

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ МІСЬКИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ З УРАХУВАННЯМ НЕСТАНДАРТНИХ ДОБОВИХ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ

Розглянуто метод визначення оптимальної потужності трансформаторної підстанції за допомогою коефіцієнта заповнення добового графіка навантаження, отриманого за результатами синтезу стандартних і нестандартних за конфігурацією графіків добового навантаження міських споживачів.

Рассмотрен метод определения оптимальной мощности трансформаторной подстанции с помощью коэффициента заполнения суточного графика нагрузки, полученного в результате синтеза стандартных и нестандартных по конфигурации суточных графиков нагрузки городских потребителей.

The method of transformer substation optimum capacity definition by means of a daily production schedule filling factor received by synthesis standard and non-standard on a configuration of daily production schedules of city consumers is considered.

Проблемі визначення оптимальної потужності силових трансформаторів міських внутрішньоквартальних трансформаторних підстанцій (ТП) присвячено багато наукових праць, нормативних документів [1–3].

Як відомо, вибір номінальної потужності силового трансформатора для міської одностанційної понижувальної підстанції виконується за умов забезпечення живленням усіх споживачів, приєднаних до підстанції. Для двотрансформаторної підстанції визначають номінальну потужність трансформатора за умов аварійного режиму, коли один із трансформаторів виходить із ладу, а інший, що залишився в роботі, забезпечує електроенергією всіх споживачів або частину з них, виходячи з того, що споживачі третьої категорії за надійністю електропостачання можуть бути вимкнені від джерела живлення на час максимального навантаження.

Перенавантаження масляних і сухих трансформаторів в аварійному режим роботи регламентуються ДСТУ 2767-94 ГОСТ 30221-97), ДСТУ 3463-96 (ГОСТ 14209-97), інструкціями з проектування міських електричних мереж [1]. У двотрансформаторних підстанціях із взаєморезервованими трансформаторами аварійне

навантаження трансформатора, що залишився у роботі, залежатиме від коефіцієнта заповнення добового графіка до моменту виникнення аварії, від якого залежить його перенавантажувальна здатність та тривалість післяаварійної роботи. За середньостатистичними даними для добового графіка навантаження міських ТП цей коефіцієнт перебуває у межах 0,6...0,65, при якому післяаварійне навантаження може становити від 1,4 до 1,5 його номінальної потужності протягом 5 діб, якщо час максимуму електричного навантаження не перевищує 6 годин протягом доби, або це перенавантаження визначається за інструкціями з експлуатації трансформатора.

В умовах експлуатації допускаються систематичні перенавантаження трансформатора, які теж залежать від коефіцієнта заповнення добового графіка електричного навантаження. В цьому випадку коефіцієнт перенавантаження визначається за коефіцієнтом заповнення добового графіка та тривалості максимуму електричного навантаження за відомими кривими кратності допустимих навантажень трансформатора.

Таким чином, проблема визначення достовірного коефіцієнта заповнення добового графіка тісно пов'язана з вибором оптимальної потужності трансформаторів ТП, оскільки нехтування цим коефіцієнтом призводить до завищення їх потужності.

Коефіцієнт заповнення добового графіка електричного навантаження $P_4(t)$ (рис.1) ви-

значається співвідношенням площі, яка обмежується лінією цього добового графіка і віссю абсцис, та площі прямокутника, який утворюється ординатою за величиною максимального (розрахункового) навантаження і віссю абсцис.

Відповідно до інструкції з проектування міських електричних мереж [1] розрахункове навантаження при змішаному живленні від ТП споживачів електроенергії житлових, громадських будинків і споруд (приміщень) визначається за формулою

$$P_p = P_{\text{сп.макс}} + K_1 P_{\text{сп.1}} + K_2 P_{\text{сп.2}} + \dots + K_i P_{\text{сп.i}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{сп.макс}}$ – найбільше з навантажень споруд, що живляться від ТП, кВт; $P_{\text{сп.1}}, \dots, P_{\text{сп.i}}$ – розрахункові навантаження споруд, крім споруди з найбільшим навантаженням ($P_{\text{сп.макс}}$), які живляться від шин низької напруги (НН) ТП, кВт; $K_1, \dots, K_i$ – коефіцієнти участі в максимумі, що враховують частку електричних навантажень споруд відносно споруди з найбільшим навантаженням ($P_{\text{сп.макс}}$), які приймаються за [1].

Такий метод обчислення підсумкового розрахункового електричного навантаження об'єктів має місце, якщо їх добові графіки електричного навантаження мають стандартну (орієнтовну) конфігурацію, які подано у [3, рис. 46.2] та у зручному для розрахунків вигляді наведено в табл. 1.

У зв'язку з бурхливим зростанням за останні десятиріччя електричного навантаження міських споживачів, таких як сучасні житлові будинки і громадські споруди, та зміною конфігурації їх добових графіків навантаження, пропонується визначати розрахункове навантаження, приведене до шин НН ТП, шляхом синтезу графіків добових навантажень об'єктів, в тому числі і тих, що мають нестандартну конфігурацію графіків, яка відома або визначається окремим розрахунковим чи іншим способом.

Інтерполюванням кубічними сплайнами дискретних значень добових навантажень об'єктів за допомогою, наприклад, прикладної програми на ПК у середовищі MathCAD будується підсумковий добовий

графік навантаження об'єктів, приведений до шин НН внутрішньоквартальної ТП.

Наприклад, для електропостачання житлового будинку з газовими плитами, розрахункове навантаження якого $P_{\text{р.г}} = 300$ кВт, житлового будинку з електричними плитами ($P_{\text{р.е}} = 100$ кВт) і споживача з нестандартним добовим графіком електричного навантаження ($P_{\text{р.н}} = 280$ кВт), дані якого подаються в табл.2, необхідно визначити оптимальну потужність трансформаторів ТП (без урахування втрат в електричних мережах, вуличного, рекламного освітлення, інших обов'язкових міських електричних навантажень).

Отримавши інтерполюванням підсумковий графік електричного навантаження $P_4(t)$ усіх об'єктів (рис.1), які живляться від внутрішньоквартальної ТП, визначається коефіцієнт заповнення добового графіка електричного навантаження за виразом

$$K_{\text{з.а}} = \frac{\int_0^{24} D_4(t) dt}{24 P_{\text{і.а.н}}} = 0,62, \quad (2)$$

де $P_{\text{макс}}$ – максимальне (розрахункове) електричне навантаження всіх об'єктів, приведене до шин НН ТП, кВт.

За коефіцієнтом заповнення графіка, обчисленим за формулою (2), і тривалістю максимального навантаження (за середньорічної і максимальної температури повітря відповідно 5°C і 40°C) визначається коефіцієнт допустимого систематичного перенавантаження трансформатора, розташованого у приміщенні, з урахуванням сезонної нерівномірності добового графіка за один відсотковим правилом (на кожний відсоток його недовантаження влітку допускається його перенавантаження на цей відсоток взимку, але не більше, як на 15 %)

$$K_{\text{а.і.і}} = K'_{\text{а.і.і}} + 0,15, \quad (3)$$

де $K'_{\text{а.і.і}}$ – допустимий коефіцієнт систематичного навантаження трансформатора, визначений за кривими кратності допустимих навантажень, максимальне значення якого для трансформатора, встановленого в приміщенні, не може перевищувати 20%, а працюючого на відкритому повітрі має бути не більше 30%.

1. Дані стандартних (орієнтовних) добових графіків електричних навантажень об'єктів міста відносно максимального, %

Об'єкт	Години доби																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Житловий будинок із газовими плитами	30	20	18	15	15	15	32	50	35	20	25	30	28	25	28	30	35	40	55	70	85	100	70	40	30
Житловий будинок з електроплитами	22	15	15	15	15	15	42	60	55	50	50	50	50	50	45	40	45	50	75	100	100	95	60	30	22
Універсам	60	60	60	60	60	60	60	60	75	90	95	100	95	85	85	90	90	90	90	90	85	80	70	60	60
Їдальня	50	50	50	50	50	50	55	60	70	80	85	90	95	100	100	100	95	90	80	70	65	60	55	50	50
Поліклініка	20	20	20	20	20	20	25	30	55	80	85	90	85	80	75	70	75	80	90	100	75	70	45	20	20
Школа	10	10	10	10	10	10	15	20	40	80	100	75	55	40	40	40	40	35	20	17	12	10	10	10	10
Побуткомбінат	25	20	20	20	20	20	25	30	60	90	95	100	98	95	92	90	92	95	92	90	80	70	50	30	25
Теплопункт	95	95	92	90	90	90	95	100	98	95	92	90	92	95	95	95	95	95	98	100	100	100	98	95	95
Тягова підстанція	48	45	32	20	28	35	55	75	88	100	90	80	78	75	78	80	88	95	92	90	80	70	60	50	48
Водонасосна	90	90	90	90	85	80	85	90	95	100	98	95	98	100	100	100	98	95	95	95	98	100	95	90	90
ТП-10/0,4 кВ (живить житлові будинки з газовими плитами)	46	30	28	25	25	25	32	40	35	30	32	35	32	30	30	30	39	48	69	90	95	100	81	62	46
ТП-10/0,4 кВ (живить житлові будинки з електроплитами)	24	15	15	15	18	20	40	60	55	50	50	50	50	50	45	40	50	60	80	100	90	80	56	32	24
РП-10(6) кВ міської мережі	40	30	30	30	30	30	38	45	70	95	92	90	88	85	82	80	88	95	98	100	95	90	70	50	40
Міська ПС-110/10(6) кВ (живить житла і промзону)	60	50	50	50	55	60	75	90	95	10	100	100	90	80	80	80	90	100	100	100	95	90	80	70	60

2. Вихідні дані добових графіків електричного навантаження споживачів ТП, кВт

Об'єкт (крива на рисунок 1)	Години доби																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Житловий будинок із газовими плитами (1)	90	60	54	45	45	45	96	150	105	60	75	90	84	75	84	90	105	120	165	210	255	300	210	120	90
Житловий будинок з електрич- ними пли- тами (2)	22	15	15	15	15	15	42	60	55	50	50	50	50	50	45	40	45	50	75	100	100	95	60	30	22
Об'єкт із нестандар- ним гра- фіком на- вантажен- ня (3)	30	30	30	30	30	40	60	200	280	280	200	180	170	170	170	200	200	120	90	30	30	30	30	30	30

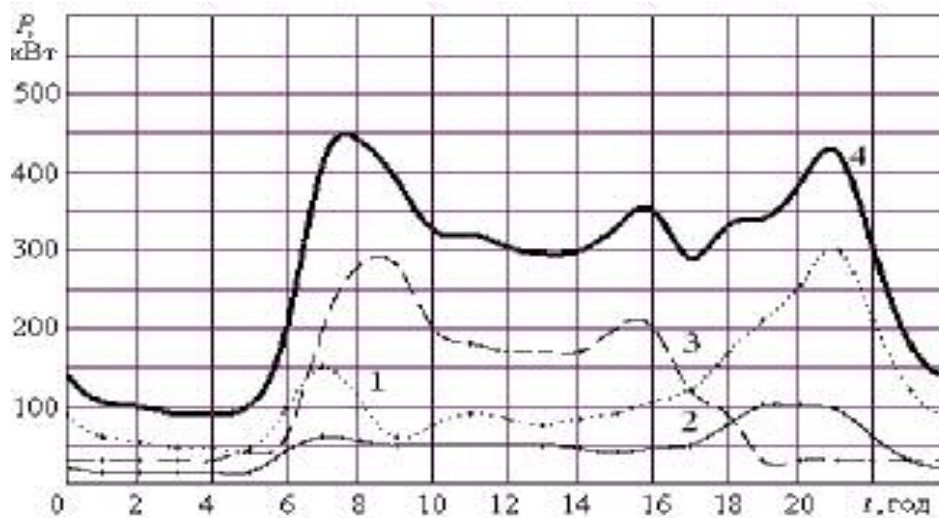


Рис. 1. Результат інтерполювання кубічними сплайнами дискретних значень добових графіків електричного навантаження об'єктів, які живляться від внутрішньоквартальної ТП: 1 – житлового будинку з газовими плитами; 2 – житлового будинку з електричними плитами; 3 – об'єкта з нестандартним графіком навантаження; 4 – підсумковий

Розрахункова потужність трансформатора двотрансформаторної ТП визначається за формулою

$$S_{i\ddot{i}.\dot{o}} \geq \frac{S_{\delta}}{2K_{\ddot{a}i\ddot{i}}}, \quad (4)$$

де S_{δ} – розрахункова повна потужність об'єктів, приведена до шин НН ТП, яка ви-

значається за $P_{i\ddot{a}e\ddot{n}}$ через коефіцієнт потужності ($\cos \varphi = 0,92$).

Попередньо вибраний трансформатор номінальної потужності 400 кВА двотрансформаторної ТП перевіряється на надійність роботи за коефіцієнтом навантаження:

а) у номінальному режимі роботи

$$K_{i\ddot{i}} = \frac{S_{\delta}}{2S_{i\ddot{i}.o}}, \quad (5)$$

$$K_{iii} = \frac{478,3}{2 \cdot 400} = 0,6 < 1,2;$$

б) в аварійному режимі роботи

$$K_{iii} = \frac{478,3}{400} = 1,2 < 1,6.$$

Отже, попередньо вибрана номінальна потужність трансформаторів 2×400 кВА двотрансформаторної ТП задовольняє всім наведеним вимогам.

Підсумовуючи наведене, приходимо до висновку, що визначення оптимальної потужності міської ТП можливе за розрахунковою потужністю об'єктів, приведеної до НН цієї підстанції за допомогою синтезу як стандартних, так і нестандартних добових графіків електричних навантажень споживачів.

Список використаної літератури

1. Інструкція з проектування електромереж 110–0,38 кВ міста Києва. ГНД 41.004.003.001-2002. – К.: Енергоперспектива, 2002. – 54 с.
2. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В. 2.5-23-2003. – К.: Держ. ком. України з буд-ва. та архіт., 2004. – 129 с.
3. Электротехнический справочник: В 3 т. Т. 3. Э 45 В 2 кн. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ: И.Н. Орлова (гл. ред.) и др. – 7-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 880 с.

Отримано 09.09.2009



Бондарчук
Анатолій Сергійович,
канд. техн. наук, доц.
каф. енергоменедж-ту,
Одеськ. нац. політехн.
ун-ту пр. Шевченка, 1,
м.Одеса, 65044,
тел. (048)734-86-90