

УДК 621.311

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК  
МЕЛКИХ НЕЛИНЕЙНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА РАБОТУ  
СЕТИ ДО 1000 В****В.Я. Ольховский, Т.В. Мятёж, С.Ю. Наяксов***Новосибирский государственный технический университет*

В статье приводится анализ особенностей режимов работы некоторых мелких потребителей, таких как зарядные устройства и блоки электропитания бытовой техники (телевизоры, компьютеры, стиральные машины и др.), единичная потребляемая мощность которых невелика. Среди нелинейных нагрузок наиболее распространенными являются вентиляльные преобразователи и различные регулирующие устройства, электропитание которых производится на напряжении 380/220 В. Особый вклад в искажение синусоидальности кривой напряжения вносит осветительная нагрузка. При увеличении числа устройств возникает потребность минимизации высших гармоник токов и напряжений в таких сетях. Поэтому целью данной работы являются исследование и анализ несинусоидальности токов, потребляемых мелкими нелинейными нагрузками, для разработки мер по улучшению качества электроснабжения потребителя.

*Ключевые слова:* частотно управляемый электрический привод, широтно-импульсная модуляция, высшие гармоники, электроснабжение

DOI: 10.17212/1727-2769-2016-1-84-97

**1. Введение**

Одной из важных особенностей современного технического прогресса в электроэнергетике является постоянное возрастание количества и мощности так называемых нелинейных нагрузок. Наличие таких нагрузок в электрических сетях приводит к появлению высших гармоник напряжения, которые вызывают целый ряд негативных явлений (потери напряжения, старение изоляции линий электропередачи, перегрев магнитопровода и т. д.) в электрооборудовании этих сетей. Поэтому важно научиться определять ущерб, вызываемый высшими гармониками в сети потребителя. А также разработать эффективные методы борьбы с высшими гармониками, которые бы позволили достичь практически синусоидальной формы кривой напряжения.

Среди нелинейных нагрузок наиболее распространенными являются вентиляльные преобразователи и различные регулирующие устройства, электропитание которых производится на напряжении 380/220 В (различные зарядные устройства и блоки электропитания бытовой техники). Несмотря на то что единичная потребляемая мощность таких устройств мала, при одновременном их использовании возникает необходимость минимизировать высшие гармоники токов и напряжений в указанных сетях [1]. В качестве примера такой ситуации можно привести строительство гостиницы «Burj Al Arab» в Дубае. Эта гостиница была оснащена таким большим количеством электроприемников, являющихся нелинейными нагрузками, что оказалось невозможным нормальная эксплуатация системы ее электроснабжения. При сдаче в эксплуатацию этой гостиницы были реализованы

специальные мероприятия по уменьшению уровня высших гармоник токов в низковольтной сети (установление ФКУ и активных фильтров).

В связи с этим возникает вопрос о характеристиках многочисленных мелких нелинейных электроприемников, что и является задачей данной работы, в которой произведен анализ высших гармоник токов, потребляемых современными массовыми нелинейными электроприемниками [2, 3]. Количество таких электроприемников велико и имеет тенденцию в современных условиях постоянно возрастать. Такое возрастание характерно для любых систем электроснабжения: промышленных, городских, сельских и др. Поэтому специалисты, занятые проектированием различных систем электроснабжения, проявляют все больший интерес к несинусоидальности токов, потребляемых мелкими нелинейными нагрузками.

## 2. Анализ нелинейных нагрузок потребителя

В качестве примера нелинейных нагрузок небольшой мощности рассмотрены частотно регулируемые асинхронные приводы ACS150 и ACS550 (одна из последних моделей) фирмы АББ мощностью 1,5 кВт. Частотно регулируемые преобразователи (ЧРП) этих приводов сконструированы таким образом, что ток в обмотке статора асинхронного двигателя (рис. 1) является практически синусоидальным, хотя на его осциллограмме просматриваются импульсы напряжения, обусловленные работой широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Синусоидальность тока в обмотке статора асинхронного двигателя важна с точки зрения минимизации потерь в двигателе.

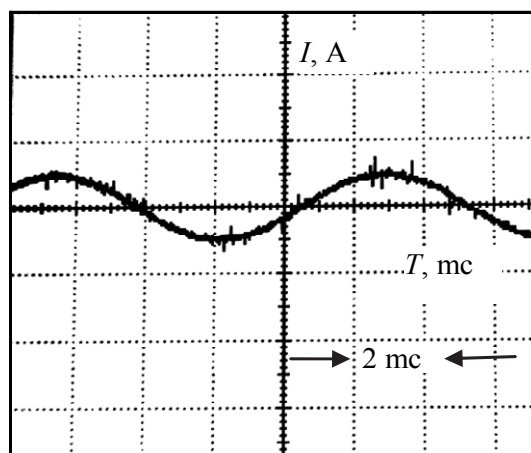


Рис. 1 – Осциллограмма тока обмотки статора асинхронного двигателя ЧРП

Fig. 1 – The adjustable-frequency electric drives stator winding current oscillogram

Входным звеном ЧРП является неуправляемый выпрямитель. Осциллограмма тока, потребляемого ЧРП ACS550 из сети, приведена на рис. 2. Гребенка на рисунке вызвана работой ШИМ. Этот ток отличается значительной несинусоидальностью и может создавать кондуктивные электрические помехи в сети электропитания [4].

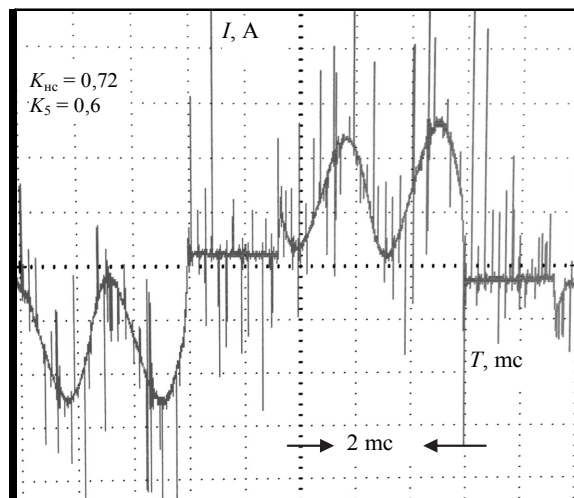


Рис. 2 – Осциллограмма сетевого тока ЧРП ACS550

Fig. 2 – The adjustable-frequency electric drives ACS 550 circuit current oscillogram

На рис. 3 показан спектр этого тока. Для сравнения на этом же рисунке приведен спектр тока идеального выпрямителя, для которого в цепи выпрямленного тока имеется большая индуктивность.

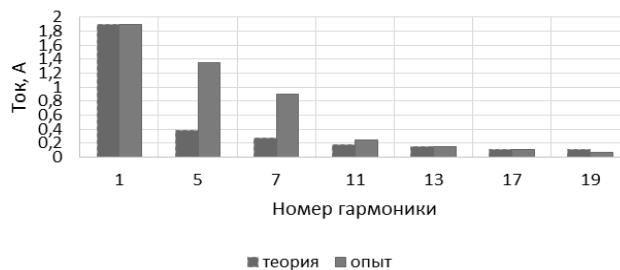


Рис. 3 – Спектральный состав сетевого тока для идеального выпрямителя и для ACS550

Fig. 3 – The circuit current spectral distribution for ideal rectifier (dotted line) and ACS550 (solid line)

Как известно, идеальный неуправляемый выпрямитель с бесконечно большой индуктивностью в цепи выпрямленного тока при синусоидальном напряжении электропитания потребляет несинусоидальный ток, имеющий следующие гармоники:

$$n = km \pm 1; \quad I_n = \frac{I_1}{n}, \quad (1)$$

где  $n$  – номер гармоники тока;  $k$  – натуральный ряд чисел (1, 2, 3, ...);  $m$  – число фаз выпрямителя;  $I_n$  – действующее значение тока  $n$ -й гармоники.

Как видно из рис. 2, уровень высших гармоник тока потребляемого ЧРП из сети довольно высокий. Коэффициент несинусоидальности этого тока, равный

отношению суммарного действующего значения тока всех высших гармоник к действующему значению тока первой гармоники равен 0,72. Так как входные выпрямители этих ЧРП трехфазные, в их сетевом токе отсутствует третья гармоника. Пятая гармоника ЧРП ACS150 составляет значительную величину (1,1 первой гармоники).

Важными особенностями рассмотренных приводов является практически полное отсутствие потребления реактивной мощности и большая несинусоидальность потребляемого из сети тока. На рис. 4 приведена осциллограмма тока, потребляемого из сети ЧРП ACS150 при номинальной нагрузке двигателя. Коэффициент несинусоидальности этого тока достигает величины 1,5, а наибольшая пятая гармоника – 1,1 от первой. На этой осциллограмме явно проявляется работа ШИМ, что свидетельствует о недостаточной фильтрации помех при проведении измерений [5, 6].

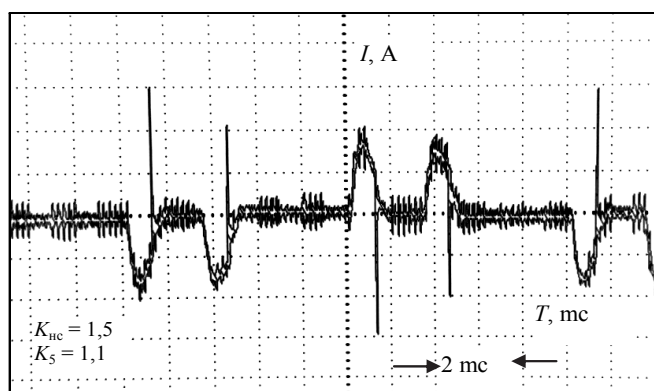


Рис. 4 – Осциллограмма сетевого тока ЧРП ACS150

Fig. 4 – The adjustable-frequency electric ACS150 drives circuit current oscillogram

Устройство ACS150 намного проще по конструкции и дешевле ACS550, чем, видимо, и объясняется большая разница в несинусоидальности сетевых токов.

В табл.1 приведены результаты измерений параметров привода ACS550 для номинальной скорости вращения и для пяти различных значений коэффициента загрузки (от 0,2 до полной номинальной мощности). Для измерений использовалось устройство JANITZA UMG103. При номинальной мощности двигателя, равной 1,5 кВт и номинальной скорости вращения, равной 695 об/мин, номинальный момент двигателя составляет 20 Нм. Ток, потребляемый двигателем из сети в этом режиме (3,46 А) за счет отсутствия реактивной составляющей, что обусловлено работой ЧРП, оказывается меньше тока фазы обмотки статора двигателя (4,4 А). Это особенность устраняет «регулирующий эффект нагрузки» и тем самым способствует устранению проблем, вызываемых реактивной мощностью асинхронных двигателей, работающих без ЧРП [4].

Большая несинусоидальность тока, потребляемого из сети, негативно проявляется в основном в увеличении потерь энергии в элементах сети 380/220 В и в понижительных трансформаторах 10/0,4 кВ. Это увеличение потерь пока незначительно, но со временем при увеличении мощности и количества мелких нелинейных нагрузок значимость этой проблемы будет возрастать [7, 8].

При возрастании нагрузки привода ACS550 коэффициент несинусоидальности тока  $K_{нс}$  убывает от 1,2 до 0,72.

Если ограничиться гармоникой  $n = 17$  и учесть, что отсутствуют четные гармоники в выражении (1), то ток, потребляемый из сети, будет равен

$$I_c = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + \dots + I_{17}^2}. \quad (2)$$

Для режима номинальной нагрузки и номинальной скорости вращения (5-й столбец в таблице) величина тока, потребляемого из сети:

$$I_c = \sqrt{2,81^2 + 0,21^2 + 1,62^2 + \dots + 0,15^2} = \sqrt{2,81^2 + 2,02^2} = 3,46 \text{ А},$$

где  $I_1 = 2,81 \text{ А}$  – действующее значение тока первой гармоники;

$I_{\text{вг}} = \sqrt{0,21^2 + 1,62^2 + 1,13^2 + 0,08^2 + 0,25^2 + 0,21^2 + 0,04^2 + 0,15^2} = 2,02 \text{ А}$  – действующее значение токов всех высших гармоник

**Значения контролируемых параметров при  $n = 695$  об/мин и  $\omega = 72,7$  1/с  
для ЧРП ACS550**

Номер опыта	Параметры	1	2	3	4	5
На зажимах двигателя	$M$ , Н·м	2	6	10	15	20
	$I_1$ , А	2,8	2,9	3,3	3,8	4,4
	$P$ , кВт	0,1	0,4	0,7	1,1	1,5
Панель управления ЧРП	$f$ , Гц	46,5	46,9	47,4	47,9	48,5
Ввод электропитания ЧРП 380 В	$I_c$ , А	0,68	1,36	2,1	2,71	3,46
	$P_c$ , Вт	306,12	613,16	1002	1445	1954
	$S_c$ , ВА	474,73	881,57	1400	1900	2435
	$\cos \varphi$	0,997	0,995	0,994	0,993	0,991
Гармоники тока, потребляемые ЧРП из сети	$I_1$ , А	0,43	0,87	1,49	2,08	2,81
	$I_3$ , А	0,03	0,05	0,03	0,11	0,21
	$I_5$ , А	0,35	0,67	1,1	1,36	1,62
	$I_7$ , А	0,31	0,55	0,83	1,01	1,13
	$I_9$ , А	0,02	0,04	0,03	0,06	0,08
	$I_{11}$ , А	0,16	0,22	0,29	0,23	0,25
	$I_{13}$ , А	0,13	0,14	0,16	0,16	0,21
	$I_{15}$ , А	0,02	0,02	0	0,03	0,04
	$I_{17}$ , А	0,04	0,06	0,1	0,1	0,15
Коэффициент несинусоидальности	$K_{\text{нс}}$	1,2	1,05	0,95	0,83	0,72

На рис. 5 приведена осциллограмма тока бытового светильника с двумя встроенными энергосберегающими лампами мощностью по 11 Вт. Вид несинусоидальности этого тока обусловлен конструкцией пускорегулирующего аппарата, встроенного в энергосберегающую лампу. Гармоники, кратные трем, в этом случае суммируются в нулевом проводе.

На рис. 5–13 приведены осциллограммы токов некоторых мелких однофазных нелинейных нагрузок: энергосберегающих ламп, телевизоров и компьютеров. Импульсные блоки питания этих нагрузок потребляют из сети токи, отличающиеся высоким содержанием высших гармоник. Так, например, в токе энергосберегающих ламп высшие гармоники составляют 1,1, а третья гармоника – 0,76 от тока первой гармоники. Высшие гармоники определялись разложением в ряд Фурье полученных осциллограмм с помощью программы GARM I.

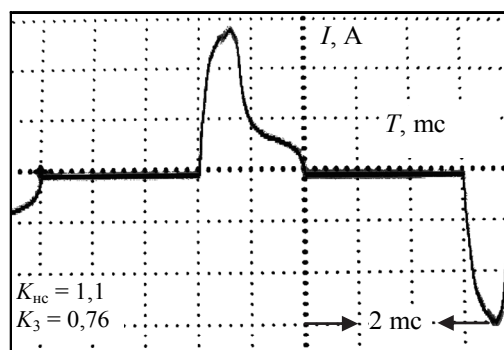


Рис. 5 – Осциллограмма тока, потребляемого из сети светильником с двумя энергосберегающими лампами мощностью 11 Вт при номинальном напряжении

Fig. 5 – The popular lamp with two 11 W energy-saving lamps current oscillogram is conducted at nominal voltage

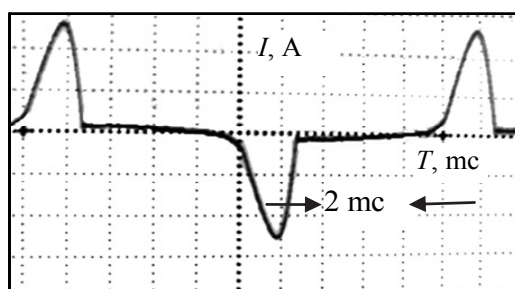


Рис. 6 – Осциллограмма тока, потребляемого стиральной машиной LGDD в режиме отжима

Fig. 6 – The oscillogram of current consumed by LGDD washing machine in a spinning mode

В стиральных машинах, для вращения барабана, в качестве тягового устройства применяются электродвигатели. Как известно, в электродвигателе электрическая энергия преобразуется в механическую. Напрямую к валу барабана крепится шкив – фрикционное колесо с ободом или канавкой, которое передает движение приводному ремню. Традиционно, в стиральных машинах вращение от шкива электродвигателя передается через ремень к шкиву барабана, поэтому этот тип передачи получил название ременный. Подавляющее большинство стиральных машин, продаваемых в России, имеют ременный привод барабана.

С развитием электронных технологий и усовершенствованием конструкции бытовых приборов в ряде стиральных машин стал применяться так называемый прямой привод барабана (Direct Drive – с англ. прямой привод). Двигатели в таких стиральных машинах имеют иную конструкцию и место расположения, а ротор (вращающаяся часть) двигателя стал крепиться напрямую к валу барабана. Благодаря прямому приводу удалось исключить из конструкции ремень, шкив и щетки, но электронная система управления двигателями с прямым приводом стала значительно сложнее. Сам по себе двигатель в таких машинках отличается высокой надежностью.

С:\D:\GARM1\EXE

Гар	Амплитуда	Фаза в градусах
1	4.629647	56.105118
2	0.000000	0.000000
3	3.228379	9.281765
4	0.000000	0.000000
5	2.457105	-45.093323
6	0.000001	0.000000
7	1.443290	-107.396919
8	0.000001	0.000000
9	0.720237	170.584503
10	0.000001	0.000000
11	0.590988	83.944603
12	0.000001	0.000000
13	0.416725	-5.763505
14	0.000001	0.000000
15	0.235447	-68.951241
16	0.000000	0.000000
17	0.168532	165.284988
18	0.000001	0.000000
19	0.161898	84.135857

А0= 0.000000-постоянная составляющая.  
 Вид записи:  
 $Y(x) = A_0 + A_1 \sin(x\omega + \Phi_1) + A_2 \sin(2x\omega + \Phi_2) + A_3 \sin(3x\omega + \Phi_3) + \dots + A_N \sin(Nx\omega + \Phi_N)$   
 где:  
 А0-постоянная составляющая;  
 А1, А2, ..., АN-амплитуды гармоник от 1 до N;  
 Φ1, Φ2, ..., ΦN-фазы гармоник в радианах;  
 ω(омега) - частота первой гармоники, рад/с;  
 N - число исследуемых гармоник;  
 x - текущая точка.  
 Числовые характеристики кривой:  
 Действующее значение: Уд = 4.5354  
 Среднее значение: Уср = 2.5400  
 Коэфф. несинусоид.: Исн = 0.9586

Для ПРОДОЛЖЕНИЯ нажмите <Enter>

а

Гармоника	Амплитуда	Фаза в градусах
1	4,629647	56,105118
2	0,000000	0,000000
3	3,228379	9,281765
4	0,000000	0,000000
5	2,457105	-45,093323
6	0,000001	0,000000
7	1,443290	-107,396919
8	0,000001	0,000000
9	0,720237	170,584503
10	0,000001	0,000000
11	0,590988	83,944603
12	0,000001	0,000000
13	0,416725	-5,763505
14	0,000001	0,000000
15	0,235447	-68,951241
16	0,000000	0,000000
17	0,168532	165,284988
18	0,000001	0,000000
19	0,161898	84,135857

б

Рис.7 – Результаты расчета кривой тока, потребляемого стиральной машиной LG DD:

а – скриншот расчета в программе GARM I; б – результаты расчета кривой тока, потребляемого стиральной машиной LG DD, в программе GARM I

Fig.7 – The resultant calculations of current curve consumed by LG DD washing machine:

а – screenshot of the piece of programme (GARM I programme used; б – the resultant calculations of the current curve consumed by LG DD washing machine in GARM I

Компания LG, одна из первых выпустила стиральную машину с прямым приводом барабана, получившую название серии Direct Drive (DD). Сегодня прямой привод применяется в ряде стиральных машин марки Samsung (Самсунг), Whirlpool (Вирпул), Haier (Хаер).

Объектом исследования является стиральная машина LG Direct Drive. Так как в различных режимах работы стиральной машины форма тока не меняется, то в данной работе осциллограмма тока была снята в режиме отжима при максимальных оборотах 800 об/мин.

Нелинейным электроприемником также является ЖК телевизор марки Philips, установленный в аудитории П-334 кафедры «Системы электроснабжения предприятий» факультета энергетики НГТУ. Кривая тока, потребляемого ЖК, и полученные результаты измерений приведены на рис. 10 и рис. 11 соответственно.

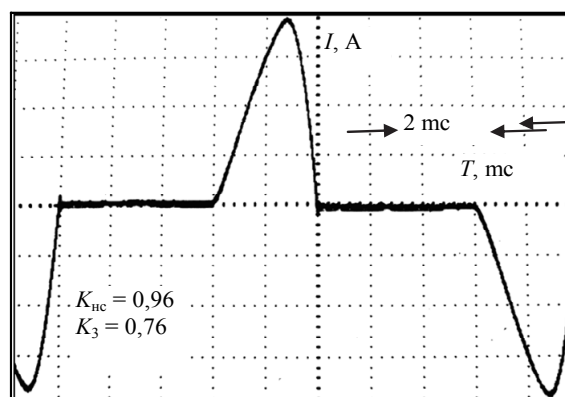


Рис. 8 – Ток, потребляемый жидкокристаллическим телевизором SHARPAGUOS

Fig. 8 – The liquid crystal TV SHARPAGUOS 's current oscillogram

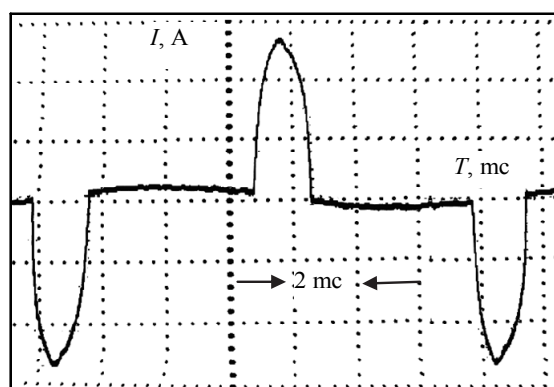


Рис. 9 – Ток, потребляемый телевизором MYSTERY

Fig. 9 – The TV MYSTERY 's current oscillogram

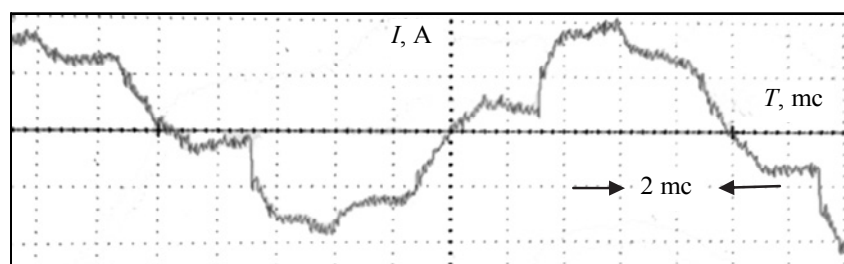


Рис. 10 – Осциллограмма тока, потребляемого ЖК Philips

Fig. 10 – The oscillogramm of current consumed by TV Philips in a spinning mode



ГармИ.ЕХЕ

Гар	Амплитуда	Фаза в градусах
1	8.339324	-10.081004
2	0.000000	0.000000
3	0.995858	131.243652
4	0.000001	146.347519
5	1.224389	46.436996
6	0.000001	-125.557869
7	0.245075	-83.885185
8	0.000001	0.000000
9	0.718847	-153.206879
10	0.000000	0.000000
11	0.123947	102.921379
12	0.000003	65.205551
13	0.175635	-155.809204
14	0.000003	64.827980
15	0.008365	-59.555576
16	0.000001	0.000000
17	0.213676	96.650009
18	0.000003	109.677704
19	0.181360	85.769272

$A_0 = 0.000000$  – постоянная составл.  
 ВИД ЗАПИСИ:  
 $y(x) = A_0 + A_1 \sin(\omega x + \Phi_1) + A_2 \sin(2\omega x + \Phi_2) + A_3 \sin(3\omega x + \Phi_3) + \dots + A_n \sin(N\omega x + \Phi_n)$   
 где:  
 $A_0$  – постоянная составляющая;  
 $A_1, A_2, \dots, A_n$  – амплитуды гармоник от 1 до N;  
 $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$  – фазы гармоник в радианах;  
 $\omega$  (омега) – частота первой гармоники, рад/с;  
 $N$  – число исследуемых гармоник;  
 $x$  – текущая точка.  
 ЧИСЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИВОЙ:  
 Действит. значение:  $U_d = 6.0324$   
 Среднее значение:  $U_{cp} = 5.1400$   
 Коэфф. несинусоид.:  $K_{нс} = 0.2143$   
 Для ПРОДОЛЖЕНИЯ нажмите <Enter>

а

Гармоника	Амплитуда	Фаза в градусах
1	8,339	-10,081
2	0,000	0,000
3	0,995	131,244
4	0,000	146,348
5	1,224	46,437
6	0,000	-125,558
7	0,245	-83,885
8	0,000	0,000
9	0,719	-153,207
10	0,000	0,000
11	0,124	102,921
12	0,000	65,206
13	0,176	-155,809
14	0,000	64,828
15	0,008	-59,556
16	0,000	0,000
17	0,214	96,65
18	0,000	109,678
19	0,181	85,769

б

Рис. 11 – Результаты расчета кривой тока, потребляемого ЖК Philips:

а – скриншот расчета в программе GARM I; б – результаты расчета кривой тока, потребляемого ЖК Philips, в программе GARM I

Fig. 11 – The resultant calculations of current curve consumed by TV Philips:

а – screenshot of the piece of programme (GARM I programme used); б – the resultant calculations of the current curve consumed by liquid crystal TV Philips in GARM I

На рис. 12 и 13 приведены осциллограммы тока в компьютере, работающем без источника бесперебойного питания и с ним соответственно.

В случае однофазных нелинейных нагрузок, например осветительных, в потребляемом токе присутствуют гармоники, кратные трем, которые суммируются в нулевом рабочем проводе вместе с нулевой последовательностью токов первой гармоники, обусловленной несимметрией подключения однофазных нагрузок.

Для проведения необходимых измерений используется электрическая сеть лабораторий кафедры СЭСИ, однолинейная принципиальная схема которой приведена на рис 14. Центром электропитания помещений кафедры является распределительный щит (РЩ), расположенный в аудитории П-323. В РЩ имеется вводной автомат и автоматы отходящих линий, а также расположены два измерительных прибора: электросчетчик DELTAplus прямого включения и устройство UMG 96S, подключенное к сети через три трансформатора тока с коэффициентом трансфор-

мации 5/5. На вводе рабочей нейтрали в РЩ установлен трансформатор тока, служащий для измерения величины высших гармоник тока в нулевом рабочем проводе.

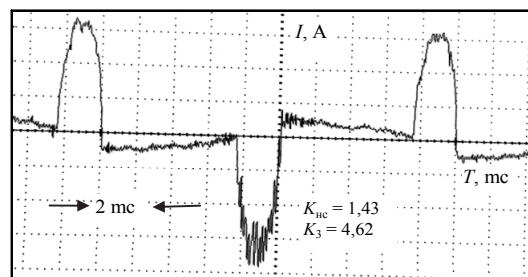


Рис. 12 – Осциллограмма тока компьютера без источника бесперебойного питания

Fig. 12. – The oscillogramm of current consumed by PC without on-line UPS

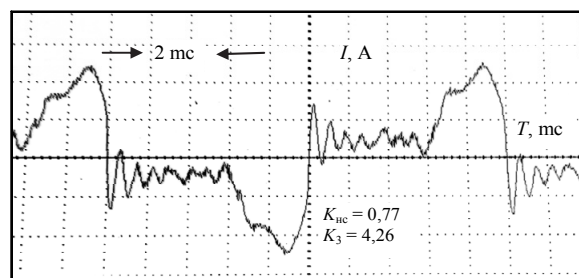


Рис. 13 – Осциллограмма тока компьютера с источником бесперебойного питания

Fig. 13 – The oscillogramm of current consumed by PC with on-line UPS

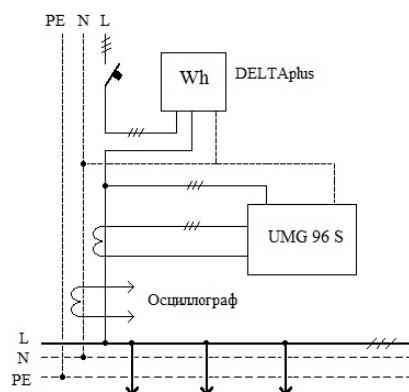


Рис. 14 – Однолинейная схема распределительного щита

Fig. 14 – The one line scheme of distribution shield

На рис. 15 приведена осциллограмма тока в нулевом рабочем проводе системы освещения, выполненной люминесцентными лампами. Коэффициент несинусоидальности этого тока составил довольно большую величину (3,7), что обусловлено большим суммарным по всем лампам током третьей гармоники, равном 3,4 тока первой гармоники. Сумма токов третьей гармоники вводной части схемы электроснабжения здания (в РУ 0,4 кВ ТП) в целом может составить ощутимую величину. С ростом суммарной мощности однофазных нелинейных нагрузок этот ток может вызвать ущерб в работе системы электроснабжения здания.

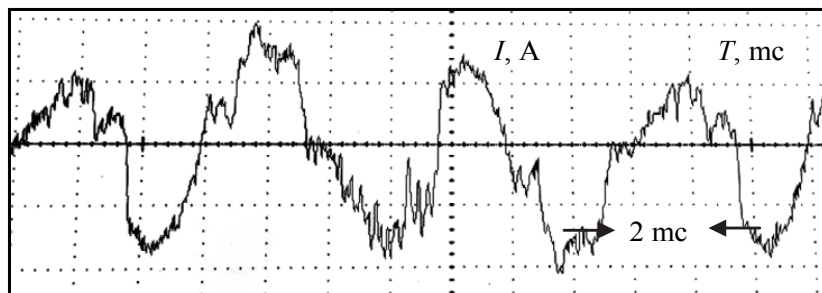


Рис. 15 – Осциллограмма тока в нулевом рабочем проводе

Fig. 15 – The neutral conductor's current oscillogram

Высшие гармоники напряжения в рассмотренной электросети здания определяются суммарными высшими гармониками токов в элементах сети и сопротивлением этих элементов.

Как показали измерения высших гармоник напряжения с помощью устройства JANITZA UMG96S и компьютерной программы GridVis, высшие гармоники напряжения в рассмотренной сети электропитания, не превышают величины 2,5 %, что допустимо в соответствии с ГОСТ 32144–2013.

### 3. Выводы

В последнее время в связи с ростом числа используемой бытовой техники ожидается тенденция к росту влияния высших гармоник со стороны потребителя на работу сети напряжением до 1000 В.

Как показывает анализ, в последнее время наметилась тенденция преобладания высших гармоник тока нелинейных мелких потребителей над высшими гармониками потребителей большой мощности. Так, высшие гармоники осветительной нагрузки в нулевом проводе составляют порядка 30 % от фазного тока, что может привести к существенному ущербу потребителя.

В связи с этим требуется разработка новых методик по анализу высших гармоник тока и способов их устранения в сетях до 1000 В. Эта задача со временем становится все актуальнее и ее необходимо решать двумя путями. Первый – уменьшение тока высших гармоник нелинейных нагрузок за счет совершенствования их конструкции, второй – применение специальных фильтрокомпенсирующих устройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Lagostena L., Mantini A., Silvestri M.** Disturbances produced by domestic appliance by thyristors: experiments and studies conducted for the purpose of preparing adequate standards // IEE Conference Publications. – 1974. – Vol. 110. – P. 209–213.
2. **Kusters N.L., Moore W.J.M.** On definition of reactive power under non-sinusoidal conditions // IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. – 1980. – Vol. PAS-99, iss. 5. – P. 1845–1854.
3. **Leonard W.** Control of electrical drives. – Berlin: Springer, 1996. – 420 p.
4. **Mohan N., Undeland T.M., Robins W.P.** Power electronics: converters, application and design. – New York: John Wiley&Sons, 1995.
5. **Myateg T.V.** The analysis of higher harmonic components influence on the electric circuit at induction motor functioning equipped with adjustable-frequency electric drive // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 698. – P. 173–177.
6. **Povh D., Weinhold M.** Improvement of power quality by power electronic equipment: report CIGRE 13/14/36-06. – Paris, 2000.
7. **Akagi H., Kasazawa Y., Nabae A.** Instantaneous reactive power compensators comprising devices without energy storage components // IEEE Transactions on Industry Applications. – 1984. – Vol. IA-20, iss. 3. – P. 625–630.
8. Control in power electronics / ed. by M.P. Kazmierkowski, R. Krishnan, F. Blaabjerg. – New York: Academic Press, 2002.

# PREDICTIONS OF CIRCUIT HIGH HARMONICS VALUES INCREASE IN THE NETWORKS OF UP TO 1000 V

**Olhovskiy V.Ya., Myateg T.V., Nayaksov S.Yu.**

*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*

One of the most important features of up-to-date technical progress in power engineering is continuous increase of so called non-linear loads in amount and power. Such loads in electrical network result in high harmonics voltage which cause a number of negative effects in electrical network equipment functioning. The valve inverter and regulating devices are the most widely used among non-linear loads. This devices operate at 380/220 V. This work is aimed at analyzing high harmonics currents consumed by modern widely used non-linear electrical devices. Nowadays the exist a great variety of such devices which are constantly upgrading. Such a tendency is typical of any powersupply systems, for example industrial, urban, rural and others. That is why specialist involved in designing powersupply systems are more and more interested in unsinusoidality currents consumed by small non-linear loads.

This paper deals with analyzing the operating modes peculiarities of some small devices such as rechargers and home appliances power sources (TVs, computers, washing mashinesetc) consumed power of which is not high. Is analyzed the operation mode of the induction motor is also equipped with ACS 550 frequency converter. If larger number of such devices is used it is necessary to minimize up to standart values high harmonics current and voltage in 380/220 V networks.

*Keywords:* adjustable-frequency electric drive; pulse-duration modulation; higher harmonics strategy.

DOI: 10.17212/1727-2769-2016-1-84-97

## REFERENCES

1. Lagostena L., Mantini A., Silversti M. Disturbances produced by domestic appliance by thyristors: experiments and studies conducted for the purpose of preparing adequate standarts. *IEE Conference Publications*, 1974, vol. 110, pp. 209–213.

2. Kusters N.L., Moore W.J.M. On definition of reactive power under non-sinusoidal conditions. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 1980, vol. PAS-99, iss. 5, pp. 1845–1854.
3. Leonard W. *Control of electrical drives*. Berlin, Springer, 1996. 420 p.
4. Mohan N., Undeland T.M., Robins W.P. *Power electronics: converters, application and design*. New York, John Wiley&Sons, 1995.
5. Myateg T.V. The analysis of higher harmonic components influence on the electric circuit at induction motor functioning equipped with adjustable-frequency electric drive. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 698, pp. 173–177.
6. Povh D., Weinhold M. *Improvement of power quality by power electronic equipment*. Report CIGRE 13/14/36-06. Paris, 2000.
7. Akagi H., Kasazawa Y., Nabae A. Instantaneous reactive power compensators comprising devices without energy storage components. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 1984, vol. IA-20, iss. 3, pp. 625–630.
8. Kazmierkowski M.P., Krishnan R., Blaabjerg F., eds. *Control in power electronics*. New York, Academic Press, 2002.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**Ольховский Владимир Яковлевич** – родился в 1942 году, канд. техн. наук, доцент кафедры систем электроснабжения предприятий Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: анализ и исследование качества электроэнергии в системах электроснабжения, анализ высших гармоник тока в сети напряжением до 1000 В. Опубликовано 30 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: V.Olhov@ya.ru).

**Olhovskiy Vladimir Yakovlevich** (b.1942) – Phd, Associate Professor at the Industrial Power Supply Systems Department in the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on calculation analyses and investigation of electrical energy quantity in industrial power supply systems. He is author of 30 scientific paper. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: V.Olhov@ya.ru).



**Мятёж Татьяна Владимировна** – родилась в 1979 году, канд. техн. наук, доцент кафедры систем электроснабжения предприятий Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: анализ и исследование качества электроэнергии в системах электроснабжения, анализ высших гармоник тока в сети напряжением до 1000 В, оптимизация режимов работы генерирующих компаний и тепловых электрических станций. Опубликовано 19 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: tatianachekalina@ngs.ru).

**Myateg Tatyana Vladimirovna** (b. 1979) – Phd, Associate Professor of the Industrial Power Supply Systems Department in the Novosibirsk State Technical University. Her research interests are currently focused on calculation analyses and investigation of electrical energy quantity in industrial power supply systems; optimization functioning of thermal electrical power stations. He is author of 19 scientific paper. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: tatianachekalina@ngs.ru).



**Наяков Сергей Юрьевич** – родился в 1993 году, магистр кафедры систем электроснабжения предприятий Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: анализ и исследование качества электроэнергии в системах электроснабжения, анализ высших гармоник тока в сети напряжением до 1000 В. Опубликовано 3 научных работы. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: genius-7@mail.ru).

**Nayaksov Sergey Yurievich** (b. 1993) – master of Industrial Power Supply Systems Department in the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on calculation analyses and investigation of electrical energy quantity in industrial power supply systems. He is author of 3 scientific paper. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: genius-7@mail.ru).

*Статья поступила 29 сентября 2015 г.*

*Received September 29, 2015*

---

To Reference:

Olhovskiy V.Ya., Myateg T.V., Nayaksov S.Yu. Issledovanie vozeistviya vysshikh garmonik melkikh nelineinykh potrebitelei na rabotu seti do 1000 V [Predictions of circuit high harmonics values increase in the networks of up to 1000 V]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2016, no. 1 (30), pp. 84–97. doi: 10.17212/1727-2769-2016-1-84-97