

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ГЕНЕРАЦИЮ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Прахов И.В., Кутьянов Р.Р., Бикметов А.Г.

Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Салават, e-mail: 79174528198@ya.ru

Исследовано влияние работы частотно-регулируемого электропривода на генерацию высших гармоник. В результате эксперимента, были получены значения коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения. Произведен анализ гармонического состава напряжений, генерируемых асинхронным двигателем типа АДМ63ВАУЗ при различных видах нагрузок и холостом ходе электродвигателя. В ходе проведенного анализа была создана экспериментальная модель, основой которой является частотный преобразователь. Было рассмотрено влияние частотного преобразователя на наличие высших гармоник в разных режимах работы. В результате исследований получены значения коэффициентов с первой по сороковую гармонических составляющих. Установлено, что во время работы электродвигателя в режиме холостого хода получаем минимальные искажения, тогда как существенные отклонения наблюдаются во время индуктивной нагрузки. Максимальный спектр высших гармоник выявлен в момент работы частотного привода при низких частотах.

Ключевые слова: частотно-регулируемый электропривод, высшие гармоники, активная нагрузка, индуктивная нагрузка, холостой ход

EFFECT OF VARIABLE-FREQUENCY DRIVE ON HIGH HARMONIC GENERATION IN THE ELECTRICAL GRID

Prahov I.V., Kutyanov R.R., Bikmetov A.G.

Salavat Branch of Ufa State Petroleum Technical University, Salavat, e-mail: 79174528198@ya.ru

The effect of variable frequency drive on high harmonic generation was researched. Values of the coefficients of voltage n-harmonic component were calculated in the experiment. Voltage harmonic components, generated by the induction motor of the 'ADM63VAUZ' type, were analyzed at different loads and at motor idling. In the course of the analysis an experimental model was prepared on the basis of frequency converter. It considers the frequency converter effect on the presence of high harmonic at different operation modes. As a result of research, the values of the coefficients of the harmonic components (from the first to the fortieth) were calculated. It was observed that there are minimum errors in values at the moment of motor idling. While significant errors were observed during the inductive load. The maximum range of the high harmonic was observed at the moment of frequency drive operation at low frequencies.

Keywords: variable frequency drive (VFD), high harmonic, resistive load, inductive load, idling

Увеличение качества потребляемой электроэнергии становится стимулом для эффективного развития энергетического хозяйства комплекса производств.

Для обеспечения полноценного качества систем энергоснабжения производственных комплексов существует ряд решений вопросов по повышению (развитию) качества электрической энергии и увеличению надежности энергоснабжения таких показателей, как безотказность, долговечность элементов энергоснабжения и ремонтпригодность, что положительно влияет на экономические показатели и позволяет улучшить уровень производительности предприятий.

Современные системы сегодняшнего поколения, специализирующиеся на производстве и распределении электроэнергии, имеют ряд недостатков и не могут обеспечить надёжность и качество энергии потребителей. Перед тем как попасть к потребителю, электроэнергия проходит через множество передающих подстанций, где качество и надежность энергии неуко-

тельно теряется, что сказывается на потребителях.

Под качеством электроэнергии, получаемой приемниками, понимается множество потребительских свойств энергоснабжения, которые определяют соответствие энергии угодья определенным потребностям приемников согласно их назначению [1].

Для регулирования качества потребляемой энергии необходимо определять и поддерживать требуемый уровень качества электроэнергии в момент ее производства, распределения и потребления, что возможно путем методичного наблюдения и контроля качества и непосредственного воздействия на условия и факторы, которые отрицательно влияют на качество электроэнергии.

Европейские ученые выяснили, что из-за проблем качества электроэнергии, промышленное производство и Европейский союз несут колоссальные убытки в размере 10 млрд евро в год.

Также страны Запада экономически страдают от качества электроэнергии и, как

следствие теряют, 30000 евро/мин в телекоммуникационной области и до многих миллионов евро за аварийные происшествия в непрерывном нефтехимическом производстве.

Так как промышленный процесс является непрерывным, оборудование очень чувствительно реагирует на несоответствие параметров электроэнергии в сети и такое нарушение приравнивается к стихийному бедствию, поэтому, чем быстрее устранить проблему, тем меньше будут экономические потери.

Для существенного улучшения качества электроэнергии необходимо минимизировать влияние на оборудование высших гармоник. В ходе проведенного анализа была создана экспериментальная модель, основой которой является частотный преобразователь. Было рассмотрено влияние частотного преобразователя на наличие высших гармоник в разных режимах работы. В ходе

работы был проведен анализ качества электроэнергии распределительных сетей на одном из крупнейших нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий России. В области энергетики, данное предприятие имеет сложную структуру энергоснабжения и электрооборудования абсолютно всех категорий надёжности [3].

Исследование по влиянию работы частотно-регулируемого электропривода на качество электрической энергии было произведено в именной лаборатории «Ново-Салаватская ТЭЦ» филиала УГНТУ в г. Салавате.

В экспериментальной установке используется преобразователь частоты марки Altivar. Технические характеристики представлены в табл. 1. Технические характеристики рассматриваемого асинхронного электродвигателя и генератора представлены в табл. 2, 3. Внешний вид экспериментальной установки изображен на рис. 2.

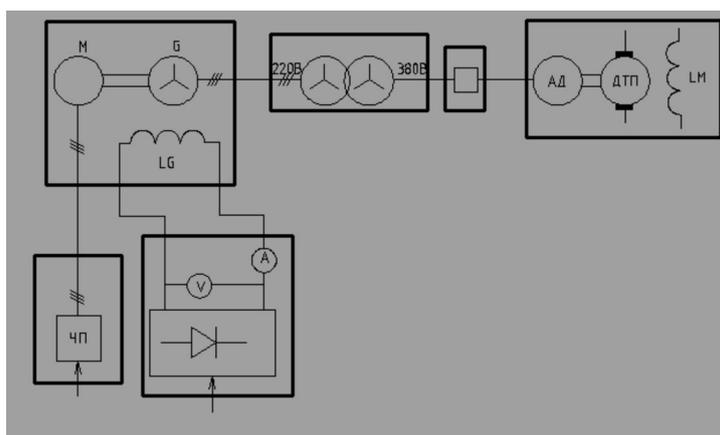


Рис. 1. Конфигурация лабораторной установки

Таблица 1

Технические характеристики преобразователя частоты

Преобразователь	Модель	U, В	I, А	$f_{\text{сети}}$, Гц	$f_{\text{вых}}$, Гц
Altivar	ATV31N075N4	380–500	2,3	50	до 400

Таблица 2

Технические характеристики асинхронного двигателя

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности	$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{min}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_n}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{I_n}{I_{\text{ном}}}$
АДМ63ВАУЗ	370	1370	68	0,7	2,2	1,8	2,3	5

Таблица 3

Технические характеристики генератора

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	$U_{\text{ном}}$, В	$I_{\text{ном}}$, А
AIS71BY3	370	1370	3X380	1,18

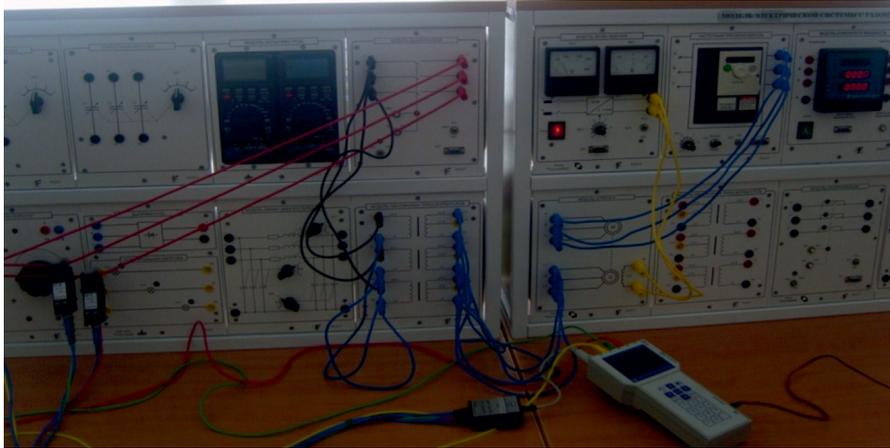


Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки

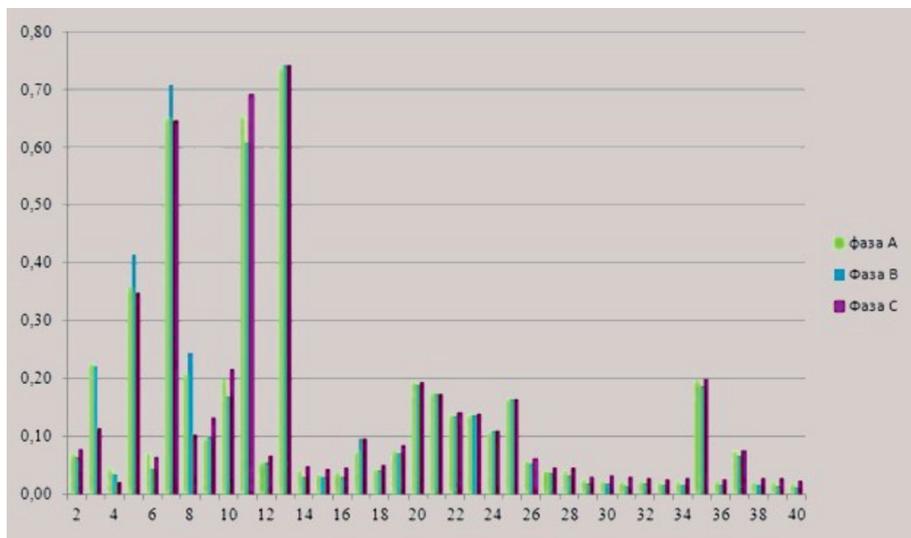


Рис. 3. Величина коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения на частоте 50 Гц при холостом ходе

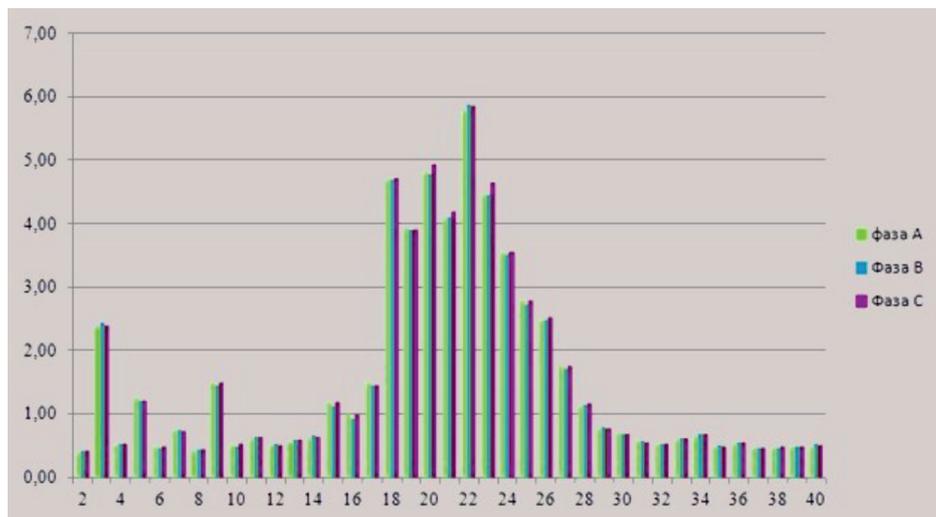


Рис. 4. Величина коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения на частоте 50 Гц при активной нагрузке

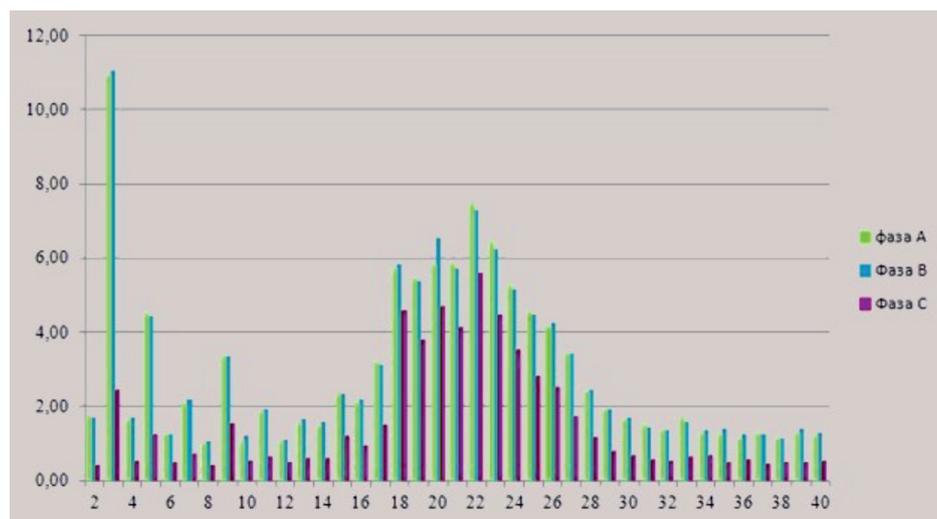


Рис. 5. Величина коэффициентов n -ой гармонической составляющей напряжения на частоте 50 Гц при индуктивной нагрузке

В результате исследований получены значения коэффициентов с первой по сороковую гармонических составляющих. В ГОСТ Р 54149-2010 приведены нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента n -ой гармонической составляющей в точках общего присоединения к электрическим сетям с разным номинальным напряжением.

Для лабораторных исследований используется переменное напряжение в 380 В и с частотой питающей сети 50 Гц. Отклонения питающего напряжения колеблются в допустимых пределах.

Исследован гармонический состав напряжений, генерируемых асинхронным двигателем типа АДМ63ВАУЗ при различных видах нагрузок и холостом ходе электродвигателя. В ходе работы были получены значения коэффициентов n -ой гармонической составляющей напряжения. На рис. 3, 4, 5 представлены результаты эксперимента на частоте 50 Гц.

Модули активной и индуктивной нагрузки выступали в качестве нагрузки электродвигателя. Постоянное напряжение на обмотку возбуждения генератора подается от модуля возбуждения.

В ходе исследований было выявлено, что во время работы электродвигателя в режиме холостого хода получаем минимальные искажения, тогда как существенные отклонения наблюдаются во время индуктивной нагрузки. Максимальный спектр

высших гармоник выявлен в момент работы частотного привода при низких частотах. Следовательно, можно сделать вывод, что в воздушном зазоре агрегата существует безграничная область поля, которая делится на множество гармоник. Это деление можно производить по их происхождению. Сформировавшееся разделение гармоник на такие понятия, как временные и пространственные, относительно, так как гармоники неразделимо связаны с энергией поля и не могут рассматриваться вне пространства и времени.

Список литературы

1. Баширов М.Г. Система автоматизации управления техническим состоянием технологического оборудования / Р.Н. Бахтизин, Э.М. Баширова, И.С. Миронова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 3. – С. 26–40.
2. Баширов М.Г. Исследование спектра гармонических составляющих токов и напряжений, генерируемых трехфазным силовым трансформатором / И.В. Прахов, Р.Ш. Габбасов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, – М.: Обракадемнаука. – 2013. – № 2. – С. 25–28.
3. Климов В.П., Москалев А.Д. Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания. URL: <http://www.tensy.ru>.
4. Самородов А.В. Разработка программно-аппаратного комплекса для оценки технического состояния машинных агрегатов с электрическим приводом / М.Г. Баширов, Д.Г. Чурагулов, А.А. Абдуллин // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. – 2012. – № 6. – С. 10–20.
5. Филиппов А.И. Тепловой трансциллятор бегущей волны / А.С. Хисматуллин, Э.В. Мухаметзянов, А.И. Леонтьев // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана серия: Естественные науки. – 2011. – № 1. – С. 78–86.