

УДК 621.311

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Э. Э. Кабисова¹, К. А. Габараев², Б. В. Заоев³, М. Т. Плиева⁴

^{1,2,3,4} Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), Владикавказ, Россия

¹ madosya80@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы определения статистических характеристики и коэффициентов в режимах электропотребления. Приведены основные расчеты статистических коэффициентов электропотребления и характеристик электрической нагрузки. Представленные результаты могут быть использованы для расчетов и улучшения режимов электропотребления; проведения оптимизационных расчетов.

Ключевые слова: нагрев, нагрузка, коэффициент, электропотребление

ANALYSIS OF STATISTICAL STUDY OF ELECTRIC LOADS

E. E. Kabisova¹, K. A. Gabaraev², B. V. Zaoev³, M. T. Plieva⁴

^{1,2,3,4} North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz, Russia

¹ madosya80@mail.ru

Abstract. The paper discusses the issues of determining the statistical characteristics and coefficients in the modes of power consumption. The basic calculations of the statistical coefficients of power consumption and characteristics of the electrical load are presented. The presented results can be used for calculations and improvement of power consumption modes; optimization calculations.

Keywords: heating, load, coefficient, power consumption

Электрическая нагрузка в силу многообразия действующих факторов является случайной величиной, а ее изменение во времени является случайным процессом.

Статистические характеристики случайного процесса I_t или P_t и Q_t определяются множеством технологических факторов (объемом выпускаемой продукции, производительностью оборудования, временем работы и т. д.) [1–4].

Получение обоснованных по точности статических характеристик электропотребления позволяет рассчитать ряд статистических коэффициентов электропотребления и характеристик электрической нагрузки:

Среднее значение:

$$1) \text{ мощности — } \bar{P}_{\text{cp}} = M[P] = \frac{\sum P_i}{n};$$

$$2) \text{ тока нагрузки — } \bar{I}_{\text{cp}} = M[I] = \frac{\sum I_i}{n},$$

где n — размер статистического массива.

Среднеквадратичные отклонения:

$$1) \text{ мощности — } \bar{\sigma}_{\text{cp}, P} = \sqrt{\bar{D}_P} = \frac{n}{n-1} \sqrt{\frac{\sum P_i^2}{n} - (\bar{P}_{\text{cp}})^2};$$

$$2) \text{ тока нагрузки — } \bar{\sigma}_{\text{cp}, I} = \sqrt{\bar{D}_I} = \frac{n}{n-1} \sqrt{\frac{\sum I_i^2}{n} - (\bar{I}_{\text{cp}})^2}.$$

Расчетные значения нагрузки при заданной доверительной вероятности:

$$1) \text{ мощности — } \bar{P}_p = \bar{P}_{\text{cp}} + t_{\beta} \bar{\sigma}_P;$$

$$2) \text{ тока нагрузки — } \bar{I}_p = \bar{I}_{\text{cp}} + t_{\beta} \bar{\sigma}_I.$$

Полученные значения средних нагрузок \bar{P}_{cp} и \bar{I}_{cp} , расчетных нагрузок \bar{P}_p и \bar{I}_p , а также имеющиеся сведения об установленной мощности электрооборудования — $P_{\text{н}}$ и соответствующего ей тока:

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{н}}}$$

позволяют рассчитывать некоторые статистические коэффициенты электропотребления.

Коэффициент использования:

$$1) \text{ по мощности — } K_{\text{н}P} = \frac{\bar{P}_{\text{cp}}}{P_{\text{н}}};$$

$$2) \text{ току — } K_{нI} = \frac{\bar{I}_{\text{ср}}}{I_{\text{н}}}.$$

Коэффициент спроса:

$$1) \text{ по мощности — } K_{\text{ср}P} = \frac{\bar{P}}{P_{\text{н}}};$$

$$2) \text{ току — } K_{\text{ср}I} = \frac{\bar{I}_{\text{п}}}{I_{\text{н}}}.$$

Коэффициент максимума нагрузки:

$$1) \text{ по мощности — } K_{\text{м}P} = \frac{\bar{P}_{\text{п}}}{\bar{P}_{\text{ср}}};$$

$$2) \text{ току — } K_{\text{м}I} = \frac{\bar{I}_{\text{п}}}{I_{\text{ср}}}.$$

Коэффициент формы графика нагрузки:

$$1) \text{ по мощности — } K_{\text{ср}P} = \sqrt{1 + \left(\frac{\bar{\sigma}_P}{\bar{P}_{\text{ср}}}\right)^2};$$

$$2) \text{ току — } K_{\text{ср}I} = \sqrt{1 + \left(\frac{\bar{\sigma}_I}{\bar{I}_{\text{ср}}}\right)^2}.$$

Кроме того, возможно определение:

$$1) \text{ полной расчетной нагрузки — } \bar{S}_{\text{п}} = \sqrt{3}U_{\text{н}}\bar{I}_{\text{п}};$$

$$2) \text{ годового числа часов максимума активной мощности — } T_{\text{ма}} = \frac{W_{\text{г}}}{P_{\text{п}}};$$

$$3) \text{ годового числа часов максимума потерь в электрических сетях — } \tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{ма}}}{10000}\right)^2 \cdot 8760;$$

$$4) \text{ годового коэффициента сменности по энергоиспользованию — } \alpha = \frac{W_{\text{г}}}{\bar{P}_{\text{ср}}T_{\text{г}}};$$

5) отношения максимума нагрузки \bar{P}_p к наибольшей нагрузке в часах максимума энергосистемы \bar{P}_{Mf} (коэффициента неравномерности графика нагрузки) — $K_n = \frac{\bar{P}_p}{\bar{P}_{Mf}}$, что позволяет рассчитать стоимость теряемой электроэнергии в электрических сетях по соотношению:

$$C = \delta(\alpha K_n + \beta \tau_n),$$

где δ — коэффициент, учитывающий затраты на расширение электрических сетей, обусловленные передачей мощности для покрытия потерь активной мощности:

$$\delta = 1 + 0,02 \cdot \Delta \Theta,$$

где $\Delta \Theta$ — сумма потерь электроэнергии в процентах от электроэнергии, передаваемой по сетям от электростанции системы к объекту; α — удельные затраты на покрытие потерь активной мощности, р./кВт; β — удельные затраты на выработку электроэнергии, р./(кВт · ч).

В процессе анализа режима электропотребления были установлены величины оценки коэффициентов использования максимума, спроса, а также формы графика нагрузки по активной мощности с доверительной вероятностью 0,9 и точностью 10 %; полученные статистические характеристики и коэффициенты режима электропотребления могут быть использованы для расчетов режимов электропотребления; улучшения режимов электропотребления; проведения оптимизационных расчетов, позволяющих рекомендовать на каждом этапе развития работ наиболее рациональную схему электроснабжения предприятий, а также сечения питающих и распределительных линий.

Список источников

1. Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. М. : НЦ ЭНАС, 2005. 280 с.
2. Шевченко Н. Ю., Лебедева Ю. В., Угаров Г. Г. Повышение эффективности работы воздушных линий электропередачи, работающих в экстремальных метеоусловиях // Вестник СГТУ. 2011. № 1. С. 119–123.
3. Гаврина О. А., Плиева М. Т., Маскуров И. В. Использование статистического метода расчета потерь электроэнергии // Культура, на-

ука, образование: проблемы и перспективы : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с международ. участием, Нижневартовск, 12 нояб. 2019 г. Нижневартовск : НВГУ, 2019. С. 659–662.

4. Plieva M., Kabisov A., Gudiev T. Analysis of ambient temperature influence on operation of overhead power lines [Electronic resource] // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020: Proceedings. DOI: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9112005 (date of access: 15.11.2020).