

ЭНЕРГЕТИКА

Е. А. ПЕРСЕСЯН

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА МОЩНОСТИ
ТРАНСФОРМАТОРОВ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Расчеты городских электрических сетей базируются на данных об электрических нагрузках распределительных трансформаторов. Значительную долю этих нагрузок составляет осветительно-бытовая нагрузка жилых зданий, которая в настоящее время выбирается либо по удельной расчетной нагрузке ватт на кв. метр — на вводе в жилой дом, либо по расчетной нагрузке на вводе в квартиру, с учетом коэффициентов одновременности [1, 2]. Однако при решении вопросов, связанных с электроснабжением города и целом, его отдельных районов или выбора мощностей трансформаторов, питающих жилой квартал, определение электрических нагрузок этими методами становится все более затруднительным, из-за недостаточности исходных данных. К их числу относятся: величина оплачиваемой площади всех существующих и сооружаемых зданий, данные о газификации зданий, данные о коэффициентах одновременности и коэффициентах спроса для жилых и административно-производственных зданий и т. д. Кроме этого, по мере развития городских сетей погрешности таких расчетов возрастают.

Возникает необходимость использования для расчетов электрических нагрузок — статистических и вероятностных методов. Необходимость привлечения этих методов обуславливается и тем, что нагрузки групп независимых электроприемников распределительных трансформаторов существенно изменяются во времени и являются нерегулярными, что зависит от множества случайных и массовых явлений, учет которых в существующих методах расчета представляют большие трудности. Разработка и использование более точных методов расчета нагрузок позволяет повысить экономические показатели сооружаемой или реконструируемой электрической сети. Представляет определенный интерес американский метод расчета [3] бытовой нагрузки, где расчет электрических нагрузок, основывается на принципе учета вероятности включенного состояния приборов, данные о которых берутся из служб эксплуатационной сети. Однако, в этой методике выявление расчетных параметров представляет значительные трудности.

В настоящей статье сделана попытка построить расчет осветительно-бытовой нагрузки, на другом принципе, а именно вероят-

ности участия отдельных приборов в максимуме нагрузки, Учет этого основного показателя пиковой нагрузки дает возможность более точно определить нагрузки распределительных трансформаторов городских сетей, питающихся от энергосистем не имеющих нужного резерва генерируемых мощностей.

Предполагаемая методика основывается на следующих выкладках. Максимальная нагрузка трансформатора, как случайная величина представляется согласно [4—7] выражением:

$$S = \bar{S} + ts, \quad (1)$$

где \bar{S} — среднее значение максимальной мощности;

s — среднеквадратическое отклонение мощности;

t — нормированное (в долях s) отклонение от среднего значения нормального закона распределения случайной величины.

Среднее значение максимальной мощности есть вероятное максимальное значение мощности за какой-то интервал времени и в существующих методах [5] определяется путем умножения номинальных мощностей токоприемников на соответствующий им коэффициент спроса. В данной работе среднее значение максимальной мощности принимается равной суммарной получасовой нагрузке среднего числа токоприемников, участвующих в максимуме нагрузки.

Приведенные Академией коммунального хозяйства исследования [6] показали, что распределение максимальных нагрузок подчиняется биномиальному закону. В этом случае, среднее число токоприемников (математическое ожидание), участвующих в максимуме нагрузки равно:

$$\bar{n} = mp,$$

где m — общее количество электроприемников;

p — вероятность участия приборов в максимуме нагрузки.

Дисперсия этого числа будет

$$s^2(\bar{n}) = mpq,$$

где $q = (1 - p)$ — вероятность неучастия приборов в максимуме нагрузки.

Принимая в качестве показателя получасовой нагрузки номинальную мощность токоприемников S_{II} , среднее значение максимальной мощности однотипных приборов, будет равно

$$\bar{S} = S_{II} mp.$$

Отклонение от среднего значения максимальной мощности

$$s^2 = S_{II}^2 mp(1-p).$$

Общее среднее значение максимальной мощности трансформаторов, от i одного до r различных типов токоприемников, присоединенных к сети, определится выражением

$$S = \sum_{i=1}^r S_{Hi} m_i p_i.$$

Соответственно,

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^r S_{Hi}^2 m_i p_i (1 - p_i).$$

Подставляя значения среднего и среднеквадратического отклонения мощности в выражение (1), получим:

$$S = \sum_{i=1}^r S_{Hi} m_i p_i + t \sqrt{\sum_{i=1}^r S_{Hi}^2 m_i p_i (1 - p_i)}. \quad (2)$$

Для проектируемого жилого сектора, где количество приборов можно определить исходя из количества семей, проживающих в этом секторе и их обеспеченностью (охватом) бытовыми приборами ($m = Nk$), расчетную мощность трансформатора можно представить в следующем виде:

$$S = N \sum_{i=1}^r S_{Hi} p_i k_i + t \sqrt{N \sum_{i=1}^r S_{Hi}^2 p_i k_i (1 - p_i)}. \quad (3)$$

где N — количество семей (или квартир — при посемейном заселении в квартиры);

k — обеспеченность семей бытовыми приборами.

При вычислении расчетных параметров S_{Hi} , p_i , t , k входящих в формулы (2) и (3), в настоящей работе используются данные приведенные в [6, 8].

Для иллюстрации предложенного способа расчета по формуле (2) взят эксплуатируемый жилой дом № 2 по улице Калинина в г. Ереване. Жилой дом газифицирован и имеет общую полезную (оплачиваемую) площадь в размере 1732 м². После обследования отдельных квартир и запроса жильцов, составлена следующая табл. 1.

Таблица 1

Наименование приборов	S_{Hi}	m_i	p_i	$S_{Hi} m p_i$	$S_{Hi}^2 m p_i (1 - p_i)$
Лампы накаливания	0,06	420	0,45	11,340	2,806
Утюги	0,40	40	0,084	1,344	0,492
Радиоприемники	0,06	38	0,260	0,593	0,263
Телевизоры	0,14	33	0,500	2,310	0,162
Холодильники	0,14	30	0,210	0,882	0,097
Стиральные машины	0,45	20	0,068	0,612	0,257
Пылесосы и полотеры	0,45	19	0,068	0,581	0,244
		600		17,662	4,321

В табл. 1 значения p взяты из табл. 2 [6]. Согласно [6, 7] значение нормированного отклонения $t = 2 \div 3$. Принимая $t = 2$ (при

числе электроприемников $n \geq 50$ работающих одновременно), расчетная мощность питающего трансформатора, или линий на вводе в жилой дом будет $S_1 = 21,8 \text{ квт}$.

Решая этот же пример с помощью формулы предложенной в [3] получим $S_1 = 42,7 \text{ квт}$.

Интересно сопоставить полученные результаты с данными расчета по существующим методам. Согласно действующим нормативным положениям по проектированию городских электрических сетей [2] расчетная мощность трансформатора, питающего жилой дом, определяется по формуле:

$$P_p = P_{кл} \cdot n \cdot k + \Sigma P_{пр}.$$

Удельная нагрузка $P_{кл}$ дана в табл. 1 [2] для одной квартиры с площадью 30 м^2 . Коэффициент одновременности — в табл. [2]. Расчетная мощность жилого дома, без силовой нагрузки, будет $P_p = 19,6 \text{ квт}$. Исходная величина близка к S_1 т. е. к результату, полученному по формуле (2).

Для иллюстрации расчета по формуле (3) рассмотрим мощность распределительного трансформатора проектируемого жилого квартала города, для заселения 800 семей. Используя данные номинальных мощностей основных электроприемников современной квартиры, вероятностей их участия в максимуме по табл. 2 [6] и процентных насыщений приборов семьями по табл. 1 [8] получим следующие расчетные величины приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Наименование приборов	S_n	p	k	$S_n pk$	$S_n^* pk (1-p)$
Эл. освещение	0,45	0,45	1,0	0,2025	0,05012
Утюги	0,40	0,084	0,6	0,02016	0,00738
Радиоприемники	0,06	0,26	0,8	0,01248	0,00055
Телевизоры	0,14	0,5	0,7	0,049	0,00343
Холодильники	0,14	0,21	0,4	0,01176	0,0013
Стиральные машины	0,45	0,068	0,15	0,00459	0,00192
Пылесосы	0,45	0,068	0,6	0,01836	0,0077
				0,31885	0,07242

В табл. 2 не учтено приготовление пищи, ввиду отсутствия до настоящего времени данных процентного насыщения семей электрическими кухонными плитами. Согласно этим данным для электроснабжения одной газифицированной квартиры, без кухонных электроплит, получим упрощенную формулу расчетных нагрузок.

$$S = N \cdot 0,319 + 2 \sqrt{0,072 \cdot N} = 0,319 N + 0,53 \sqrt{N}. \quad (4)$$

Для 800 квартир получим $S = 270 \text{ квт}$.

Пользуясь перспективными данными обеспеченности семей бытовыми приборами, согласно табл. 1 [8], аналогичным образом можно рекомендовать упрощенную формулу расчетной бытовой нагрузки:

$$S_p = 0,347 N + 0,546 \sqrt{N} \text{ — для 1975 года;} \quad (5)$$

$$S_p = 0,38N + 0,56 \sqrt{N} \text{ — для перспективного периода.} \quad (6)$$

В ы в о д ы

1. Для определения мощности осветительно-бытовой нагрузки эксплуатируемых домов можно рекомендовать формулу (2). Для выбора расчетной мощности линий или трансформатора, питающего только жилищный сектор, рекомендуется формула (3). При составлении проектного задания электроснабжения города или его отдельных районов для определения их бытовой нагрузки, можно пользоваться приближенными формулами (4), (5) и (6).

2. Определение электрических нагрузок для отдельных квартир по этим формулам не рекомендуется (точность расчета по предлагаемым формулам повышается для случаев больших значений m , N и т. д.). Точность зависит от расчетных параметров, величины которых будут корректироваться по мере накопления эксплуатационных данных.

Необходимо провести дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования электрических нагрузок, для уточнения расчетных параметров и факторов, влияющих на них.

Ариянский НИИ энергетики

Поступило 7.X.1965.

Ե. Ա. ՆԵՐՍԻՍՅԱՆ

ՔԱՂԱՔԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՅԱՆՅԵՐԻ ՏՐԱՆՏՖՈՐՄԱՏՈՐԱԿԱՆ ԷՋԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎՈՒՄԸ ՀԱՎԱՆԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ

ԱՌ-7107

Տվյալ հոդվածում առաջարկվում է բաղաբային էլեկտրական ցանցերի տրանսֆորմատորների հզորության հաշվման մեթոդ, որը հիմնված է էլեկտրական կենցաղային բնդունիչների ցանցի մաքսիմում բևեռվածությունը մասնակցելու համակարգության սկզբունքի վրա:

Տրանսֆորմատորի մաքսիմում հզորությունը որպես պատահական մեծություն, արտահայտվում է արանսֆորմատորի միջին հզորության և նրա միջին-քառակուսային շեղման պատարով: Որպես միջին հզորություն բնդունված է էլեկտրական բնդունիչների այն միջին քանակության (մատեմատիկական սպասում) դումարային կեսամյա բևեռվածությունը, որը մասնակցում է ցանցի մաքսիմում բևեռվածությանը: Որպես առանձին բնդունիչների կեսամյա բևեռվածության չափանիշ բնդունված է այդ բնդունիչների նոմինալ հզորությունը:

Նոր նախագծվող անդամտների համար, երբ կենցաղային էլեկտրական բնդունիչների քանակը նախօրոք զգվար է որոշել, հոդվածում առաջարկվում է այդ քանակը փոխարինել բնտանիքների բանակի և այդ բնտանիքների կեն-

դադարակն էլիկարական ընդունիչների ապահովագրության արտադրյալով: Հող-
վածում գրված է կոնկրետ խնդրի լուծում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Правила устройства электроустановок, 1964.
2. Указания по проектированию городских электрических сетей (СИ-167-61), Госстрой СССР, 1961.
3. *Platnes W. W., Zajle K. V.* Power Appar. and Syst., 1963, № 64.
4. *Бессмертная Н. С.* Применение вероятностных и статистических методов к проектированию городских электросетей. Доклады к научно-техническому совещанию „Применение вероятностных и статистических методов к анализу режимов энергосистем“, вып. 1, Киев, 1963.
5. Временные руководящие указания по определению электрических нагрузок промышленных предприятий, Госэнергоиздат, 1962.
6. *Федосенко Р. Я.* Электрические нагрузки жилищной застройки. Научные труды Академии Коммунального хозяйства им Памфилова, вып. XXI, 1963.
7. *Федосенко Р. Я.* К вопросу о расчете электрических сетей жилищно-общественной застройки, „Электричество“, № 4, 1965.
8. *Клебанов Л. Д.* Нормы узельного электропотребления на жилищно-бытовые и коммунальные нужды, Тр. Ленинградского инженерно-экономического института, вып. 41, 1962.