [2]. В этом случае целесообразно исследовать АЧХ относительно зажимов КБ в зависимости от сопротивления системы X_s , параметров на-

грузки и мощности компенсирующих устройств. Анализ полученных зависимостей позволит определить значение резонансных частот, при которых возникает наибольшая перегрузка КБ токами высших гармоник, и возможное смещение этих частот при размещении в сети реакторов. Так, были построены АЧХ относительно зажимов КБ в зависимости от сопротивления системы, представленные на рисунке 1, причем местоположение нелинейной нагрузки – сеть предприятия.

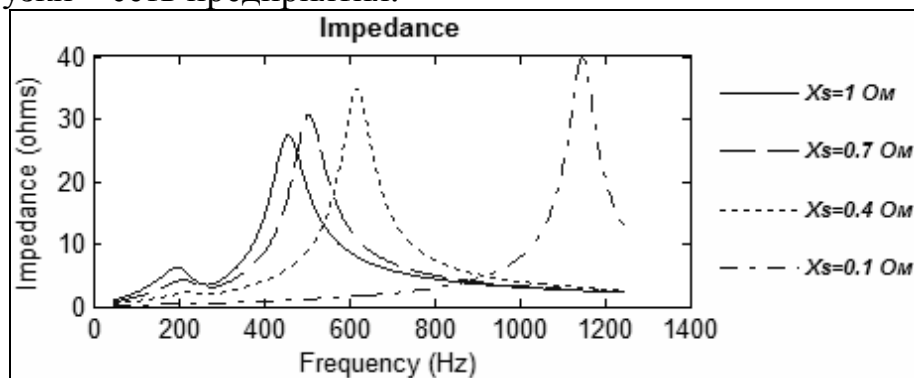


Рис. 1. АЧХ сети относительно зажимов КБ

Из графика видно, что при уменьшении сопротивления системы резонансная частота сдвигается в область более высоких частот. Так, например, при наличии амплитуд только 5 и 7 гармоник в спектре, генерируемом нелинейной нагрузкой, снижение сопротивления системы приведет к сдвигу резонансной частоты в область более высоких частот и снижению генерируемых нагрузкой гармоник в напряжении сети. С другой стороны, при наличии в спектре высших гармоник амплитуд более высоких частот (23, 25) уменьшение X_s приведет к увеличению перегрузки КБ.

Если во всем диапазоне мощности нагрузки и компенсирующих устройств с помощью изменения сопротивления системы (смещения резонансной частоты) не удастся снизить перегрузку КБ токами высших гармоник, то необходимо установить антигармонический реактор последовательно КБ для обеспечения индуктивного режима на наименьшей из генерируемых высших гармоник. В этом случае были рассмотрены различные варианты возникновения высших гармоник с учетом координат местоположения нелинейной нагрузки. При этом рассчитывается полное сопротивление сети Z_Σ и степень перегрузки КБ с применением антигармонического реактора для различных гармоник ($\nu = 5 \div 17$) по двум вариантам: нелинейная нагрузка со стороны обследуемого предприятия (рисунок 2); нелинейная нагрузка со стороны питающей сети относительно ввода предприятия (рисунок 3).

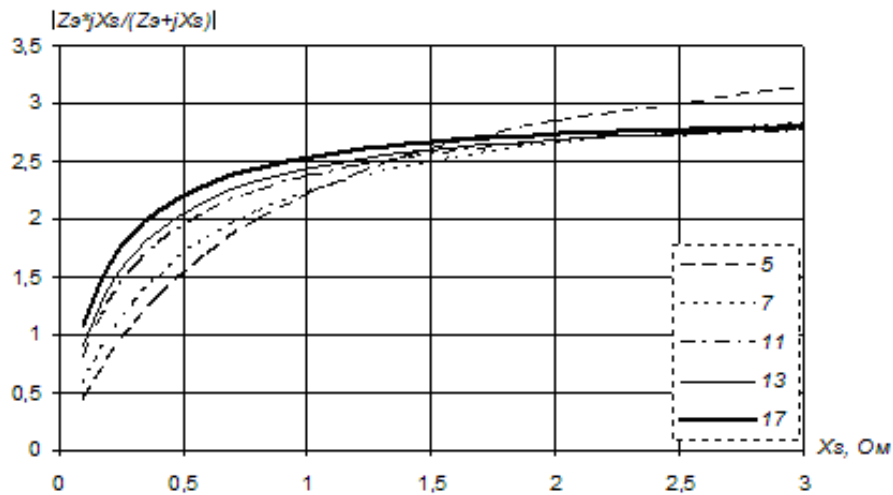


Рис. 2. Перегрузка КБ в зависимости от X_s с применением антигармонического реактора (1 вариант)

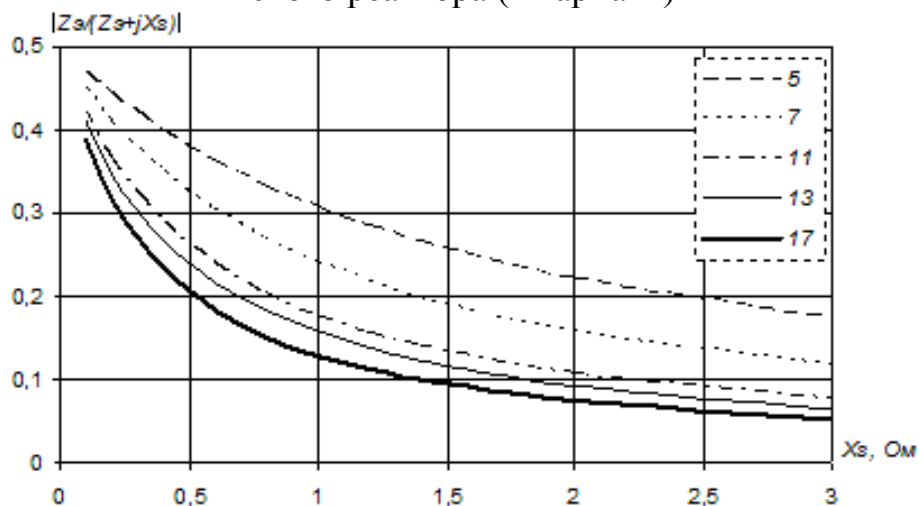


Рис. 3. Перегрузка КБ в зависимости от X_s с применением антигармонического реактора (2 вариант)

На рис. 2 АЧХ представлено отношением на различных гармониках напряжения на КБ к току нелинейной нагрузки при наличии нелинейной нагрузки со стороны предприятия. Очевидно, что это отношение будет характеризовать степень перегрузки КБ. Аналогично, степень перегрузки КБ при наличии нелинейной нагрузки со стороны питающей сети будет характеризоваться отношением напряжения на КБ к входному напряжению сети на различных гармониках (рис. 3).

Результаты. Уменьшение X_s при наличии гармоник со стороны нелинейной нагрузки предприятия приводит к снижению перегрузки на КБ, как и увеличение X_s при наличии гармоник со стороны питающей сети. При этом отсутствуют резонансные явления на генерируемых нелинейной нагрузкой гармониках.

Вывод. Перегрузка КБ токами высших гармоник зависит от сопротивления системы. Увеличение или уменьшение сопротивления системы должно определяться с учетом местоположения нелинейной нагрузки относительно ввода предприятия. Поэтому для приведенного выше метода

снижения влияния высших гармоник на КБ очень важным является предварительный анализ параметров нелинейной нагрузки с точки зрения координат ее расположения.

Список литературы:

1. Шклярский Я.Э., Скамьин А.Н. Способы уменьшения влияния высших гармоник на работу электрооборудования // Записки Горного института. РИЦ СПГИ (ТУ). СПб, 2011. Том 189. С. 121-124.
2. Шклярский Я.Э., Ситников Д.А., Скамьин А.Н. Уменьшение влияния высших гармоник на работу электротехнического комплекса горного предприятия // Записки Горного института. РИЦ СПГИ (ТУ). СПб, 2008. Т. 178. С. 162-165.
3. Mahanty R., Kapoor A.K.: «Quasi-passive filter for harmonic filtering», Electric Power Systems Research, 2008, 78, pp. 1456-1465.
4. Yu, Luke, and Yu, Henry: «Controllable board-spectrum harmonic filter (CBF) for electrical power systems». US Patent Application 20080129122, June 2008.