

А.П. ЛАЗУРЕНКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»
Г.И ЧЕРКАШИНА, ассистент, НТУ «ХПИ»

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ
 ЖИЛОГО ДОМА**

В роботі представлено розрахунок характеристик споживання електричної енергії житлового будинку, а саме коефіцієнт несиметрії, коефіцієнт форми, коефіцієнт завантаження силових трансформаторів ТП, а також аналіз їх впливу на втрати електричної енергії.

In work the calculation of descriptions of consumption of electric energy of dwelling-house is represented, namely coefficient of unsymmetry, coefficient of form, load factor of the power transformers TP, and also analysis of their influence on the losses of electric energy.

Передача и потребление электроэнергии неизбежно сопровождается потерями мощности и энергии в трансформаторах и линиях. Указанные потери покрываются за счет увеличения мощности источника питания и пропускной способности всех элементов сети, т.е. за счет повышения капиталовложений. Кроме того, потери влекут за собой перерасход топлива на электростанциях энергосистем, что особенно актуально в современных условиях.

В данной работе рассматривается электропотребление жилым домом – первичной ячейкой жилого сектора. Актуальность данного вопроса возрастает в связи с ростом доли бытового потребления, а, следовательно, и влияния его на режимы и характеристики электропотребления по энергосистеме.

В качестве исследуемого объекта был выбран жилой дом, технические характеристики которого приведены ниже:

- Этажность – 9 этажей
- Тип плиты – электрическая
- Тип кабеля от ТП до ВРУ дома – АВВГ-120
- Расстояние до ТП – 200 м.

• Годовое потребление электрической энергии – $236 \cdot 10^6$ кВт·ч

На момент сдачи в эксплуатацию на ТП были установлены 2 трансформатора типа ТМ 630/6.

В ходе эксплуатации, в следствии низкого коэффициента загрузки трансформаторов ТП, была произведена замена и установлены новые трансформаторы типа ТМ-400/6 и ТМ-320/6 кВА. Контрольные замеры значений тока нагрузки до замены трансформаторов и после представлены в таблице 1, 2 соответственно.

Таблица 1 – Результаты замеров тока нагрузки до замены трансформаторов

Дата замера	Время замера	№ тр-ра	Тип	Мощность, кВА	Ном.ток, А	Режим работы	Ток нагрузки, А		
							Фаза А	Фаза В	Фаза С
29.02.08	20.54	1	ТМ	630	910	Разд	20	10	10
		2	ТМ	630	910	Разд	40	90	50

Таблица 2 – Результаты замеров тока нагрузки после замены трансформаторов

Дата замера	Время замера	№ тр-ра	Тип	Мощность, кВА	Ном.ток, А	Режим работы	Ток нагрузки, А		
							Фаза А	Фаза В	Фаза С
03.02.09	20.45	1	ТМ	400	580	Разд	5	0	0
		2	ТМ	320	462	Разд	40	95	55

1 Влияние несимметрии нагрузки

Симметричная нагрузка:

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

при условии, что $I_A = I_B = I_C$, $I_N = 0 \implies \Delta W_N = 0$

где $I_A; I_B; I_C$ – токи фаз А, В, С, соответственно; I_N – ток в нейтрали (нулевом проводе); ΔW_N – потери электрической энергии в нулевом проводе.

Потери в сети будут обусловлены потерями в линейных проводах:

$$\Delta W_A + \Delta W_B + \Delta W_C = \Delta \sum W = 3 \cdot \Delta W_\phi$$

Несимметричная нагрузка:

Создает дополнительные потери в силу неравенства:

$$I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 \geq 3 \cdot I_{CP}^2$$

А также создает дополнительные потери за счет прохождения тока по нулевому проводу.

$$I_A + I_B + I_C \neq 0 \quad \Longrightarrow \quad I_N \neq 0$$

Общие потери

$$\Delta W = I_A^2 \cdot R_A + I_B^2 \cdot R_B + I_C^2 \cdot R_C + I_0^2 \cdot R_0$$

Потери в линии 0,4 кВ (%) с учетом несимметрии нагрузки

$$\Delta W = \frac{W^2 \cdot (1 + tg^2 \varphi) \cdot k_\phi^2}{24 \cdot D \cdot U^2} \cdot k_{нес} \cdot R_{ЭК}$$

где $tg \varphi$ – коэффициент нагрузки, $tg \varphi = 0,2$; k_ϕ^2 – коэффициент формы графика нагрузки; $k_{нес}$ – коэффициент несимметрии.
Коэффициент формы графика нагрузки:

$$k_\phi^2 = \frac{1 + 2 \cdot k_3}{2 \cdot k_3} = 2,1267$$

где k_3 – коэффициент заполнения графика нагрузки.
Коэффициент несимметрии:

$$k_{нес} = 3 \cdot \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{(I_A + I_B + I_C)^2} \cdot (1 + 1,5 \cdot \frac{R_N}{R_\phi}) - 1,5 \cdot \frac{R_N}{R_\phi}$$

где $\frac{R_N}{R_\phi}$ – отношение сопротивлений нулевого и фазного проводов.

Определим экономию потерь электроэнергии при проведении выравнивания нагрузки по фазам:

$$\delta W = \Delta W_1 - \Delta W_2$$

где ΔW_1 – потери электрической энергии до симметрирования; ΔW_2 – потери электрической энергии после симметрирования.

Коэффициент несимметрии до симметрирования:

$$k_{нес1} = 3 \cdot \frac{40^2 + 95^2 + 55^2}{(40 + 95 + 55)^2} \cdot (1 + 1,5 \cdot 1) - 1,5 \cdot 1 = 1,34$$

Коэффициент несимметрии после симметрирования:

$$k_{нес2} = 3 \cdot \frac{63^2 + 64^2 + 63^2}{(63 + 64 + 63)^2} \cdot (1 + 1,5 \cdot 1) - 1,5 \cdot 1 = 0,0001$$

Потери электрической энергии до симметрирования:

$$\Delta W_1 = \frac{237 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,85^2) \cdot 2,1267^2}{8760 \cdot 380^2} \cdot 1,34 \cdot 0,054$$

$\Delta W_1 = 25000807,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ (10,54% от годового потребления электрической энергии)

Потери электрической энергии после симметрирования:

$$\Delta W_2 = \frac{237 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,85^2) \cdot 2,1267^2}{8760 \cdot 380^2} \cdot 1,0001 \cdot 0,054$$

$\Delta W_2 = 18659184,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ (7,87% от годового потребления электрической энергии)

Экономия потерь электроэнергии:

$$\delta W = 25000807 - 18659184,7 = 6341622,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad \text{или } 2,7\%$$

2 Влияние загрузки силовых трансформаторов

Годовые потери электроэнергии в трансформаторе:

$$\Delta W_{TP} = \Delta W_{XX} + \Delta W_{K3}$$

$$\Delta W_{XX} = \Delta P_{XX} \cdot T$$

$$\Delta W_{K3} = k_3 \cdot \Delta P_{K3} \cdot T$$

Для трансформатора ТМ-400/6

$$\Delta W_{TP400} = 1,05 \cdot 8760 + 0,01 \cdot 5,5 \cdot 8760 = 9676,8 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Для трансформатора ТМ-320/6

$$\Delta W_{TP320} = 1,6 \cdot 8760 + 0,15 \cdot 6,1 \cdot 8760 = 22031,4 \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Суммарные потери

$$\begin{aligned} \Delta W_{TP} &= \Delta W_{TP400} + \Delta W_{TP320} \\ \Delta W_{TP} &= 31707,8 \text{кВт} \cdot \text{ч} \quad (13,38\%) \end{aligned}$$

3 Влияние неравномерности графика нагрузки потребителей электрической энергии

Так как потери электрической энергии в линиях электропередач, пропорциональны квадрату тока, сопротивлению и времени электропотребления то

$$\Delta W = \int_0^T \Delta P(T) dT \Rightarrow \Delta W = R \int_0^T I^2(T) dT .$$

Можно констатировать, что форма графика электропотребления существенно влияет на величину потерь электроэнергии на ее передачу.

Мероприятия по выравниванию графика нагрузки рекомендуется выполнять потребителям электрической энергии под оперативным управлением энергоснабжающей организации.

Снижение потерь электроэнергии от выполнения мероприятия δW определяется по следующей формуле

$$\delta W = \Delta W_H \cdot \left(1 - \frac{k_{\phi 2}^2}{k_{\phi 1}^2}\right) \quad \text{или} \quad \delta W = \frac{W_P^2 + W_Q^2}{U^2 \cdot T} \cdot R_{\Sigma} \cdot (k_{\phi 1}^2 - k_{\phi 2}^2) ,$$

где $k_{\phi 1}$, $k_{\phi 2}$ – коэффициенты формы графика нагрузки соответственно до выравнивания и после него; ΔW_H – нагрузочные потери в электрической сети

при коэффициент формы $k_{\phi 1}$

$$\delta W = 4440433,7 \cdot \left(1 - \frac{1}{2,1267}\right) = 2353429,861 \text{кВт} \cdot \text{ч} \quad \text{или} \quad 1\%$$

Вывод. Таким образом, выполняя мероприятия по симметрированию нагрузки по фазным проводам питающей сети, по выравниванию графиков нагрузки потребителей, можно снизить потребление электрической энергии на 3,7%.

Список литературы: 1. РД 34.20.185-94 «Инструкции по проектированию городских электрических сетей»; 2. Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38 – 150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних втрат електроенергії, ГНД 3.4.09.104-2003; 3. Методичні рекомендації щодо визначення понаднормативних втрат електроенергії в електричних мережах енергопостачальних компаній, ТОВ «Енергоконсалтинг», Київ 2004.



Лазуренко Александр Павлович закончил в 1981 году ХПИ по специальности «Автоматика и телемеханика» факультета «Автоматика и приборостроение». В 1991 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Многофункциональный измерительный преобразователь электрических параметров энергообъектов». Круг научных интересов – измерение энергетических параметров для информационного обеспечения задач энергосбережения, повышение энергоэффективности систем электроснабжения бытовых потребителей, моделирование процессов в энергосистемах при решении задач повышения энергоэффективности.



Черкашина Галина Игоревна закончила электроэнергетический факультет Харьковского политехнического института в 2006 г. по специальности «Энергетический менеджмент». Круг научных интересов: разработка комплексных энергосберегающих мероприятий на основе информационных моделей «идеального потребителя».

Поступила в редколлегию 03.09.2010