Методика вибору та перевірки трансформаторів за перевантажувальною здатністю

Петров О.Е., Павловський В.А. доц., к.т.н.
Донецький національний технічний університет, Донецьк, Україна

При проектуванні електричної частини підстанції однією з найперших і найголовніших задач є вибір потужності та типу трансформаторів.

Перш за все, необхідно побудувати графіки активного *P(t)* і повного *S(t)* навантаження для зимового і літнього періодів. Указані графіки активного навантаження будуються за допомогою заданих типового графіку навантаження $P_{[\%]}(t)$, максимальної активної потужності P_{max} та відсотку літнього навантаження $k_{літн}$. Для зручності та наочності варто скласти таблицю даних для побудови графіків навантаження.

Таблиця 1 – Дані для побудови графіків навантаження (приклад)

Інтервал часу, год	P, %	$P_{зим}$, МВт	$P_{літн}$, МВт	cosφ	$S_{зим}$, МВ·А	$S_{літн}$, МВ·А
0-1	51	40,8	30,6	0,766	53,26	39,95
1-2	52	41,6	31,2	0,767	54,24	40,68
. . .						
23-24	58	46,4	34,8	0,799	58,07	43,55

Будемо рахувати, що від підстанції живляться споживачі I і II категорії надійності. У зв'язку з цим необхідно встановлювати два трансформатори. Попереднє значення потужності трансформаторів можна визначити з наступного співвідношення:

$$S_{т_ном} \geq \frac{S_{зим_макс}}{k_n},$$

де $S_{зим_макс}$ – максимальне значення повної потужності *S(t)* за зимовим графіком;

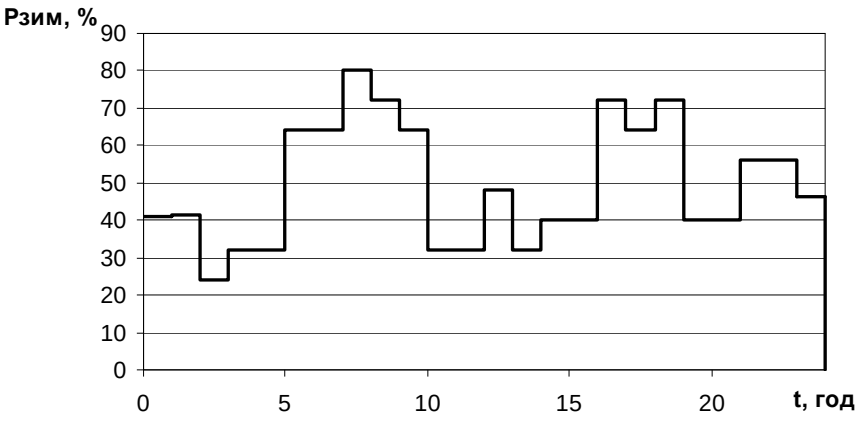
k_n – коефіцієнт перевантаження в аварійному трансформаторі; приймається 1,3, якщо встановлюється трансформатор з розщепленою обмоткою НН, та 1,4 – якщо двообмотковий.

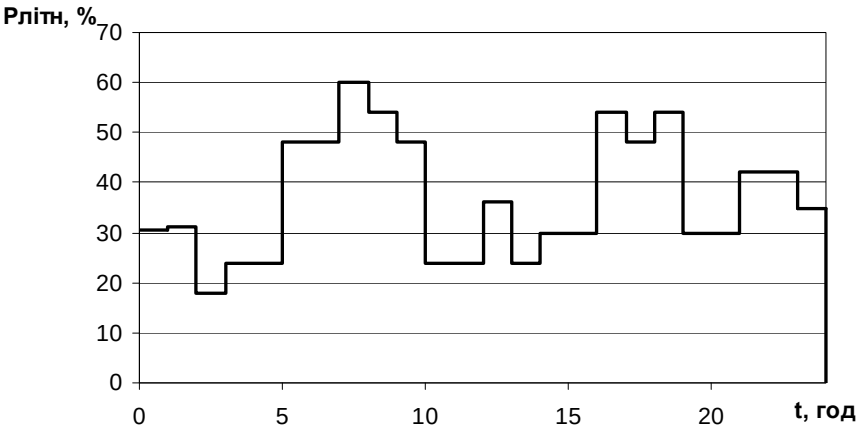
Обраний за даним співвідношенням трансформатор вимагає додаткових перевірок:

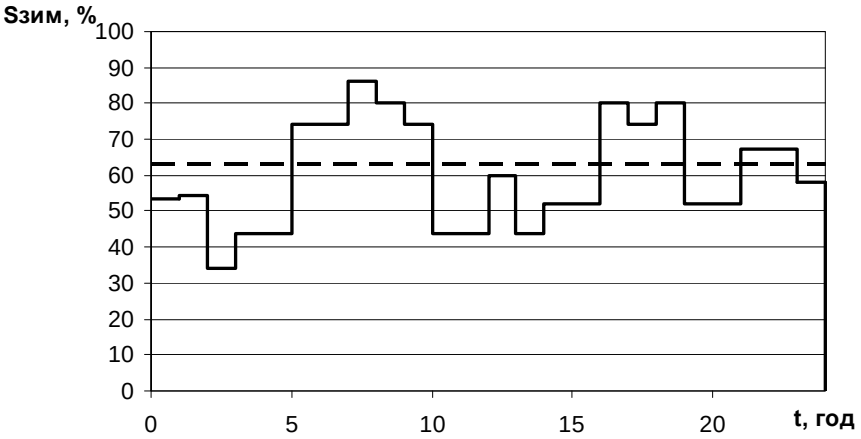
1) допустимість аварійного перевантаження одного трансформатора у зимовий період при раптовому відключенні іншого;
2) допустимість систематичного перевантаження у літній період при виведенні одного з трансформаторів у ремонт.

У першому випадку необхідно перетворити зимовий графік повного навантаження *S(t)* до еквівалентного двоступеневого. Для цього на графіку наноситься пряма, що відповідає рівнянню $S_{ав_зим}(t) = S_{т_ном}$ (рис. 1). Частина графіка над прямою, є зоною перевантаження трансформатора. На підставі отриманих графіків розраховуємо коефіцієнт початкового перевантаження $K_{1_зим}$ та коефіцієнт перевищення перевантаження $K_{2_зим}$. Обидва коефіцієнти визначаються за наступною формулою:

$$K = \frac{S_{сер_кв}}{S_{т_ном}}.$$







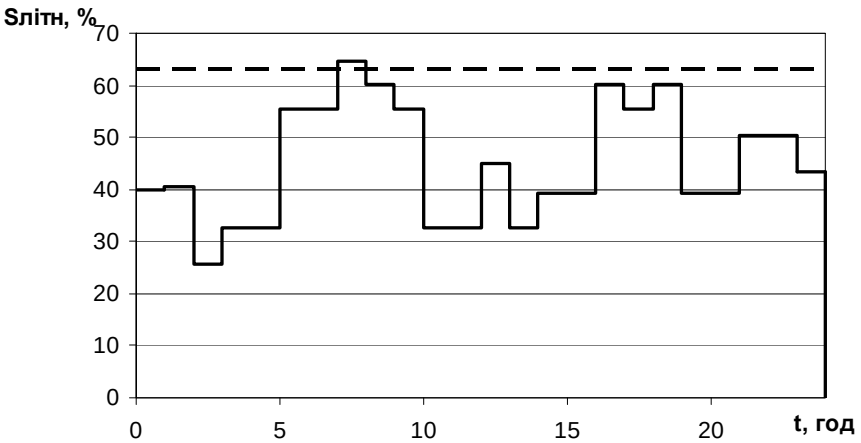


Рисунок 1 – Приклад графіків активного та повного навантаження у зимовий та літній періоди

Середнє квадратичне навантаження $S_{сер_кв}$ трансформатора на інтервалах часу $t_{1_зим}$ і $t_{2_зим}$ для коефіцієнтів $K_{1_зим}$ і $K_{2_зим}$ відповідно визначається за виразом:

$$S_{сер_кв} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} S_{i_зим}^{2}}{t_{зим}}},$$

де $S_{i_зим}$ – навантаження трансформатора на *i*-му рівні графіка зимового навантаження;

$t_{зим}$ – тривалість часу, на якому визначається сума $\sum_{i=1}^{n} S_{i_зим}^{2}$, тобто інтервали часу $t_{1_зим}$ і $t_{2_зим}$.

При перетворюванні графіків навантаження до двоступеневих можуть виникнути три випадки:

1) графік має один максимум відносно прямої $S_{ав_зим}(t) = S_{т_ном}$ – середнє квадратичне навантаження $S_{2_сер_кв}$ визначається для інтервалу часу $t_{2_зим}$, на якому $S_i > S_{т_ном}$; $S_{1_сер_кв}$ визначається для інтервалу часу $t_{1_зим}$=10 год, попередніх інтервалу $t_{2_зим}$;
2) графік має два максимуми (більший за величиною максимум слідує за меншим) – розрахунок аналогічний першому випадку, причому $S_{2_сер_кв}$ визначається для інтервалу часу більшого максимуму, на якому $S_i > S_{т_ном}$;
3) графік має два максимуми (менший максимум слідує за більшим) – розрахунок аналогічний другому випадку, але $S_{1_сер_кв}$ визначається для інтервалу часу $t_{1_зим}$=10 год, що відкладається за інтервалом $t_{1_зим}$.

Розраховані коефіцієнти перевищення навантаження і початкового навантаження необхідно порівняти з допустимими значеннями:

$$K_{1_зим} \le 0,93;$$
$$K_{2_зим} \le (1,3-1,4).$$

У разі виконання обох умов обраний трансформатор проходить за допустимим аварійним перевантаженням та може бути встановлений на підстанції, якщо $t_{2_зим}$ не перевищує 6 год.

Розрахунок для перевірки систематичного перевантаження виконується аналогічно розрахунку допустимого аварійного перевантаження. Літній графік навантаження перетворюється до двоступеневого (рис. 1). За цим отриманим еквівалентним двоступеневим графіком визначаються коефіцієнти $K_{1_літн}$ та $K_{2_літн}$.

Умовою встановлення трансформатора на підстанції є рівняння $K_{2_літн} \le K_{2_доп}$. Значення коефіцієнта $K_{2_доп}$ можна визначити по кривих систематичного перевантаження від коефіцієнта $K_{1_літн}$ та інтервалу часу $t_{2_літн}$.

У тому разі, якщо хоча б одна з умов не виконується, необхідно обирати трансформатор більшої потужності.

Підводячи підсумки, треба зауважити, що від правильності вибору потужності та типу трансформаторів і перевірки їх за перевантажувальною здатністю буде залежати надійність, безперебійність та якість постачання електроенергії. Також у всякому разі необхідний техніко-економічний розрахунок для порівняння технічно можливих варіантів електропостачання.

Необхідність точного та швидкого розрахунків вимагає використання комп'ютерної техніки. Найбільш вдалими програмними засобами для реалізації таких розрахунків є «MS Office Excel» та «MathCAD». Також зручною виявляється можливість складання циклічних алгоритмів у випадку неодноразових перерахунків значень потужності трансформаторів.