

УДК 621.3

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

### COMPARATIVE ANALYSIS OF HOUSEHOLD CONSUMERS ELECTRORECEIVERS MODES

**Егоров Александр Олегович**, кандидат технических наук, доцент каф. «Автоматизированные электрические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: eao@daes.ustu.ru. Тел.: +7(922)213-23-78

**Люханов Егор Анатольевич**, студент каф. «Автоматизированные электрические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: ealuhanov@yandex.ru. Тел.: +7(932)614-08-84

**Поспелова Мария Владимировна**, студентка каф. «Автоматизированные электрические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: pospelova\_2102@mail.ru. Тел.: +7(912)211-90-72

**Черпанова Мария Дмитриевна**, студентка каф. «Электротехника и Электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: cherepanovamari@gmail.com. Тел.: +7(904)986-73-80

**Alexandr O. Egorov**, Cand Sc., Prof., Department «Automated electrical systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: eao@daes.ustu.ru. Ph.: +7(922)213-23-78

**Egor A. Lyukhanov**, student, Department «Automated electrical systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: ealuhanov@yandex.ru. Ph.: +7(932)614-08-84

**Maria V. Pospelova**, student, Department «Automated electrical systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: pospelova\_2102@mail.ru Ph.: +7(912)211-90-72

**Maria D. Cherepanova**, student, Department «Electrical engineering and Electrotechnology systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: cherepanovamari@gmail.com Ph.: +7(904)986-73-80

**Аннотация:** Данная статья предлагает сравнительный анализ различных режимов работы бытовых электроприемников, на основе измерений, сделанных в реальной квартире. Измерение Показателей качества электроэнергии (ПКЭ) и снятие графиков нагрузки осуществлялось с помощью прибора регистратора-анализатора ПКЭ ChauvinArnoux CA 8335+. Ежедневные нагрузки и ежедневные затраты энергии рассчитаны и отображены графически с почасовой дискретностью. Выбраны наиболее эффективные способы регулирования потребления энергоресурсов и сокращения финансовых затрат на электроэнергию

**Abstract:** The paper deals with the comparative analysis of various operating modes of household consumers electroreceivers on the basis of measurements in real apartment. Measurement of Unified Power Quality Index (UPQI) and reading load curves were accomplished by means of the UPQI logger Chauvin Arnoux CA 8335+. Daily load and daily cost of energy are calculated and shown graphically with hourly discretization. The most effective ways of regulation the energy consumption and reduction of financial expenses on the electric power are chosen

**Ключевые слова:** Электроприемники; энергоэффективность; система электроснабжения; режимы работы; регистратор-анализатор ПКЭ; кривые нагрузки; показатели качества электроэнергии

**Key words:** Electroreceivers; energy efficiency; electrical power supply system; operating mode; logger; load curves; Unified Power Quality Index

Для электроприемников (ЭП) бытовых режимов – условно-постоянной, импульсной или потребителю характерна работа в одном из трех резко-переменной нагрузки. Работа таких ЭП в

суточном диапазоне оказывается различной, как по продолжительности, так и по интенсивности. Детальный анализ позволит оценить индивидуальный вклад каждого прибора в величину общего энергопотребления согласно графику нагрузки и весовому коэффициенту, а также определить стоимость и возможность регулирования работы ЭП в целях энергосбережения.

Снятие характеристик осуществляется регистратором-анализатором качества электроэнергии Chauvin Arnoux CA 8335+ (см. рис. 1). На основе полученных данных формируются, анализируются и сопоставляются графики нагрузок.



Рис.1 Chauvin Arnoux CA 8335+

В качестве экспериментальной площадки с бытовой сетью 220В выбрана квартира в жилом доме. В таблице 1 представлен перечень приборов, классифицированных по режиму работы.

Таблица 1

№	Электроприёмник	Фирма	Модель	Рн ом Вт	Весо вой коэф
1. Условно-постоянная нагрузка					
1	Телевизор	Panasonic	Viera TX-R32LE7K	14 4	0,57 %
2	Ноутбук	Asus	A52J	90	0,36 %
3	Ноутбук	Lenovo	Flex 2-14	45	0,18
2. Импульсная нагрузка					
4	Варочная	Hotpoint-	7HPC 640	73	29,0

	поверхность	Ariston	(WH)/HA	00	5%
5	Микроволновая печь	Samsung	CE287DNR	24 00	9,55 %
6	Чайник электрический	Scarlett	Tiffany SC-1227	22 00	8,76 %
7	Утюг	Eurolux	EL-1316	20 00	7,96 %
8	Пылесос	Samsung	VC-5915V	15 00	5,97 %
9	Фен	Bosch	PHD5712 CTHM6D	12 00	4,78 %
10	Фен	Bosch	PHD 1150	12 00	4,78 %
11	МФУ	Canon	LaserBase MF3228	70 0	2,79 %
12	Мультиварка/пароварка	Panasonic	SR-TMH181	67 0	2,67 %
13	Блендер	Bosch	ErgoMixx 600W	60 0	2,39 %
14	Кухонный комбайн	Гамма-7-01	ЭМП-40/130-7	13 0	0,52 %
15	Выпрямитель волос	BabyLiss	Slim ST326E	49	0,20 %
16	Выпрямитель волос	Rowenta	SF 6012	39	0,16 %
3. Резко-переменная нагрузка					
17	Стиральная машина	Bosch	Maxx WLX 16161	5 24 00	9,55 %
18	Электро-духовой шкаф	Hotpoint-Ariston	7OFH (WH) RU/HA	51 22 50	8,95 %
19	Холодильник-морозильник	Ariston	MBA 2200	21 0	0,84 %

Целевыми ЭП в данной работе являются представители разных категорий классификации: холодильник (Ariston MBA 2200), микроволновая печь (Samsung CE287DNR), ноутбук (Asus A52J). Результаты измерений параметров режимов работы в течение суток с дискретностью измерений 1с приведены в обобщенных графиках на рис. 2-5.

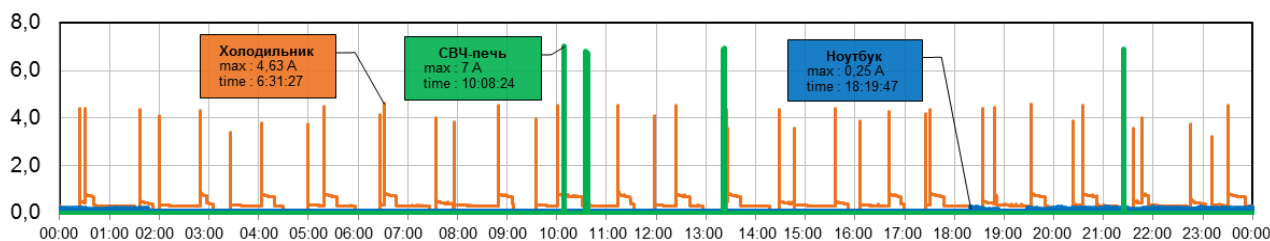


Рис. 2. Ток I(t), [A]

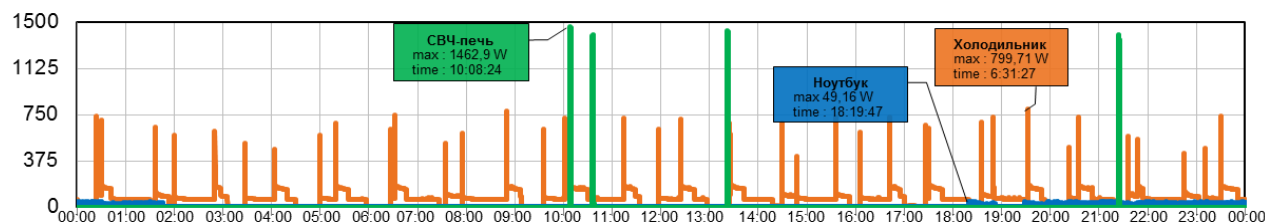


Рис. 3. Активная мощность P(t), [Вт]

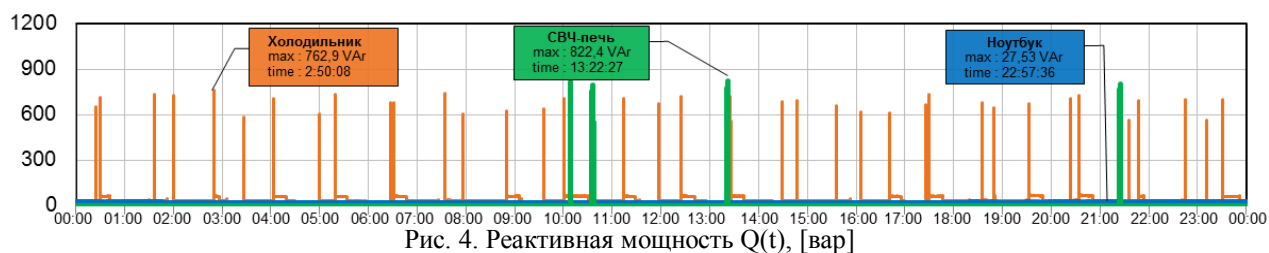


Рис. 4. Реактивная мощность  $Q(t)$ , [вар]

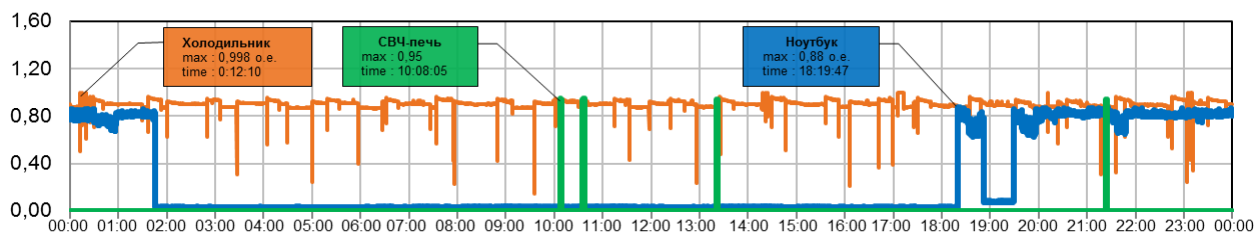


Рис. 5. Коэффициент мощности  $\cos\varphi(t)$ , [о.е.]

Графики нагрузок подтверждают наличие существенных отличий в характере работы бытовых ЭП. Режиму резко-переменной нагрузки (холодильник) соответствует большое количество рабочих циклов на протяжении суток (см. рис. 6). Режим условно-постоянной нагрузки (ноутбук) характеризуется примерно одинаковым

электропотреблением во время работы (см. рис. 7). Режим импульсной нагрузки (микроволновая печь) отличается скачкообразностью и большим по сравнению с другими режимами электропотреблением во время использования (см. рис. 8).

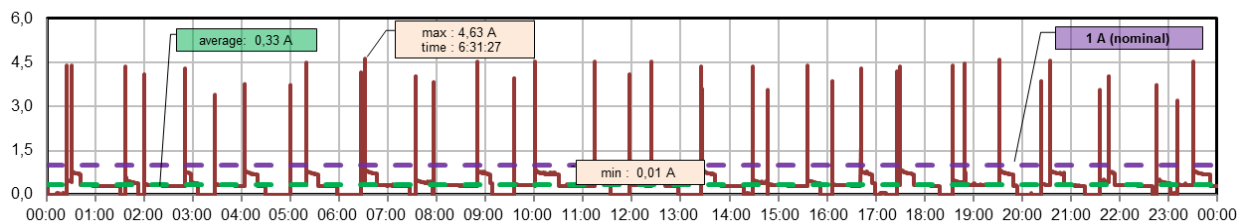


Рис. 6. Ток резко-переменной нагрузки (холодильник)  $I(t)$ , [А]

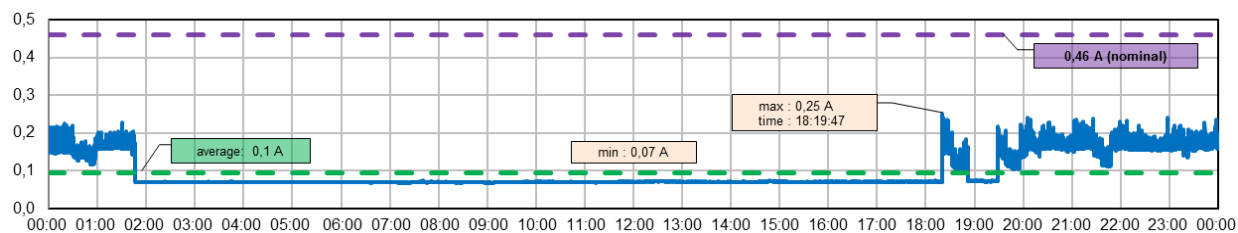


Рис. 7. Ток условно-переменной нагрузки (ноутбук)  $I(t)$ , [А]

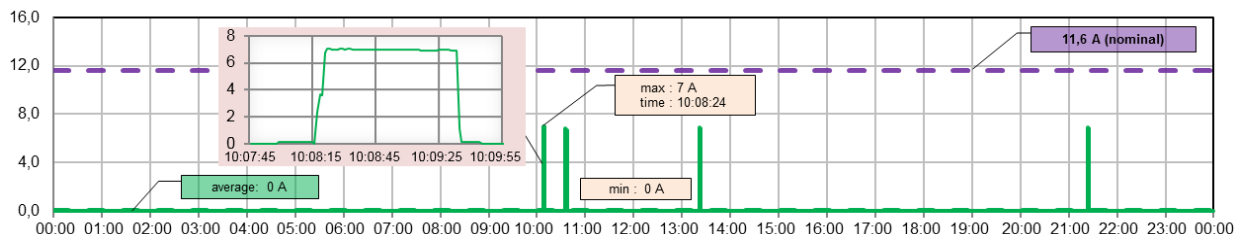


Рис. 8. Ток импульсной нагрузки (микроволновая печь)  $I(t)$ , [А]

На основе измерений, выполненных в течение суток, сделаны расчёты на основе действующей тарификации (см. табл. 2) и сформированы наглядные графики нагрузки  $W(t)$  и суточной стоимости электроэнергии  $C(t)$  (см. рис. 6) с

общепринятой почасовой дискретностью, которые обладают большей ценностью для конечного потребителя, т. к. дают понятие о расходах на электроэнергию квартиры.

Таблица 2

День (7:00—23:00)			Ночь (23:00—7:00)			Сутки	
Тарифр уб/(кВт *ч)	Wh, кВт* ч	С, руб	Тарифр уб/(кВт *ч)	Wh, кВт* ч	С, руб	Wh, кВт* ч	С, руб

3,42	1,11	3,8	1,61	0,53	0,85	1,64	4,65
	0,12	0,4		0,08	0,13	0,2	0,54
	0,1	0,34		0	0	0,1	0,34

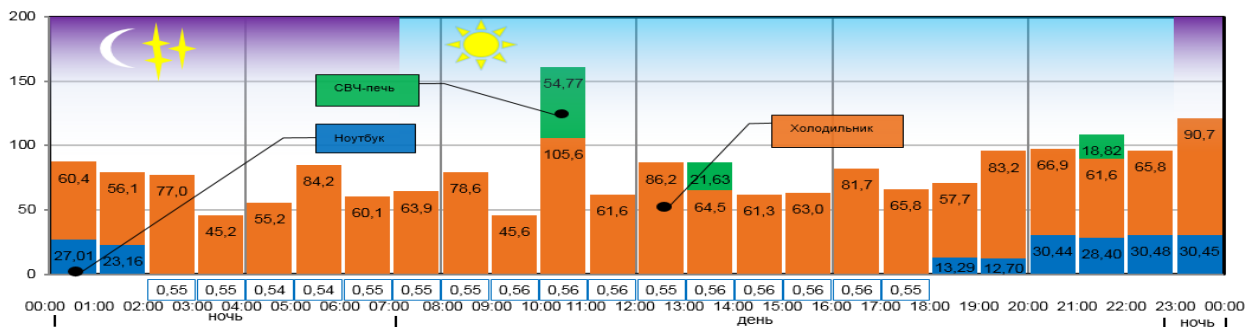


Рис. 9. Суточная нагрузка W(t), [Вт]

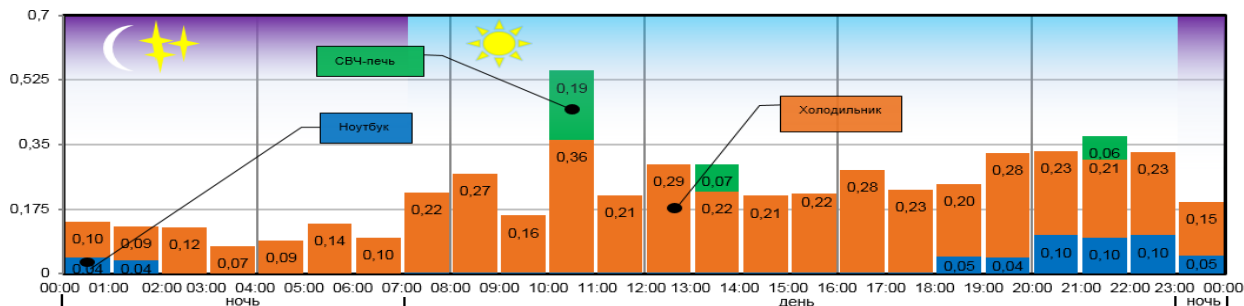


Рис. 10. Суточная стоимость электроэнергии C(t), [руб.]

Согласно графикам (см. рис. 6), величина затрат на электроэнергию распределяется не пропорционально весовому коэффициенту (см. табл. 1), а оказывается в прямой зависимости от продолжительности включения. Наиболее эффективным способом снижения электропотребления является регулирование времени работы ЭП, что достаточно проблематично в условиях резко-переменной нагрузки (холодильник). Для режимов импульсной и условно-постоянной нагрузки, существенное влияние на электропотребление будет оказывать снижение пиковой мощности. Измерения и сравнительный анализ трех режимов работы, позволили составить обобщенные графики нагрузки и стоимости электроэнергии, а также сформулировать предложения по снижению электропотребления бытовых ЭП. Величина затрат на электроэнергию определяется продолжительностью работы и пиковой мощностью ЭП. Исходя из особенностей различных режимов работы, наибольшую эффективность при регулировании энергопотребления имеют ЭП с импульсной и условно-постоянной нагрузкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лохов, С. П., “Оптимизация систем энергоснабжения и режимов энергопотребления

экспериментальных жилых домов”, Вестник ЮУрГУ №7(16), 2002, с. 14-15.  
 2. ГОСТ 12.3.019-80 “Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности”, 1986.  
 3. Хальясмаа, А. И.; Дмитриев, С. А.; Кокин, С. Е., “Энерго-информационные модели функционирования и развития систем электроснабжения больших городов”, 2013.  
 4. Ярошко, В. М.; Никишова М. В.; Муляр Е. В., “Задача оптимального распределения суточной нагрузки электропотребителя”, Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета №06, 2004, с. 2-6.  
 5. Адаричев, Е. Н.; Кокин, С. Е.; Паздерин, А. В., “Пути снижения электропотребления крупного города”, Электрические станции №10, 2009, с. 43-46.  
 6. Verwers, J.L.; Sovers, J.R., “Challenges of supplying electric power to a large industrial customer in rural areas” Industry Applications, IEEE Transactions on (Volume:36, Issue: 4), pp. 972-977.  
 7. Rudnick, H.; Mutale, J.; Chattopadhyay, D.; Saint, R., “Studies in Empowerment: Approaches to Rural Electrification Worldwide”, Power and Energy Magazine, IEEE (Volume:12, Issue: 4), pp. 35-41.