

### Список литературы

1. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. - 4-е изд., перераб. и доп. -М: ЭНАС. 2012. -376 с.
2. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / М.: ЭНАС, 2009. - 456 с.
3. Современное состояние и основные направления развития электрических сетей г. Бишкек. // Наука и новые технологии. - Бишкек. 2012. -№4. <http://sapatelectro.com/pdt72.pdf>
4. Финансово-экономические расчеты к Среднесрочной тарифной политике на электрическую энергию на 2014 - 2017 годы.
5. Статистические данные, характеризующие современное положение энергосистемы Кыргызстана.
6. Характерные графики электрических нагрузок потребителей г. Бишкек. / У Вестник КРСУ. -Бишкек. 2013.-Том 13,-№7-С. 80 - 83.
7. Основные закономерности бытового электропотребления г. Бишкек // Известия КГТУ им. И. Раззакова. - Бишкек. 2013. -№29 - С. 83 - 88.

УДК 621.3.014:621.316.1

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОКОВ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,38 КВ

*Асанов Азамат Курманкулович, ст. преподаватель, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: asanov\_ak@mail.ru*

**Аннотация.** Приведена инженерная методика прогнозирования ожидаемого основного и высших гармонических составляющих токов в сетях жилых и общественных зданий, основанная на вероятностно-статистических методах расчета нагрузок.

**Ключевые слова:** Приемник электрической энергии, высшие гармоники, питающая линия, расчетная нагрузка, фазный проводник, нулевой рабочий проводник.

### PREDICTION OF CURRENTS OF HIGHER HARMONICS IN THE URBAN DISTRIBUTION NETWORKS OF 0,38 KV

*Asanov Azamat Kyrmankulovich., senior lecturer, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, e-mail: asanov\_ak@mail.ru*

**Abstract.** Given an engineering methodology to predict the expected primary and higher harmonic components of currents in networks of residential and public buildings based on probabilistic-statistical methods of calculation of loads.

**Key words:** Receiver of electric energy, harmonics, supply line, rated load, phase conductor, neutral conductor.

На сегодняшний день в жилых и общественных зданиях широко распространены и непрерывно возрастают в количестве сравнительно маломощные бытовые электроприемники (ЭП), которые, в свою очередь, влияют на питающую сеть и определяют их режим работы. Так, по данным [2], в середине 80 годов удельное годовое электропотребление на бытовые нужды в городах в среднем по стране составлял 400 кВт\*ч на человека, а на сегодняшний день среднее удельное электропотребление жилых зданий г. Бишкек – около 200 кВт\*ч/м<sup>2</sup> в год, при средней плотности заселения домов в 15 м<sup>2</sup>/чел. Рост потребности связан с необходимостью создания комфортных условий проживания человека в доме и работы в

офисе. Несмотря на небольшую мощность каждого из этих потребителей электроэнергии, их массовое применение является причиной проблем электромагнитной совместимости ЭП и сетей низкого напряжения [6, 1].

По результатам исследований [1], были определены количественные и качественные статические и амплитудно-частотные характеристики бытовых ЭП, у которых в большинстве случаев суммарном спектре присутствовали от 5 до 170 % токи высших гармоник (ВГ).

Следует отметить, особенность токов гармоник кратных трем, у которых отсутствует фазовый сдвиг. Это приводит к тому, что в нулевом проводнике линии электропередачи, идущих от шин трансформаторных подстанций 6-10/0,4 кВ до ввода в здание, действующее значение тока может достигать значений в 1,5 раза больше фазного тока. При этом необходимо учитывать, что большая доля электрических сетей жилых и общественных зданий спроектирована и построена по нормам, которые были установлены в прошлом веке, когда допускалось сечение нулевого проводника выбирать в два-три раза меньше фазного.

В таких условиях, основная сложность прогнозирования и учета ВГ составляющих тока заключается, в особенности режима работы бытовых ЭП, включение, которых в квартирах носит случайный характер и зависит от численности и уклада жизни проживающих, насыщенности быта электроприборами и других факторов.

Прямой учет всех этих факторов крайне затруднителен, поэтому необходимо использовать вероятностно-статистические методы расчета [5, 4] и нормативный документ [3].

Предлагаемая укрупненная схема расчета ожидаемого тока при проектировании жилых зданий представлена на рис. 1. Методика предполагает расчет и определение основного (ОГ) и ВГ составляющих токов питающих линий 0,38 кВ жилого дома, с учетом ОГ и ВГ токов типовой квартиры и количества квартир в жилом доме с нормативными удельными мощностями по [3].

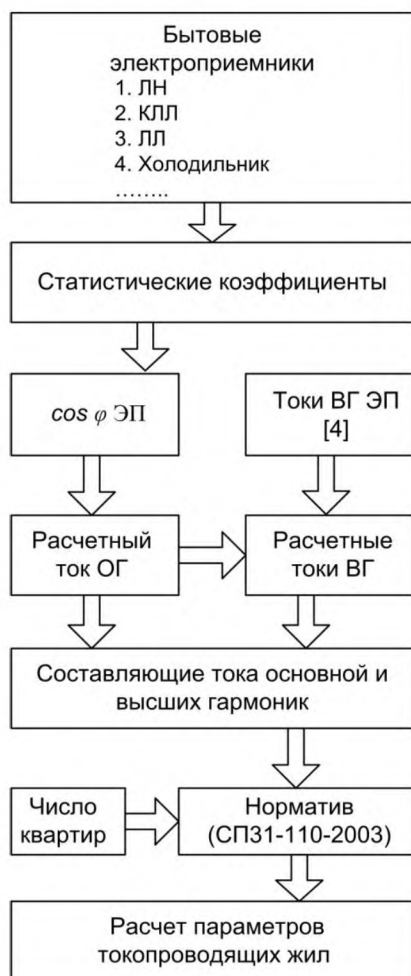


Рис. 1. Схема расчета ожидаемых токов основной и высших гармоник при проектировании жилых зданий

**Описание методики.** По результатам анкетирования (более 100) и опросов (свыше 200) среди студентов и жителей г. Бишкек получены среднестатистические коэффициенты (табл. 1). Также, по результатам различных исследований и данных [6, 1, 3] и методикой, представленной [1], можно получить достаточно точные данные составляющих высших гармоник тока каждого бытового ЭП (табл. 1).

Так, по данным таблицы 1, установленная мощность ЭП типовых квартир с газовыми плитами равна 24,55 кВт, типовых квартир с электроплитами – 33,05 кВт. Их различия в установленной мощности составляет только мощность электроплиты.

Максимальная расчетная нагрузка ЭП квартиры  $P_{\text{мах.кв}}$ , можно определить из выражения

$$P_{\text{мах.кв}} = \sum_1^n P_{\text{мах.ЭП}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{мах.ЭП}}$  – максимальная расчетная нагрузка ЭП, определяется исходя из установленной мощности ЭП с учетом соответствующих ЭП среднестатистических коэффициентов (табл. 1), по формуле

$$P_{\text{мах.ЭП}} = P_n k_i k_c k_B, \quad (2)$$

где  $P_n$  – номинальная активная мощность ЭП;

$k_i$  – использования, характеризующий использование мощности ЭП по сравнению с номинальной, величина которого может изменяться от 0 до 1;

$k_c$  – спроса, характеризующий спрос населения (семьи) на данный ЭП, величина которого может превышать 1;

$k_B$  – включения, характеризующий время использования ЭП, величина которого может изменяться от 0 до 1.

Так, по данным таблицы 1 используя выражения (1), (2) можно рассчитать максимальную расчетную нагрузку ЭП квартиры, которая равна 0,86 кВт и 1,2 кВт соответственно для типовых квартир газовыми плитами и с электроплитами.

Проведем расчет для питающих линий жилых домов с газовыми плитами. Действующее значение тока ОГ квартиры определяется из максимальной расчетной нагрузки квартиры

$$I_1 = p_{\text{макс.кв}}/U_n \cos \varphi, \quad (3)$$

где  $\cos \varphi=0,96$  по [3] для домов оборудованных газовыми плитами.

Действующие значения токов ВГ ЭП определяются из максимальной расчетной нагрузки ЭП с учетом  $\cos \varphi$  ЭП

$$I_{\text{ВГ.ЭП}i} = \frac{P_{\text{макс.ЭП}i}}{U_n \cos \varphi} \cdot I_{\text{о.е.ВГ}i}, \quad (4)$$

где  $I_{\text{о.е.ВГ}i} = \frac{I_{\text{ВГ.ЭП}i, \%}}{100}$  – величина тока ВГ  $i$ -го ЭП, в о.е.

Суммарное значение токов ВГ квартиры определяется из выражения

$$I_{\Sigma \text{ЭП}} = \sqrt{\sum_{n \geq 2} I_{\text{ВГ.ЭП}i}^2}, \quad (5)$$

С использованием выражений (3), (5) можно рассчитать в о.е. действующее значение несинусоидального тока в фазном проводнике

$$I_{L.\text{о.е}} = \sqrt{1 + (I_{\Sigma \text{ЭП}}/I_1)^2} = \sqrt{1 + 0,77^2} = 1,26 \quad (6)$$

и, действующее значение несинусоидального тока в нулевом проводнике

$$I_{N.\text{о.е}} = 3\sqrt{(I_{\Sigma \text{ЭП}}/I_1)^2} = 3\sqrt{0,77^2} = 2,0 \quad (7)$$

Выражения (6), (7) вытекают из токов основной гармоники в фазном проводнике без учета ВГ составляющих тока.

Итак, для выбора проводника с учетом ВГ составляющих тока по условию нагревания рекомендуется выполнять из условий, для фазного проводника

$$I_{\text{нб}} I_{L.\text{о.е}} \leq I_{\text{доп}} = I_{\text{нб}} 1,26 \leq I_{\text{доп}}, \quad (8)$$

для нулевого рабочего проводника

$$I_{\text{нб}} I_{N.\text{о.е}} \leq I_{\text{доп}} = I_{\text{нб}} 2,0 \leq I_{\text{доп}}, \quad (9)$$

где  $I_{\text{нб}}$  - наибольший рабочий ток основной гармоники, проходящий по проводнику;  $I_{\text{доп}}$  - длительно допустимый ток для проводника данного вида. Значение  $I_{\text{доп}}$  нормируется ПУЭ и указывается в справочниках.

Наибольший рабочий ток основной гармоники жилого дома можно определить из расчетной активной нагрузки квартиры, приведенной к вводу жилого здания

$$I_{\text{нб}} = P_{\text{кв}}/\sqrt{3}U_n \cos \varphi$$

где  $\cos \varphi$  - коэффициент мощности питающих линий жилых зданий по [3], для квартиры с электрическими плитами - 0,98, с плитами на природном газе – 0,96.

Расчетная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ-0,4 кВ ТП от ЭП квартир определяется по формуле [3]

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.уд}} n$$

где  $P_{\text{кв.уд}}$  – удельная нагрузка ЭП квартир, принимаемая по [3] в зависимости от числа квартир, присоединенных к линии, типа кухонных плит, кВт/квартиру.  $n$  - количество квартир, присоединенных к линии.

Аналогичный расчет можно произвести для питающих линий жилых домов с электрическими плитами.

Таблица 1.

**Состав и характеристики ЭП квартиры**

№ п/п	Наименование ЭП	Паспортные данные		Статистические коэффициенты			ВГ тока, %	
		$P_{\text{н}}$ , кВт	$\cos \varphi$	$k_{\text{исп}}$	$k_{\text{с}}$	$k_{\text{в}}$	Суммарный	Кратные 3
1	ЛН	1.3	1	1	0.5	0.2	0	0

2	КЛЛ	0.3	0.8	0.8	0.4	0.2	139	99
3	ЛЛ	0.3	0.8	0.8	0.1	0.2	73	69
4	Холодильник	0.3	0.95	0.9	1.3	0.52	33	29
5	Кухонный вытяжка	0.25	0.8	0.6	0.8	0.035	80	60
6	Хлебопечь	1	1	0.8	0.2	0.01	0	0
7	Пароварка	2	1	0.7	0.2	0.005	0	0
8	Тостер	1	0.95	0.8	0.3	0.005	30	20
9	Электрочайник	2	1	1	1	0.013	0	0
10	Кофемашины	2	0.95	1	0.4	0.01	2	1.5
11	Посудомоечная машина	1.4	0.8	0.8	0.3	0.07	80	60
12	Микроволновая печь	0.9	0.9	0.9	0.8	0.042	30	26
13	Кухонный комбайн	0.8	0.95	1	0.3	0.012	60	50
14	Сплит система	2.5	0.8	0.8	0.3	0.16	60	50
15	Стиральная машина	1.8	0.8	0.7	1	0.045	90	70
16	Вентиляторы	0.1	0.8	0.6	0.4	0.01	80	60
17	Телевизоры	0.2	0.8	1	1.5	0.3	130	92
18	Домашний кинотеатр	0.5	0.8	1	0.2	0.2	20	17
19	Компьютер	0.4	0.65	0.8	0.8	0.2	135	97
20	Ноутбук	0.2	0.7	0.8	0.6	0.15	45	42
21	Электроутюг	1.9	1	0.8	1	0.03	0	0
22	Фен	1.8	0.75	0.8	0.9	0.015	18	13
23	Пылесос	1.6	0.7	0.8	1	0.025	53	50
24	Электроплита	8.5	1	0.2	1	0.2	0	0

### Выводы

1. Результаты проведенных расчетов позволяют учитывать высшие гармонические составляющие тока при выборе сечения проводников в сетях жилых зданий. Для сетей жилых и общественных зданий такие расчеты на современном этапе является практически единственно приемлемым, учитывая большое количество однофазных ЭП режимы работы которых зависят от многих факторов.

2. Исходные данные, используемые в приведенных формулах, легко проверяются и корректируются (число и количество ЭП, коэффициенты использования, спроса и включения), что немаловажно при оценке достоверности результатов расчета для конкретного города.

3. При увеличении количество квартир в жилом доме точность расчета будет повышаться.

### Список литературы

1. Асанов А.К., Демидов А.Д., Симуткин М.Г., Тульский В.Н., Шведов Г.В.. Электромагнитная совместимость систем электроснабжения и электроприемников жилых и общественных зданий // Энергосбережение - теория и практика: труды Шестой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. М.: МЭИ, 2012, С. 279-283.

2. Михайлов В.И., Тарнижевский М.В., Тимченко В.Ф. Режимы коммунально-бытового электропотребления. –М.: Энергоатомиздат, 1993. – 288 с.

3. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий».

4. Фокин Ю.А. Применение методов математической статистики в энергетических расчетах. –М. МЭИ, 1981. – 88.
5. Шведов Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети. –М. Издательский дом МЭИ, 2012. – 268 с.
6. Шидловский А.К., Жаркин А.Ф. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях. Киев: НДумка, 2005.

УДК 621.3.037.3:621.311

## **МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ О ТЕКУЩЕМ СОСТОЯНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Асанова Салима Муратовна, к.т.н., доцент, Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: a\_sm07@mail.ru*  
*Арфан аль Хакам, к.т.н., Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: drhak@mail.ru*  
*Сатаркулов Тимур Калмурзаевич, инженер, ОАО «Северэлектро», Кыргызстан, 722160, с. Лебединовка, ул. Зеленая 1А, e-mail: ssayk@mail.ru*

В настоящей работе построена математическая модель цифровой системы передачи информации и оценивания состояния электроэнергетических систем с учетом быстродействия и надежности технических средств реализации.

**Ключевые слова:** электроэнергетическая система, состояние системы, оптимальное количество информации, моделирующий комплекс, математическая модель, надежность.

## **MODELING COMPLEX TO ESTIMATE THE OPTIMAL AMOUNT OF INFORMATION ABOUT THE CURRENT STATE OF POWER SYSTEMS**

*Asanova Salima Muratovna, Ph. D., associate Professor, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, Mir Avenue, 66, e-mail: a\_sm07@mail.ru*  
*Arfan Al Hakam, Ph. D., Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, Mir Avenue, 66, e-mail: drhak@mail.ru*  
*Satarkulov Timur Kalmurzaevich, Engineer, JSC "Severelectro", Kyrgyz Republic, 722160, Lebedinovka vil., Zelenaya str. 1A, e-mail: ssayk@mail.ru*

In this study, it is constructed a mathematical model of digital information transmission system and state estimation of power systems, taking into account the speed and reliability of technical implementation means.

**Keywords:** power system, the system state, the optimal amount of information, modeling complex, mathematical model, reliability.

Особенностью электроэнергетических систем (ЭЭС), в качестве объекта управления (ОУ), является большое количество элементов, распределенных на большой территории и сложным образом взаимосвязанных друг с другом линиями электропередач, большое количество точек контроля за состоянием системы и точек управления процессом, протекающим в этой системе. Одной из основных характеристик цифровых систем управления такими многомерными распределенными объектами с позиции качества управления является, как показано в [1], системное быстродействие, определяемое