

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.313

О. Л. Гизатуллина, аспирант
В. К. Барсуков, кандидат технических наук, профессор
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ГАРМОНИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ ОТ ВЕЛИЧИНЫ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Статья посвящена исследованию влияния величины нагрузки на коэффициент гармонических искажений. Выделяются и описываются особенности четырех наиболее распространенных видов схем подключения нелинейного источника в сеть. Расчет коэффициента производится в среде схематического моделирования Multisim. Анализ позволяет определить, насколько величина нагрузки влияет на искажения в электроснабжении и какие меры необходимо предпринять для улучшения качества электроэнергии.

Ключевые слова: коэффициент гармонических искажений, нелинейный приемник, среда схематехнического моделирования Multisim, качество электроэнергии.

В настоящее время существует большое количество нелинейных приемников, отличающихся друг от друга схемой исполнения [1]. Можно привести некоторую классификацию в зависимости от уровня искажения кривой тока [2, 3]. В данной статье анализируется форма кривой тока для четырех наиболее распространенных видов схем нелинейных электроприемников. Для этого в схеме есть возможность

переключения выключателей S_1 и S_2 , которые позволяют рассматривать в ходе работы влияние L_1C_2 параметров на характер тока и напряжения. Исследование проводится в среде схематехнического моделирования Multisim фирмы National Instruments [4].

Рассматривалась самая простая схема исследования, в которую входили только диодный мост D_1-D_4 , сопротивление R_1 и конденсатор C_1 (рис. 1).

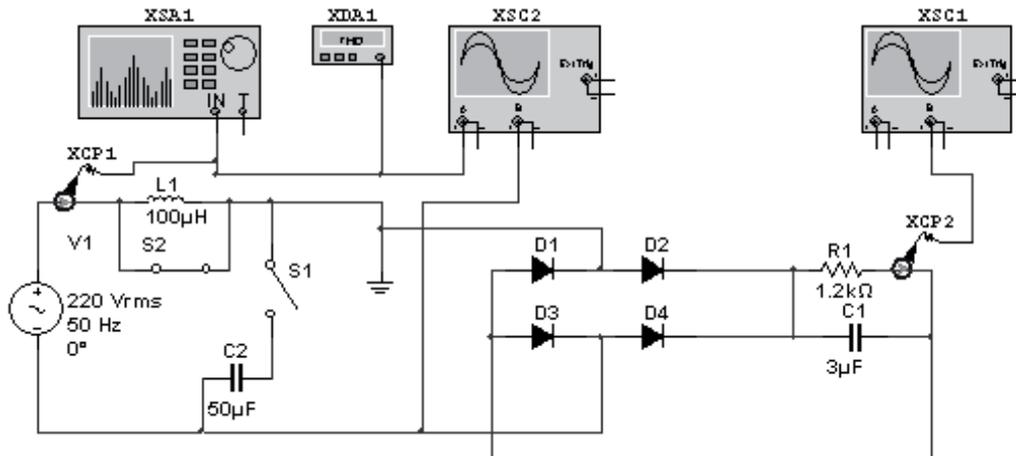


Рис. 1. Схема источника питания выпрямителей

При ее исследовании анализировалось влияние величины емкости конденсатора на различные параметры. Величина сопротивления выбрана ($R_1 = 1,2$ кОм), а емкость конденсатора изменяется от минимального значения ($C_1 = 0,68$ мкФ) до максимального ($C_1 = 1500$ мкФ). Данные экспериментов представлены на графике (рис. 2).

На данном графике видно, что изменение емкости конденсатора влияет на коэффициент гармонических искажений. При увеличении значения C_1 THD резко возрастает, достигнув определенной величины, изменения уже не столь значительны.

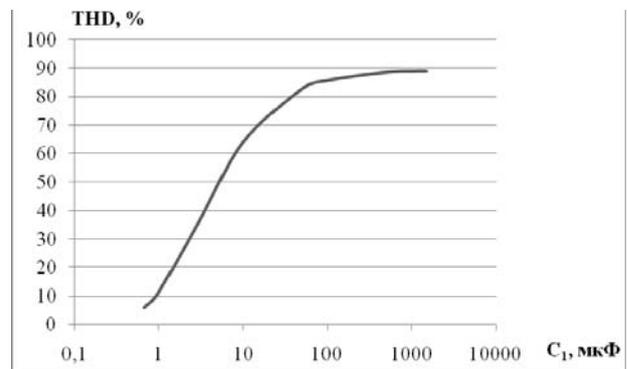


Рис. 2. График зависимости коэффициента гармонических искажений от емкости конденсатора C_1

Для этой схемы приведены показания виртуальных приборов при различных значениях емкости C_1 : общие нелинейные искажения (THD) (рис. 3, а, 4, а), анализатор спектра (рис. 3, б, 4, б), осциллограммы тока и напряжения на входе (рис. 3, в, 4, в) и выходе (рис. 3, з, 4, з).

Из показаний виртуальных приборов видно, что чем меньше емкость конденсатора, тем импульс тока

имеет более широкую форму, а в спектре преобладает первая гармоника (рис. 3). С увеличением C_1 импульс становится более узким и имеет треугольную форму, а в спектре присутствуют высшие гармоники (рис. 4), что ведет к росту коэффициента гармонических искажений. Значение емкости никак не влияет на форму кривой напряжения (рис. 4, в).

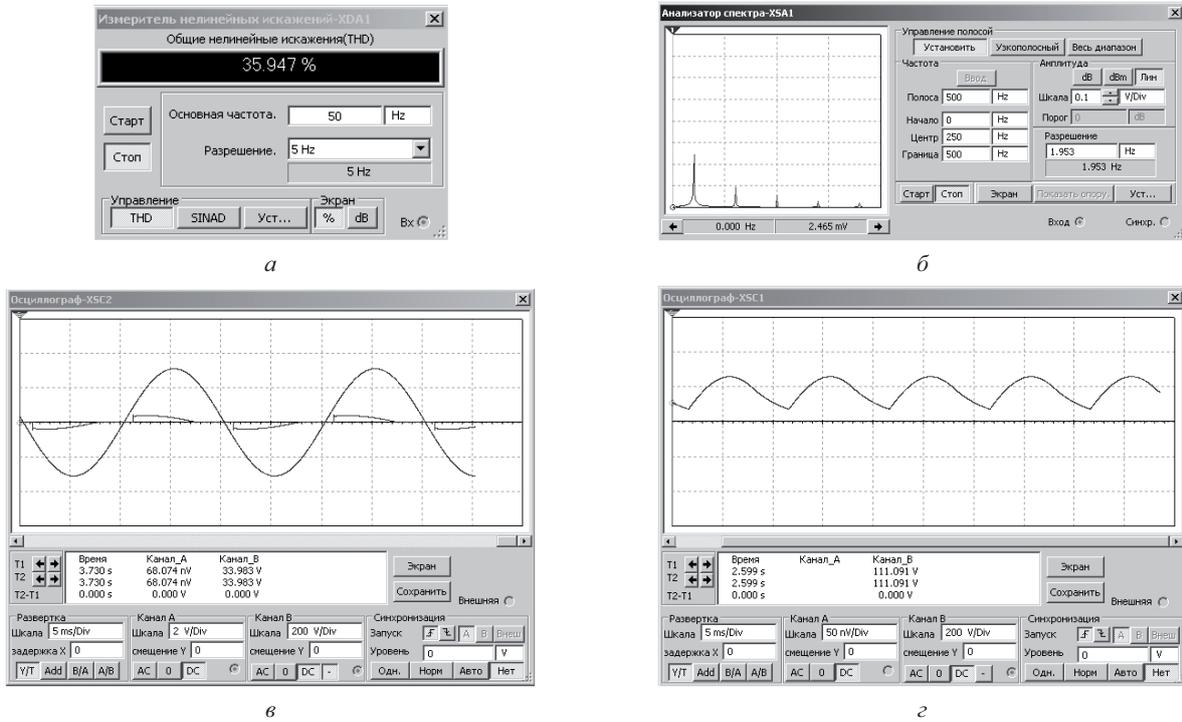


Рис. 3. Показания виртуальных приборов (при $C_1 = 3 \mu\text{F}$)

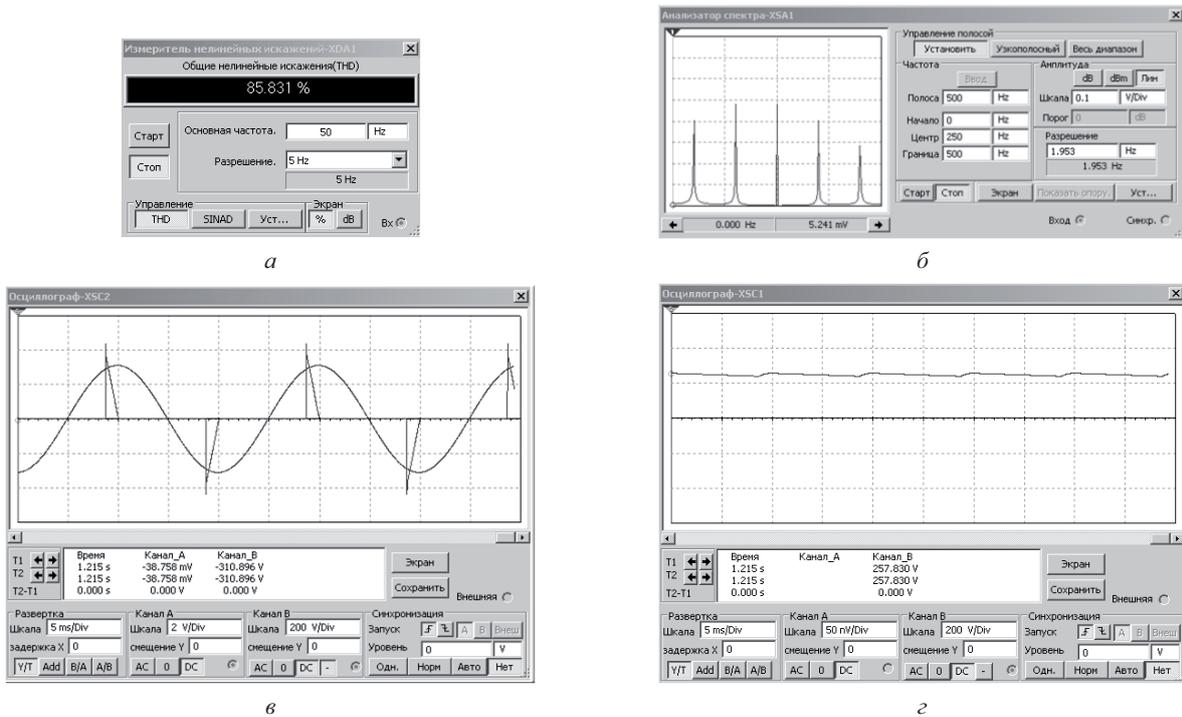


Рис. 4. Показания виртуальных приборов (при $C_1 = 100 \mu\text{F}$)

Рассматривалась схема с подключением дополнительной емкости C_2 . Для этого замыкается переключатель S_1 . Анализировалось несколько вариантов влияния различных величин емкостей конденсаторов (C_1 и C_2) на исследуемые параметры при сопротивлении $R_1=1,2$ кОм. Данные экспериментов представлены на графике (рис. 5).

Как видно, с увеличением емкости конденсатора C_2 коэффициент искажения кривой тока уменьшается при любых значениях C_1 . Снижение THD связано с тем, что с увеличением C_2 кривая тока приобретает синусоидальную форму и количество гармонических составляющих уменьшается, начинает преобладать первая гармоника.

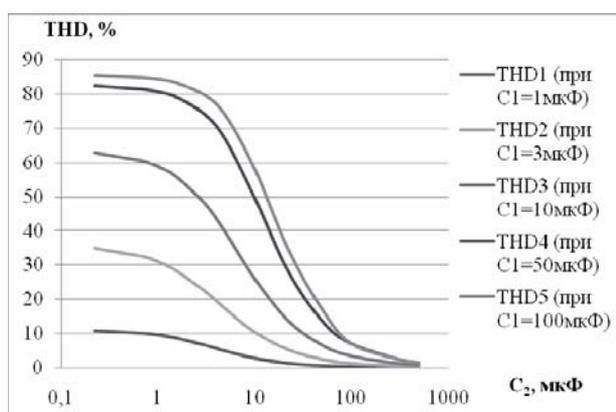


Рис. 5. График зависимостей коэффициента гармонических искажений от емкости конденсатора C_1 и C_2

Для рассмотрения следующей схемы размыкали переключатели S_1 и S_2 . Велось исследование влияния величины индуктивности L_1 на коэффициент гармонических искажений при различных значениях емкости C_1 . Из графика (рис. 6) видно, что при увеличении индуктивности THD вначале возрастает, а затем уменьшается. При небольших значениях L_1 ее влияние не велико, в схеме преобладает первая гармоника. Увеличение индуктивности ведет к изменению формы кривой напряжения и уменьшению количества импульсов тока, что приводит к увеличению количества высших гармоник, а это, в свою очередь, влияет на рост коэффициента гармонических искажений. Дальнейшее увеличение L_1 приводит к тому, что кривая напряжения принимает трапециевидную форму, а кривая тока стремится к синусоидальному виду, следовательно, остается одна гармоника, и THD снова уменьшается.

Последняя схема в данном исследовании – это схема с включенными в нее индуктивностью L_1 , емкостями конденсаторов C_1 и C_2 и сопротивлением R_1 . В данном случае рассматривалось влияние на коэффициент гармонических искажений изменения всех параметров. Данные экспериментов представлены на графиках (рис. 7, 8). Рассматривались варианты, при которых изменяли емкость конденсатора C_1 (1 мкФ, 3 мкФ), емкость C_2 (1 мкФ, 3 мкФ и 10 мкФ) и индуктивность L_1 (от 0,1 до 1500 мГн), при постоянном значении сопротивления $R_1 = 1,2$ кОм. Как видно из

графиков, кривая изменения коэффициента гармонических искажений имеет две вершины, независимо от выбора емкости конденсаторов. Это связано с тем, что при небольшой индуктивности ее влияние не велико и нагрузка имеет в основном емкостной характер. С увеличением индуктивности количество импульсов увеличивается, и нагрузка становится индуктивной, то есть выпрямление кривой тока идет благодаря L_1 .

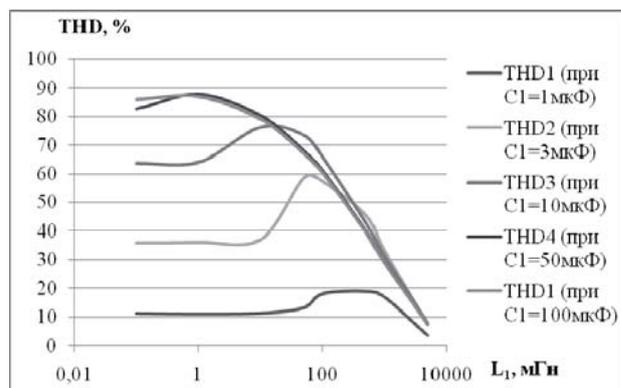


Рис. 6. График зависимостей коэффициента гармонических искажений от емкости конденсатора C_1 и индуктивности L_1

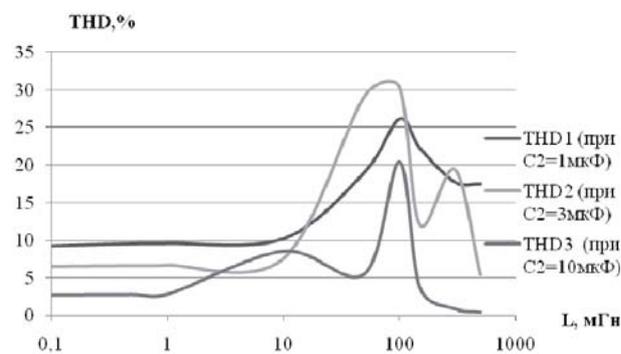


Рис. 7. График зависимостей THD от C_2 и L_1 (при $C_1 = 1$ мкФ)

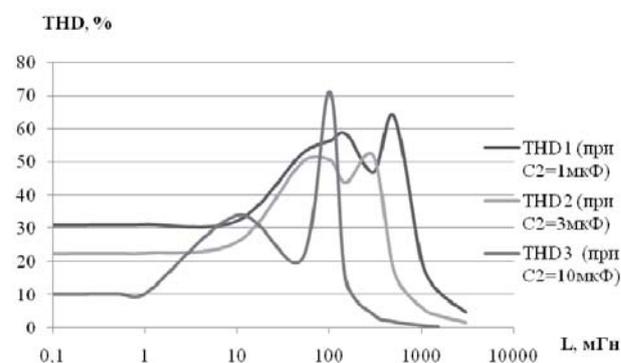


Рис. 8. График зависимостей THD от C_2 и L_1 (при $C_1 = 3$ мкФ)

На рис. 9 приведены показания виртуальных приборов, на экранах которых видно, как изменяются формы кривых тока и напряжения при различных

значениях параметров емкости и индуктивности. В данном случае приведены показания для сопротивления $R_1 = 1,2 \text{ кОм}$, емкостей C_1 и C_2 по 3 мкФ .

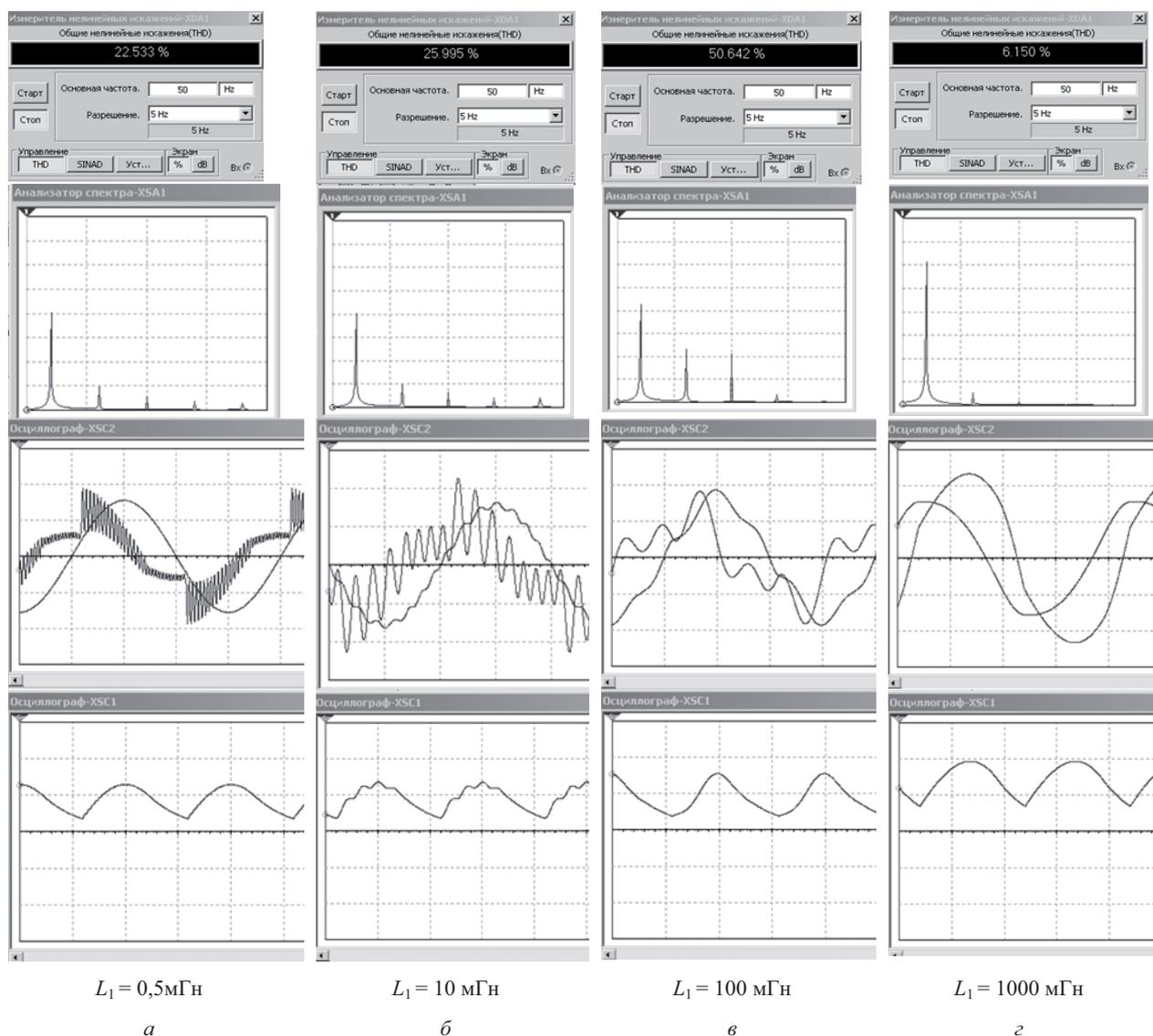


Рис. 9. Показания виртуальных приборов

При увеличении индуктивности количество импульсов тока уменьшается, и при больших значениях L_1 кривая тока носит синусоидальный характер. Увеличение индуктивности также влияет на форму кривой напряжения, которая, в свою очередь, с увеличением L_1 приобретает синусоидальный вид.

В данной статье не учитывались реальные параметры нелинейных потребителей, а рассматривалось влияние величины нагрузки для четырех наиболее распространенных видов схем выпрямления. Были рассмотрены случаи подключения только емкостной нагрузки, только индуктивной, а также и той, и другой. Выяснилось, что при больших значениях емкости или индуктивности коэффициент гармонических искажений снижается, следовательно, все из рас-

смотренных случаев подходят для выпрямления кривой тока. Выбор той или иной схемы выпрямления, а также значений параметров нагрузки зависит только от стоимости, габаритов и необходимого уровня его выпрямления.

Библиографические ссылки

- ГОСТ Р 51317.3.2–2006. Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний [Электронный ресурс]. – М., 2007.
- Янченко С. А. Анализ гармонической эмиссии распространенных видов современных бытовых нелинейных электроприемников // Промышленная энергетика. – 2014. – № 8. – С. 46–55.

3. Meyer J., Schegner P., Heidenreich K. Harmonic summation effects of modern lamp technologies and small electronic household equipment // Proc. 21st International. Conf. on Electricity Distribution (CIRED), 2011.

4. Хернитер М. Е. Электронное моделирование в Multisim [Электронный ресурс. – М. : ДМК Пресс, 2010. – С. 488.

* * *

O. L. Gizatullina, Post-graduate, Kalashnikov ISTU

V. K. Barsukov, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

Analysis of relation between harmonic distortion and the value of load for various rectifier circuits

The article is devoted to investigation of the influence of load on harmonic distortion. Features of four most common types of non-linear source connection to the network are emphasized and described. Calculation of the distortion is carried out within the schematic simulation software Multisim. The analysis allows determining how the load affects the distortion in the power supply and what measures should be taken to improve the electric power quality.

Keywords: harmonic distortion, non-linear receiver, schematic simulation software Multisim, electric power quality.

Получено: 04.04.16