

УДК 621.317.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ ПО НАПРЯЖЕНИЮ**

А.К. Асанов, С.С. Тохтамов, Н.К. Джусупбекова, А.П. Тимченко

Приведены результаты исследований количественных и качественных статических и амплитудно-частотных характеристик бытовых электроприборов. Рассмотрено влияние режимов работы сети на статические характеристики бытовых ЭП, определено их влияние на КЭ в СЭС, дана оценка значений высших гармонических составляющих тока, генерируемых различными нелинейными бытовыми ЭП, сделан прогноз их значений в разных узлах СЭС, разработан комплекс мер реконструкции сети 0,4 кВ, с целью минимизации их значений до уровня, предусмотренного соответствующими стандартами.

Ключевые слова: активная мощность; реактивная мощность; спектральный состав; приемник электрической энергии; напряжение; статические характеристики.

**THE STUDY OF THE STATIC CHARACTERISTICS OF HOUSEHOLD
ELECTRICAL EQUIPMENT VOLTAGE**

A.K. Asanov, S.S. Tohtamov, N.K. Djusupbekova, A.P. Timchenko

The results of quantitative researches and qualitative static and amplitude-frequency characteristics of electrical household consumers are given. The influence of working hours of network on static characteristics of household EPs is considered, their influence on KE in SES is defined, an assessment of values of the highest harmonious components of current generated by various nonlinear household EPs is given, the forecast of their values in SES different hubs is made, the package of measures reconstruction of 0.4 kV network is developed, with aim minimization of their values to the level provided by the corresponding standards.

Keywords: active power; reactive power; frequency content; the receiver electrical energy; voltage; static characteristics.

Введение. Широкое использование в быту сравнительно маломощных бытовых электроприборов оказывают значительное влияние на питающую сеть. Несмотря на небольшую мощность каждого из этих потребителей электроэнергии, их массовое применение является причиной проблем ЭМС ЭП и сетей НН [1, 2]. К примеру, ВГ, генерируемые нелинейной нагрузкой отрицательно влияют на работу остальных ЭП в сетях 0,4 кВ [3].

Теоретическая часть. При проектировании и эксплуатации электроустановок в жилых и общественных зданиях, необходимо знать режимы работы бытовых потребителей и их влияние на питающую сеть.

Режим работы бытовых ЭП подразумевает длительность времени включения в электрическую сеть, время потребления электрической энергии, а также периодичность использования приборов.

Влияние бытовых потребителей на питающую сеть определяется:

- коэффициентом мощности ($\cos \phi$) потребителей;
 - генерированием высших гармонических составляющих тока;
 - неравномерностью загрузки отдельных фаз сети 0,4 кВ.
- Источниками гармонических искажений в городских электрических сетях являются нелинейные нагрузки: импульсные блоки питания, газоразрядные лампы, бытовые потребители, реализованные на новой элементной базе с характерной нелинейностью [1, 2]. Эти ЭП по функциональным характеристикам можно разделить на следующие группы:
- освещение (КЛЛ, ДРЛ, СИД и т. п.);
 - *хозяйственные приборы* (стиральные, посудомоечные машины, пылесосы, швейные машинки, дрели и т. п.);
 - *приборы для обработки и хранения продуктов* (холодильники, морозильники, универсальные

- кухонные машины, кофемолки, миксеры и т. п.);
- *нагревательные приборы для подогрева и приготовления пищи* (фритюрницы, тостеры, кофеварки, СВЧ печи);
 - *культурно-бытовые приборы* (телевизоры, персональные компьютеры, аудио-видеосистемы, DVD плееры, музыкальные центры и т. п.);
 - *санитарно-гигиенические приборы* (вентиляторы, фены, электробритвы, машинки для стрижки волос и т. п.);
 - *кондиционеры* (системы климатконтроля).

Для проведения исследований статических и амплитудно-частотных характеристик как отдельных, так и нескольких совместно работающих ЭП на кафедре электроснабжения КГТУ им. И. Раззакова был разработан универсальный лабораторный стенд “Электромагнитная совместимость в системах электроснабжения” (рисунок 1). На этом стенде можно одновременно фиксировать значения следующих электрических величин:

- активную мощность;
- реактивную мощность;
- мощность искажения;
- ток основной гармоники;
- токи высших гармоник;
- напряжения и т. п.

При помощи этих данных можно построить графики следующих зависимостей:

- активной и реактивной мощности от напряжения питания;
- коэффициента мощности ЭП от напряжения питания;
- величины сдвига фаз от напряжения питания;
- энергопотребления при различных питающих напряжениях;
- спектральный состав токов и т. д.

Экспериментальная схема стенда состоит из следующих элементов:

1. ЛАТР – однофазный регулируемый автотрансформатор (рисунок 2). Предназначен для регулирования однофазного напряжения в пределах от 0 до 250 В.
2. Выключатель.
3. В – вольтметр.
4. LPW305 – измеритель ПКЭ компании Л-Кард (рисунок 3);
5. ЭП – испытуемый электроприемник.

Методика исследований. На первом этапе проведения работ предполагается подача на ЭП синусоидального переменного тока различного напряжения. Амплитуда напряжения регулируется посредством автотрансформаторов (типа ЛАТР) от 180 до 250 В (с шагом 10 В) через каждые 5 и 2 ми-

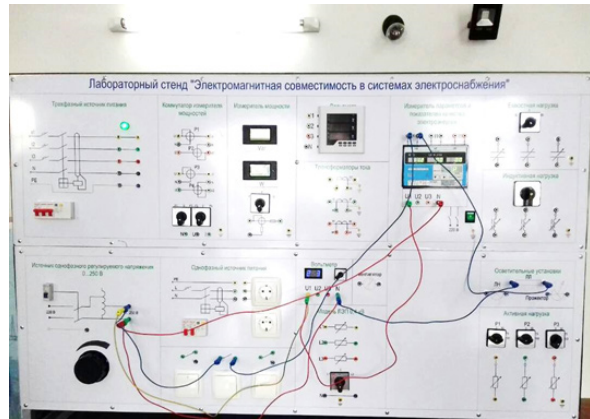


Рисунок 1 – Лабораторный стенд “Электромагнитная совместимость в системах электроснабжения”



Мощность: 3 кВА
 Максимальный ток: 12 А
 Частота: 50 Гц
 Входное напряжение: 220 В
 Диапазон регулирования: 0–250 В
 Масса: 11 кг
 Габариты: 198x210x235

Рисунок 2 – Внешний вид и технические характеристики автотрансформатора TDGC2-3



Рисунок 3 – Внешний вид прибора LPW305

нуты для ЭП с длительным и кратковременным режимами работы.

На втором этапе проведения работ предполагается подача на ЭП синусоидального переменного тока номинального напряжения ЭП. Амплитуда номинального напряжения устанавливается посредством автотрансформаторов (типа ЛАТР) в течение всего времени измерения.

Измеритель LPW305 регистрирует показатели качества и вспомогательные характеристики электрической энергии, установленные ГОСТ 321442013 “Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”, их временные характеристики, активную и реактивную мощность с номинальной частотой 50 Гц.

Таким образом, в каждый момент времени доступны мгновенные значения тока и напряжения,

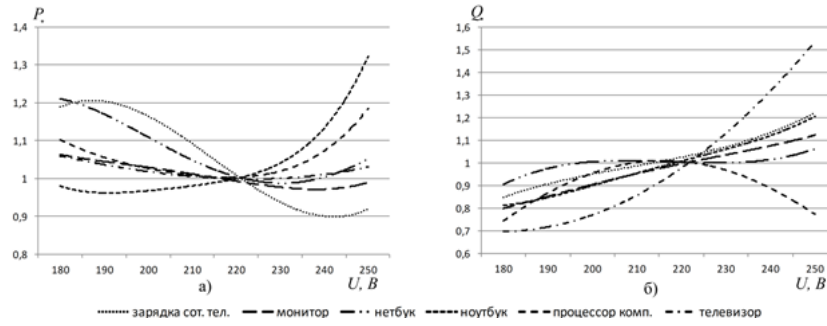


Рисунок 4 – Статические характеристики ЭП с импульсным блок питания:
 а – зависимость $P_* = f(U)$, б – зависимость $Q = f(U)$

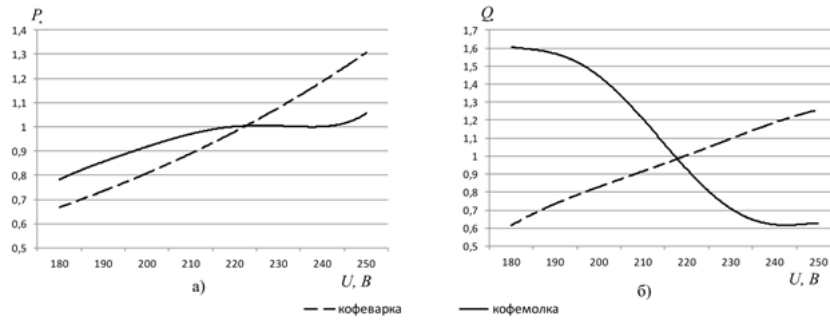


Рисунок 5 – Статические характеристики ЭП с коллекторным двигателем:
 а – зависимость $P = f(U)$, б – зависимость $Q = f(U)$

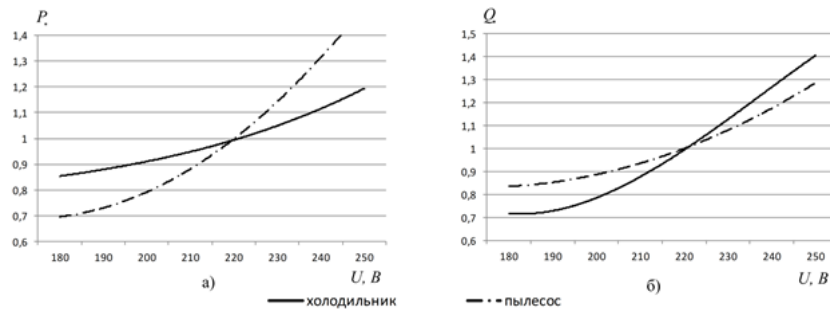


Рисунок 6 – Статические характеристики ЭП с асинхронным двигателем:
 а – зависимость $P = f(U)$, б – зависимость $Q = f(U)$

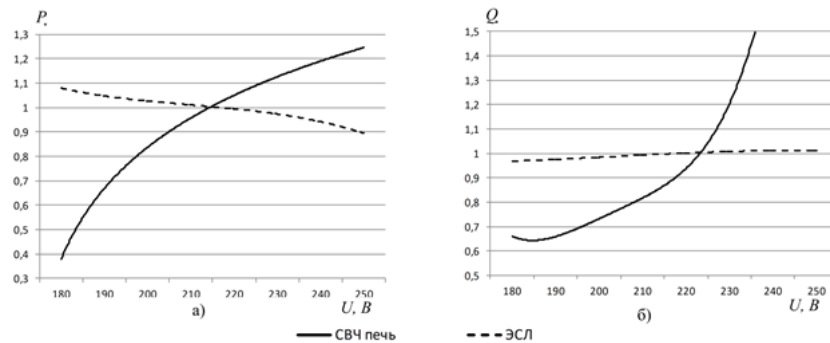


Рисунок 7 – Статические характеристики СВЧ печи и ЭСЛ:
 а – зависимость $P = f(U)$, б – зависимость $Q = f(U)$

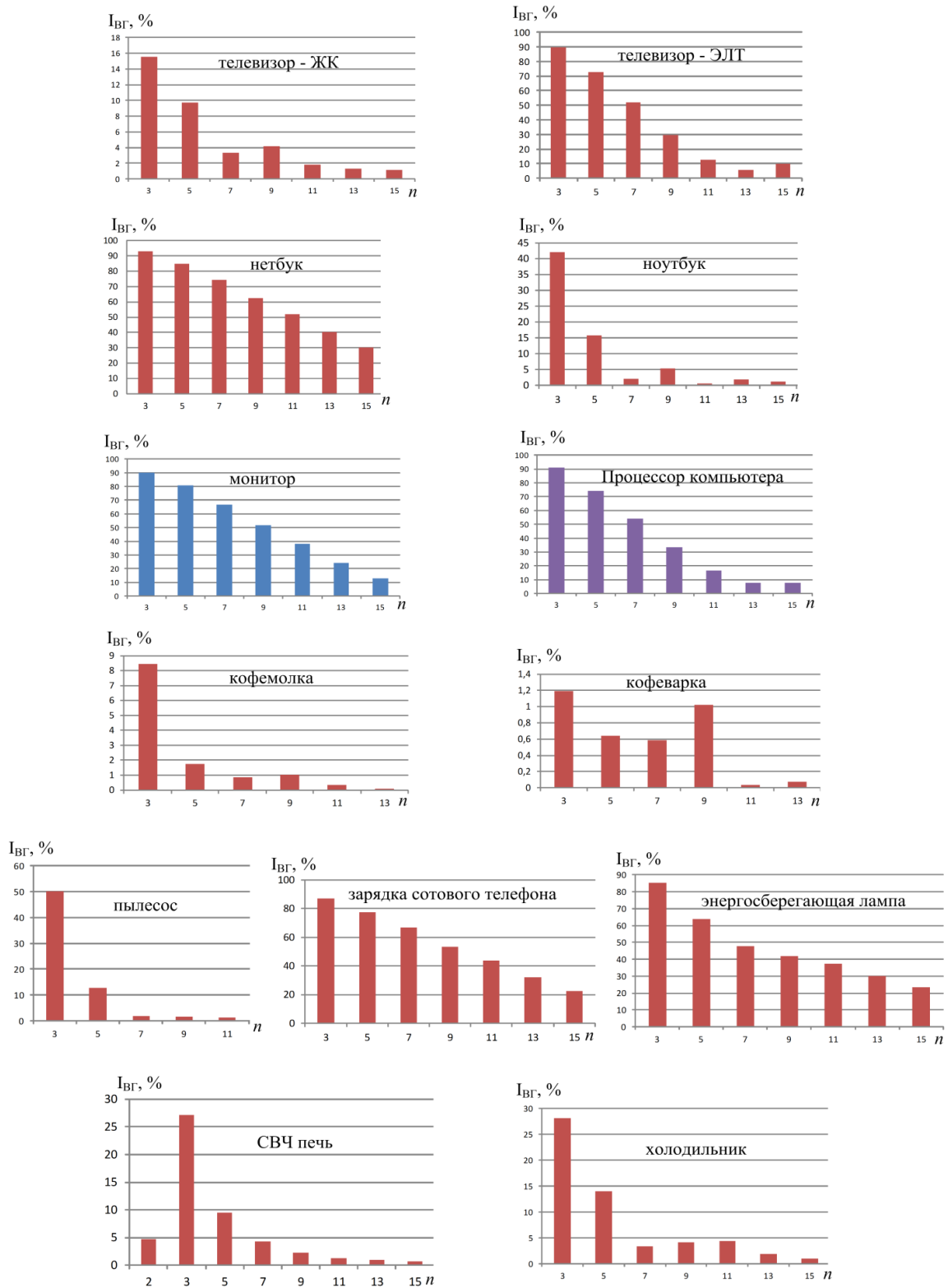


Рисунок 8 – Спектральный состав тока различных ЭП

Таблица 1 – Паспортные и измеренные характеристики бытовых ЭП

№ п/п	Наименование ЭП	Пасп. / изм.		ВГ составляющие тока, %			Суммарный	
		P, Вт	cos φ	кратные 3				
				< 20	>20	>90		
1	ЭСЛ	11/4,5	0,7/0,57	-	-	99	139	
2	Холодильник	200	0,9/0,4	-	29	-	33	
3	Кофемашины	1000/850	0,95/0,98	1,5	-	-	2	
4	Кофемолка	150/120	0,9/0,9	8	-	-	9	
5	Микроволновая печь	900/560	0,9/0,97	-	26	-	30	
6	Телевизоры	ЖК	100/80	0,8/0,7	17	-	-	20
		ЭЛТ	40/18	0,75/0,98	-	-	92	130
7	Компьютер	- /90	- /0,65	-	-	100	145	
8	Ноутбук	90/27	0,7/0,93	-	42	-	45	
9	Нетбук	40/15	0,7/0,9	-	-	117	178	
10	Фен	1100/800	0,9/0,95	13	-	-	18	
11	Пылесос	1150/750	0,7/0,8	-	51	-	53	
12	Зарядка сотового тел.	-/1,5	- /0,9	-	-	105	157	

активной и реактивной мощности, коэффициента искажения синусоидальности напряжения, частоты. Вся информация обрабатывается с помощью компьютера для вычисления мгновенных значений потребляемой мощности (I этап), спектра гармоник тока (II этап).

Результаты. На основании полученных в ходе эксперимента данных на I этапе были построены различные зависимости (рисунки 4–7), на II этапе определен спектральный состав токов (рисунок 8).

Уровни гармоник некоторых ЭП зависят от режима их работы. Например, в зависимости от нагрузки, пылесос может работать в одном из нескольких режимов: режиме малых токов при малых нагрузках (М); средних нагрузок (С); при больших нагрузках (Б). Режим М практического значения не имеет. В режиме С уровни 3-й и 5-й гармоник тока оказываются весьма нестабильными (рисунок 8). Уровень высших гармоник тока в режиме Б значительно ниже, чем в режиме С.

В таблице 1 приведены паспортные и измеренные при номинальном напряжении ЭП данные существующих современных бытовых ЭП, участвующих в эксперименте.

Выводы. Электроприемники с импульсным блоком питания в большинстве имеют линейно прирастающую зависимость потребления реактивной мощности от напряжения, при этом потребляемая активная мощность практически не изменяется.

Электроприемники с коллекторным двигателем по активной мощности имеют прямую, а по реактивной мощности обратную зависимость от напряжения. Электроприемники с асинхронным двигателем имеют линейно прирастающие зависимости потребления по активной и реактивной мощности от напряжения.

У всех (двенадцати) исследованных ЭП, высшие гармонические составляющие тока преобладают, в особенности кратные 3-м. Для удобства дальнейших исследований все ЭП были разделены на три группы с уровнями ВГ до 20 %, от 20 % и более 90 %.

Список обозначений:

ЭП – электроприемник;
 ЭМС – электромагнитная совместимость;
 НН – низкое напряжение;
 СЭС – система электроснабжения;
 КЛЛ – компактные люминесцентные лампы;
 СИД – светоизлучающие диоды;
 ДРЛ – дуговые ртутные лампы;
 ЛЛ – люминесцентные лампы;
 ВГ – высшие гармоники;
 ЛАТР – лабораторный автотрансформатор;
 ПКЭ – показатели качества электроэнергии;
 P – активная мощность ЭП;
 cos φ – коэффициент мощности ЭП.

Литература

1. Управление качеством электроэнергии: уч. пособие для вузов / И.И. Каргашев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Изд. дом МЭИ, 2017.
2. Шидловский А.К. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях / А.К. Шидловский, А.Ф. Жаркин. Киев: Н. Думка, 2005.
3. Симуткин М.Г. Влияние современных бытовых электроприемников на качество электроэнергии в системе электроснабжения / М.Г. Симуткин, В.Н. Тульский, Г.В. Шведов // Матер. 5-й всерос. школы-сем. молодых ученых и специалистов “Энергосбережение – теория и практика”. М.: МЭИ, 2010.