

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

Бокоева Ж.А.

**ТИРИЧИЛИКТЕГИ ТҮЗ СЫЗЫКТУУ ЭМЕС
ЭЛЕКТР КАБЫЛ АЛГЫЧТАРЫНЫН ИШТӨӨ РЕЖИМДЕРИНИН
ЫКТЫМАЛДЫК-СТАТИСТИКАЛЫК МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮ**

Бокоева Ж.А.

**ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НЕЛИНЕЙНЫХ
БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ**

Zh.A. Bokoeva

**PROBABILITY-STATISTICAL CHARACTERISTICS
MODES OF OPERATION OF NONLINEAR HOUSEHOLD
ELECTRIC RECEIVERS**

УДК: 621.311

Тиричиликтеги түз сызыктуу эмес электр кабыл алгычтарынын массалык түрдө электр энергиясын колдонуусу, төмөнкү чыңалуунун электр торлорунда электромагниттик шайкештиктин көйгөйлөрүнүн себептеринин бири болуп эсептелинет. Шаардын коомдук жана турак-жай имараттарынын 0,4 кВ бөлүштүрүүчү электр тармактарында өткөргүчтөрдү тандоодо, түз сызыктуу эмес электр кабыл алгычтарынан пайда болгон жогорку гармоникалык агындын түзүүчүлөрүнүн алдын-ала эсепке алуу, долборлоодо актуалдуу маселе болуп эсептелинет. Макалада Бишкек шаарынын тургундарынын арасынан мурдатан жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн, сурамжылоолордун, анкеталардын жыйынтыктары колдонулуп, аларды математикалык-статистикалык жол менен иштеп чыгып орточо статистикалык коэффициентти аныкталды. Макалада электромагниттик шайкештикти синусоидалык эмес чыңалуусунун критериясы боюнча баалоодо жана түз сызыктуу эмес электр кабыл алгычтарын эске алуу суроолорун чечүүнүн негизи болгон жогорку гармоникалык агындын деңгээлдерин эсептөөнүн жана турак-жай имараттарынын электр энергиясын керектөөчүлөрүнүн мүнөздөмөлөрүн алуу методикасын сунуштайт.

Негизги сөздөр: түз сызыктуу эмес жүк, тиричиликтик электр кабыл алгычтар, жогорку гармоника, керектөөчүлөрдүн мүнөздөмөлөрү, нөлдүк өткөргүч, математикалык күтүлгөн маани, орточо квадраттык четтөө, статистикалык коэффициент.

Массовое потребление электроэнергии нелинейных бытовых потребителей является причиной проблем электромагнитной совместимости сетей низкого напряжения. Прогнозирование и учет значений высших гармонических составляющих тока, генерируемых различными нелинейными бытовыми электроприемниками (ЭП) жилых и общественных зданий, при выборе сечений проводников в городских распределительных сетях 0,4 кВ является актуальной задачей в процессе проектировании. В статье использованы результаты ранее проведенных исследований, а также анкетных и опросных данных среди жителей города Бишкек и их математически-статистической обработкой определены среднестатистические коэффициенты. В статье предложена методика расчета уровней токов высших гармоник (ВГ) и получение характеристики потребителей жилых зданий, что является основой для решения вопросов учета нелинейных нагрузок в процессе проектирования и оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) по критерию несинусоидальности напряжения.

Ключевые слова: нелинейная нагрузка, бытовые электроприемники, высшая гармоника, электромагнитная совместимость, характеристика потребителей, нулевой провод, математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, статистический коэффициент.

Massive power consumption of non-linear household consumers is causing electromagnetic compatibility problems in low voltage networks. Prediction and accounting of the values of the higher harmonic components of the current generated by various non-linear household power supplies of residential and

public buildings when choosing conductor cross-sections in urban distribution networks of 0.4 kV is an urgent task in the design process. The article uses the results of previous studies, as well as questionnaire and survey data among residents of Bishkek, and their average statistical coefficients are determined by their mathematical and statistical processing. The article proposed a methodology for calculating the levels of currents of higher harmonics (SH) and obtaining the characteristics of consumers of residential buildings, which is the basis for addressing the issues of non-linear loads in the design and evaluation of EMC according to the criterion of non-sinusoidal voltage.

Key words: nonlinear load, household electrical appliances, higher harmonics, electromagnetic compatibility, characteristics of consumers, zero wire, expected value, mean square deviation, statistical coefficient.

Введение. С каждым годом растет потребление электроэнергии. Так, например в г. Бишкек 80-90-х годах удельное годовое потребление электроэнергии на бытовые нужды в год в среднем составлял 400 кВт*ч на человека, а на сегодняшний день среднее потребление электроэнергии в год составляет около 1720 кВт*ч на человека [1]. Рост потребности электроэнергии связано с необходимостью создания комфортных условий проживания человека в доме, на работе, в офисе, для чего приходится использовать целый ряд электроприемников (ламп, кондиционеров, приборов и др.). Несмотря на небольшую мощность этих электроприемников, массовое потребление электроэнергии является причиной проблем электромагнитной совместимости в сетях низкого напряжения [2, 3].

Гармоники токов кратных трем (I_n) приводит к сдвигу фаз, что является недостатком. Это приводит к тому, что ток в нулевом проводе идущий от шин трансформатора до потребителя, может превышать в 1,5 раза больше фазного тока (I_ϕ). В таких обстоятельствах, при выборе сечений проводов в городских электрических сетях 0,4 кВ, учет и прогнозирование составляющих тока высших гармоник различных нелинейных бытовых электроприемников жилых и общественных зданий, является актуальной задачей в процессе проектирования и эксплуатации.

Основная часть. Проверка сечения проводника на нагрев производится по условию:

$$I_{max} \leq I_{дон}, \quad (1)$$

где I_{max} – наибольший максимальный рабочий ток; $I_{дон}$ – длительно допустимый ток проводника.

Значение $I_{дон}$ приводится в справочниках. Так, в

пункте 1.3.8. ПУЭ, говорится, нулевые рабочие проводники в четырехпроводной системе трехфазного тока должны иметь проводимость не менее 50% проводимости фазных проводников, в необходимых случаях она должна быть увеличена до 100% проводимости фазных проводников.

Технический циркуляр ассоциации «Росэлектромонтаж» за №19/2007 «О защите от сверхтоков нейтральных (нулевых рабочих) (N) и PEN – проводников в питающих и распределительных сетях электроустановок до 1 кВ», рекомендует значение I_{max} определять с учетом корректирующих коэффициентов по МЭК 60364-5-52:2001, для расчета сечения фазных, N и PEN проводников.

На сколько удовлетворяют потребителей электроэнергетики и обоснованы эти значения корректирующих коэффициентов, в этих нормативах не приводятся.

В квартирах использование электроэнергии бытовыми электроприемниками (ЭП) носит случайный характер и зависит от различных факторов, например от численности проживающих [1]. Учет всех этих факторов затруднителен, поэтому необходимо использовать вероятностно-статистические методы расчета нагрузки [4].

Ранее были исследованы и проведены анкетные опросы среди жителей города Бишкек. В результате математически-статистической обработки данных были определены среднестатистические коэффициенты (СК) случайных величин отдельных ЭП квартиры, так и в целом по квартире. В результате обработки результатов была установлена мощность ЭП. Для квартир с газовыми плитами установленная мощность равна 24,5 кВт, а с электроплитами равна 33,5 кВт.

Максимальную расчетную мощность электроприемников квартиры $P_{max,кв}$, можно определить из выражения

$$P_{max,кв} = \sum_1^n P_{max,ЭП}, \quad (2)$$

где $P_{max,ЭП}$ – максимальная расчетная нагрузка ЭП, определяется исходя из установленной мощности ЭП с учетом соответствующих ЭП СК, по формуле

$$P_{max,ЭП} = P_n k_u k_c k_B, \quad (3)$$

где P_n – номинальная активная мощность ЭП; СК: k_c – коэффициент спроса; k_u – коэффициент использования; k_B – коэффициент включения.

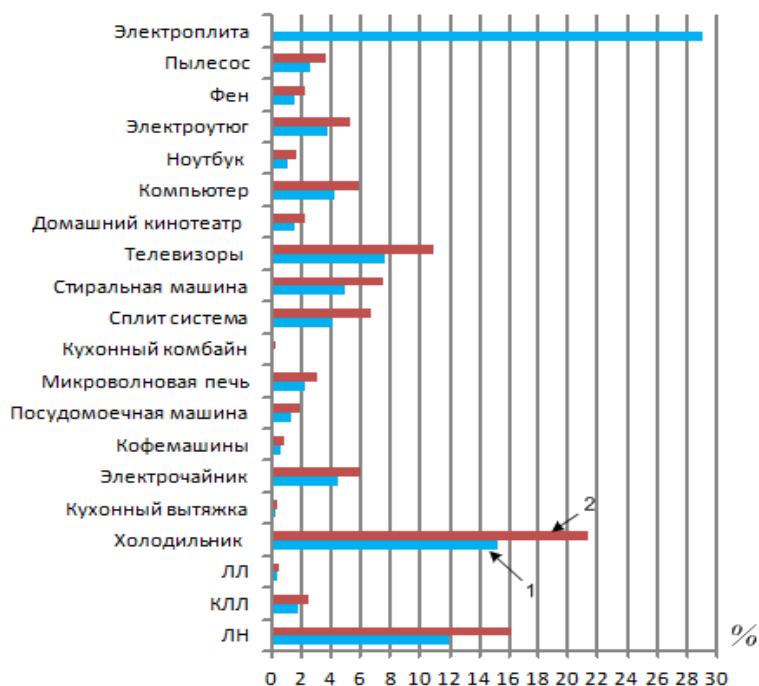


Рис. 1. Среднестатистический вклад ЭП в формировании максимальной типовой нагрузки квартиры: 1 – электроплитой; 2 – газовой плитой.

По формуле (2) определены максимальная расчетная мощность электроприемников квартиры, которые равны для квартир с газовыми плитами 0,87кВт и для квартир с электроплитами 1,38 кВт. На рисунке 1 представлен среднестатистический вклад каждого ЭП которые формируют основную расчетную нагрузку в квартире.

Учитывая большое количество однофазных ЭП жилых многоквартирных зданий, режимы работы которых зависят от многих факторов, такие расчеты на современном этапе являются практически единственно приемлемыми.

На основе вышеизложенного расчетные значения токов основных гармоник и высших гармоник, с вероятностью 0,95, при нормальном законе распределения равна

$$I_1 = M[I_1] + 1,65\delta[I_1]; \quad I_n = M[I_n] + 1,65\delta[I_n] \quad (4)$$

В таблице 1 приведены значения математического ожидания (МО), среднеквадратического отклонения (СКО) и расчетные значения токов ОГ, ВГ и нулевом проводнике одной усредненной квартиры. Числовые характеристики токов ВГ на вводе N квартир определялись с учетом независимости мгновенных значений токов между квартирами по формулам:

$$M[P]_N = M[P_1] \cdot N; \quad D[P]_N = D[P_1] \cdot N, \quad (5)$$

где N – количество квартир для рассматриваемого жилого дома.

В таблице 2 приведена информация об удельных значениях токов ВГ кратным трем квартир, определенных с вероятностью 0,95.

Таблица 1

Токи ОГ и ВГ кратным трем одной усредненной квартиры

Характеристики	Ток ОГ		Ток ВГ	Ток нулевом проводнике
	электроплита	газплита		
МО	5,1	3,2	1,7	6,15
СКО	0,54	0,76	0,35	0,32
Расчетные значения	5,99	4,45	2,23	6,68

Таблица 2

Номер гармоника	Расчетные удельные значения токов ВГ квартир						
	Удельные расчетные значения токов ВГ кратным трем, А/квартиру						
	Количество квартир						
	6	12	20	60	100	400	800
Кратные трем	3.47	2.79	2.42	1.91	1.86	1.67	1.6

На основании данных таблиц 1 и 2 рассчитаны модули поправочных коэффициентов для квартир с газовыми и электрическими плитами (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты	Для фазного проводника		Для нулевого проводника	
	Уравнение степени	R ²	Уравнение степени	R ²
для жилых домов, оборудованных электрическими плитами	$k'_\Phi = 1,608N^{-0,064}$	0,87	$k'_N = 1,85N^{-0,086}$	0,88
для жилых домов, оборудованных газовыми плитами	$k''_\Phi = 2,315N^{-0,122}$	0,88	$k''_N = 2,526N^{-0,086}$	0,9

Одна из зависимостей поправочного коэффициента от числа присоединенных квартир представлена на рисунке 2.

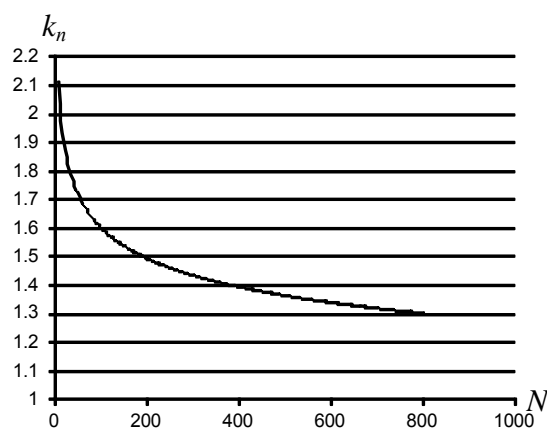


Рис. 2. Зависимость поправочного коэффициента от числа квартир для выбора сечения нулевого проводника в жилых домах с газовыми плитами.

Выводы. Предложенный метод расчета уровней ВГ тока потребителей жилых зданий позволил получить характеристики токов ВГ, аналогичные характеристикам токов основной частоты. Это является основой для решения вопросов учета нелинейных нагрузок в процессе проектирования и оценки ЭМС по критерию несинусоидальности напряжения.

Литература:

1. Основные закономерности бытового электропотребления г. Бишкек Кыргызской Республики. / Известия КГТУ им. И. Раззакова, №29. - Бишкек, 2013. - С.83-88.
2. Шидловский А.К., Жаркин А.Ф. Высшие гармоники в

низковольтных электрических сетях. - Киев: НДумка, 2005.

3. 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.
4. Фокин Ю.А. Применение методов математической статистики в энергетических расчетах. - М.: МЭИ, 1981. - С. 88.
5. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий».

Рецензент: к.т.н., доцент Жусубалиева Б.К.