

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ МІСЬКИХ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

Щербак І. Є.

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова*

*Проаналізовано завантаження трансформаторів та виявлено неефективне використання їх навантажувальної здатності. Запропоновано підключати додаткові потужності споживачів-регуляторів, що дозволить раціонально використовувати трансформатори протягом всього строку служби.*

**Постановка проблеми.** Сучасні міста є потужним споживачем електричної енергії, електроспоживання яких постійно зростає, що вимагає відповідного розвитку електричних мереж.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанню оптимального навантаження силових трансформаторів міських трансформаторних підстанцій (ТП) присвячено багато наукових праць та нормативних документів [1-4].

**Мета статті.** Виконати контроль режимів роботи трансформаторів та оцінити як вони розподіляються за навантаженням.

**Основні матеріали дослідження.** Електричні навантаження змінюються в широкому діапазоні залежно від ряду факторів соціального та економічного характеру.

Навантаження силових трансформаторів трансформаторної підстанції (ТП) визначають з урахуванням перевантаження трансформаторів залежно від графіка навантаження та температури навколишнього середовища. Оптимальне навантаження ТП з двома трансформаторами складає 0,7-0,8.

Для проведення експериментальних досліджень необхідно здійснення певних умов і дій за яких спостерігається досліджуване випадкове явище. В першу чергу, необхідно виділити об'єкт дослідження. Далі: визначити умови проведення вимірювань та їхню тривалість; вибрати необхідні технічні засоби вимірювання та проаналізувати результати вимірювань.

Місцем визначення електричних навантажень є шини низької напруги ТП 10(6)/0,4 кВ. Оскільки на кожному вводі навантаження фаз відрізняється за величиною і приблизно однакове за характером, то вимірювання необхідно виконувати для кожного вводу окремо та сумувати загальне навантаження ТП.

**Умови виконання вимірів.** Кожна подія, що відбувається є результатом впливу великої кількості інших подій. Значний вплив на величину та форму споживання потужності здійснюють умови навколишнього середовища. Серед основних - температура повітря та освітленість. Контроль та дослідження навантаження трансформаторів виконувався згідно наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №7 від 15.01.2008 "Про затвердження Порядку організації проведення вимірів електричного навантаження в режимний день". Виміри виконувалися взимку, у третю середу грудня у режимний день, коли навантаження вважається найбільшим.

Дослід, що виконується: фіксація за лічильниками активної енергії у час  $t$  дискретних значень потужності  $P$  в період зимових режимних днів. Результати до-

слідів – це фіксоване дискретне значення потужності ( $P$ ) та визначення коефіцієнтів навантаження трансформаторів.

Було проведено 316 вимірювань споживаної потужності у години зимового максимуму ТП 10/0,4 кВ номінальною потужністю трансформаторів 100 – 630 кВА та визначено їхні коефіцієнти завантаження у відсотках (%). Значення коефіцієнтів навантаження знаходились у межах 1 - 118 %. Номінальна потужність трансформаторів, що навантажені більше 100 % - 100 кВА.

Поділимо весь діапазон значень  $K_3$  на інтервали, кількість яких визначаємо за формулою:

$$K=1+3.31\lg n \approx 9 \quad (1)$$

Розрахуємо величину меж інтервалів, якщо  $x_{\max}=126$ ,  $x_{\min}=1$

$$x_1 = x_{\min} - \frac{1}{2} \cdot \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k - 1}$$

$$x_1=-6,3; x_2=8,3; x_3=22,9; x_4=37,6; x_5=52,2; x_6=66,8; x_7=81,4; x_8=96,1; x_9=110,7; x_{10}=125,3$$

Обчислимо кількість  $m_i^*$ , що відповідають кількості значень величини вимірів, що потрапили в  $i$ -тий інтервал. Поділивши це значення на загальну кількість вимірів визначимо частоту, що відповідає даному інтервалу

$$p_i^* = \frac{m_i^*}{n} \quad (2)$$

Побудуємо статистичний ряд в якому наведені інтервали в порядку їх розміщення вздовж осі абсцис та відповідні частоти.

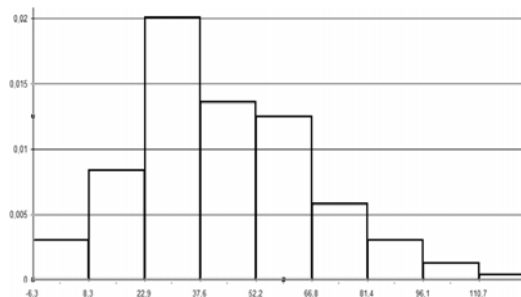


Рисунок 1 – Гістограма частоти виникнення подій

Висота кожного прямокутника відповідає частоті потрапляння трансформаторів з відповідним навантаженням у даному інтервалі.

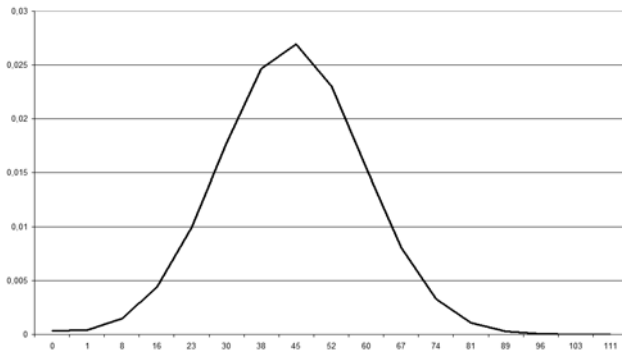


Рисунок 2 – Кумулятивна крива розподілення коефіцієнтів навантаження трансформаторів

За виглядом апроксимуючих кривих орієнтовно встановлюється закон розподілення навантаження трансформаторів шляхом їхнього порівняння з теоретичними кривими. Візуальна оцінка гістограми дозволяє висунути гіпотезу про нормальний закон розподілу, що характеризується щільністю ймовірностей

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Середнє значення коефіцієнту навантаження трансформаторів складає 44 %. Середньоквадратичне відхилення становить 15 %. Враховуючи, що закон розподілення нормальний, можна зробити висновок, що 30% трансформаторів мають коефіцієнт завантаження 23-38 %.

У силу ряду причин (природних, технологічних, економічних і т.д.) протягом доби спостерігається добова циклічність режимів роботи, що обумовлює зміну навантаження по добовому циклу. Згідно типових графіків електричного навантаження [2], у нічні години навантаження ТП-10/0,4 кВ, що живлять житлові будинки (80%) та громадсько-комунальних споживачів - зменшується у 4 рази.

Згідно проведеним дослідженням, елементи міських систем електропостачання навантаженні в цілому менше, ніж передбачається нормативними документами [3] вибору значень параметрів елементів міської системи електропостачання. Понижувальні трансформатори навантаженні у два рази нижче норм, що рекомендуються. До того ж враховуючи, що при літньому сезонному зниженні навантаження споживачів коефіцієнт навантаження також знижується, можна зробити висновок, що наразі трансформатори для міських електричних мереж працюють із значним запасом потужності. Недостатнє навантаження елементів, з одного боку, знижує сумарні втрати, а з іншого – підвищує фактичну вартість будівництва розподільних мереж.

Як відомо, на проектування, спорудження і експлуатацію систем електропостачання витрачаються численні трудові ресурси і фінансові кошти, які повинні бути використанні найбільш ефективно.

Таким чином, доведена можливість приєднання потужності споживачів-регуляторів (СР) до діючих електричних мереж. При цьому номінальну потужність СР необхідно обґрунтувати задля ефективного навантаження елементів міських систем електропостачання. Вирішення цього питання потребує дослідження конкретно обраних для підключення СР трансформаторних підстанцій. До того ж зазначені СР повинні бути керовані та підключатися у періоди найменшого навантаження трансформаторів.

**Висновки.** Вищезазначене свідчить про наявність резерву потужності та можливості підключення до міських споживачів додаткового навантаження, що потребує проведення детальних експериментальних досліджень реальних ГЕН обраних об'єктів міста.

#### Список використаних джерел

1. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. МГОСТ 14209-97. – [Дата введения 2002.01.01.]
2. Пособие по проектированию городских и поселковых электрических сетей (к ВСН 97-83): 71-84. - Утв. Гипрокоммунэнерго М-ва жилкомхоза РСФСР 08.08.84. – М., 1987. – 208 с.
3. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23:2010. – Київ, 2010
4. Заїка В. Т. Навантажувальна здатність трансформаторів розподільних мереж селищ міського типу / В. Т. Заїка, С. С. Котенко, І. М. Луценко // Науковий вісник НГУ. 2010. - № 6. – С. 86-90

#### Аннотация

#### ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Щербак И. Е.

*Проанализирована нагрузка трансформаторов и выявлено неэффективное использование их нагрузочной способности. Предложено подключать дополнительные мощности потребителей-регуляторов, что позволит рационально использовать трансформаторы на протяжении всего срока службы.*

#### Abstract

#### LOAD OF POWER TRANSFORMERS OF CITY'S ELECTRIC NETWORKS RESEARCH

I. Shcherbak

*Load of power transformers has been analyzed and loading ability doesn't efficient use. The consumer-regulators connect up of power transformers are offered. Its power will use more efficient.*