

3. Зражевский Ю.М. Обоснование параметров установившегося режима тяговой сети рудничного бесконтактного электрического транспорта.– Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Д., 1989. – 19 с.
4. Зражевский Ю.М., Рыбалко А.Я., Хованская Е.И. Пусковой режим тяговой сети бесконтактного электрического транспорта // Горная электромеханика и автоматика: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – Киев, 1989. – Вып. 54. – С. 53–56.
5. Зражевский Ю.М., Рыбалко А.Я., Хованская Е.И. Повышение точности расчета пускового режима системы электроснабжения бесконтактного электрического транспорта // Кибернетика электрических систем. Электроснабжение промышленных предприятий: тез. докл. XII сессии Всес. научн. семинара. 19–22 ноября 1991г. – Гомель, 1991. – С. 109–110.
6. Хованская Е.И. Обоснование параметров переходных режимов тяговой сети транспорта с индуктивной передачей энергии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Д., 1997. – С. 9–10.
7. Самарский А.А. Теория разностных схем.– М.: Наука, 1983. – 616 с.
8. Пивняк Г.Г., Зражевский Ю.М., Хованская Е.И., Задачи моделирования режимов работы тяговой сети транспорта с индуктивной передачей энергии. – Технічна термодинаміка. Тематичний вип. „Проблеми сучасної електротехніки“. – Ч.7. – 2004. – С. 112–116.
9. Зражевский Ю.М., Хованская Е.И., Бобров А.В. Особенности моделирования режимов работы тяговой сети транспорта с индуктивной передачей энергии // Электротехника и электроэнергетика. – 2001. – №92. – С. 66–68.

10. Лазарев Ю.Ф. Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие.– К.: НТУУ „КПИ“, 2003. – 424 с.

Рассмотрены и проанализированы известные математические модели тяговых сетей в системе транспорта с индуктивной передачей энергии. Подчеркнуты главные особенности тяговой сети индукционного транспорта. Обоснована необходимость усовершенствования математической модели тяговой сети в режиме нагрузки. Предложена современная система компьютерной математики Matlab для применения в решении задач имитационного моделирования в системе транспорта с индуктивной передачей энергии.

Ключевые слова: *бесконтактный транспорт, тяговая сеть, математическое моделирование, распределенные параметры, дифференциальное уравнение*

Existing mathematical models of traction line in the transport system with an inductive energy transfer have been considered and analyzed. The main features of traction line of induction transport have been underlined. Necessity of mathematical model of traction line improvement for loading mode has been substantiated. Modern system of computer mathematics Matlab applying for solving problems of simulation in the transport system with inductive energy transfer has been proposed.

Keywords: *contactless transport, power network, mathematical modeling, distributed parameters, differential equation*

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.Т. Заїкою 18.05.10

УДК 621.314

© Заїка В.Т., Котенко С.С., Луценко І.М., 2010

В.Т. Заїка, С.С. Котенко, І.М. Луценко

НАВАНТАЖУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ТРАНСФОРМАТОРІВ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ СЕЛИЩ МІСЬКОГО ТИПУ

V.T. Zaika, S.S. Kotenko, I.M. Lutsenko

LOADING ABILITY OF POWER TRANSFORMERS OF DISTRIBUTING ELECTRIC NETWORKS IN URBAN VILLAGES

Проаналізовано завантаження трансформаторних підстанцій споживачів селищ міського типу за типовими графіками електричних навантажень. Проведено розрахунки температурних режимів роботи трансформаторів та зносу ізоляції їх обмоток за реальними графіками електричних навантажень з використанням стандартної методики розрахунку. Виявлено неефективне використання навантажувальної здатності трансформаторів. Запропоновано та обґрунтовано рекомендації по раціональному використанню строку служби трансформаторів розподільних підстанцій шляхом впровадження систем енергомоніторингу.

Ключові слова: *трансформатор, навантажувальна здатність, температура, знос ізоляції, строк служби*

До складу електричних мереж с.м.т. Солоного та Солонянського району входять трансформаторні підстанції, повітряні та кабельні лінії електропередач.

Найбільш важливою складовою частиною електричних мереж з точки зору забезпечення надійності електропостачання та покращення техніко-економіч-

них показників вважаються трансформаторні підстанції, основними елементами яких є трансформатори.

Навантажувальна здатність – це один з найважливіших показників ефективності роботи будь-якої системи електропостачання. Надійність роботи трансформаторного обладнання безпосередньо пов'язана зі

строком його служби, який в свою чергу залежить від навантаження. Зважаючи на те, що ізоляційна система трансформатора стоїть на першому місці за важливістю і необхідністю контролю поточного стану, для оцінки використання її ресурсу в процесі експлуатації, проведення своєчасного ремонту або заміни трансформатора виконується робота по знаходженню зносу ізоляції його обмоток [1].

Аналіз завантаження трансформаторних підстанцій в літній та зимовий періоди показав, що трансформатори, які вибрані для дослідження, працюють не на повну номінальну потужність, що призводить до збільшення строку їхньої служби понад номінальний, тобто недовикористанню капіталовкладень в електроустаткування електричних мереж.

Таким чином, визначення реального зносу ізоляції в процесі експлуатації з метою підвищення рівня використання трансформаторів є актуальним питанням.

Виконаний аналіз останніх досягнень і публікацій дає змогу стверджувати актуальність проблеми контролю режимів роботи трансформаторів. Зважаючи на велику кількість об'єктивних причин, пов'язаних із розвитком і реорганізацією сучасної електроенергетики, значна увага приділяється впровадженню систем моніторингу і діагностики високовольтного обладнання, особливо силових трансформаторів.

Метою роботи систем діагностичного моніторингу є оцінка технічного стану обладнання, що контролюється та виявлення небезпечних дефектів. Досить важливим є визначення параметрів, які необхідно контролювати і відстежувати для досягнення запланованого результату. Тільки за результатами роботи таких систем можливо оптимізувати витрати на експлуатацію електрообладнання, організовуючи їхньої обслуговування за поточним технічним станом [1].

У даній роботі виконано розрахунок і визначено реальний знос ізоляції силових трансформаторів для споживачів агропромислового комплексу на основі отриманих статистичних даних типових добових навантажень зимового і літнього робочих циклів за методикою, встановленою стандартом ГОСТ 14209-97 [2]. Тобто, проведено аналіз використання життєвого циклу трансформаторів з точки зору інтенсивності зносу ізоляції за конкретними реальними графіками електричних навантажень для конкретного представника промисловості – аграрного комплексу.

Мета дослідження – визначення реального зносу ізоляції трансформаторів розподільних підстанцій типового представника промисловості для забезпечення раціонального використання їх навантажувальної здатності у процесі експлуатації, обґрунтування необхідності оснащення електричних мереж системами діагностичного енергомоніторингу з метою підвищення надійності електропостачання.

Якщо відомий робочий цикл трансформатора впродовж будь-якого проміжку часу, то можна визначити частину терміну служби трансформатора, яка використана під час циклу. У роботі за класичною методикою виконано розрахунок теплового режиму обмоток трансформаторів за реальними графі-

ками навантажень: спочатку визначається температура найбільш нагрітої точки обмотки трансформатора, а потім знос ізоляції та фактичний термін відпрацьованих років. Класична методика розрахунку температурного режиму роботи силового трансформатора не враховує реальний графік навантаження, а лише його еквівалент у вигляді двоступінчатого прямокутного для спрощення розрахунків. Проте у даному дослідженні виконаний розрахунок саме реальних графіків електричних навантажень трансформаторних підстанцій, без перетворень, що підвищує точність отриманих результатів.

Початковими даними для аналізу є вибірка з п'яти трансформаторів з типовими для електричних мереж агропромислового комплексу добовими графіками електричних навантажень (ГЕН).

Два з них – ТМ-25/10 №14 й ТМ-250/10 №411 знаходяться у „спальному“ районі, відповідно вул. Гагаріна (рис. 1) та вул. Усенко, і мають близьке до номінального максимальне навантаження, а інші – ТМ-400/10 №340, ТМ-400/10 №812-1, ТМ-400/10 №812-2 розташовані в районі вул. Чекмарьова (рис. 2), живлять місцеві підприємства і працюють зі змінними графіками і суттєвим недовантаженням у порівнянні фактичного максимуму з номінальною потужністю трансформаторів.

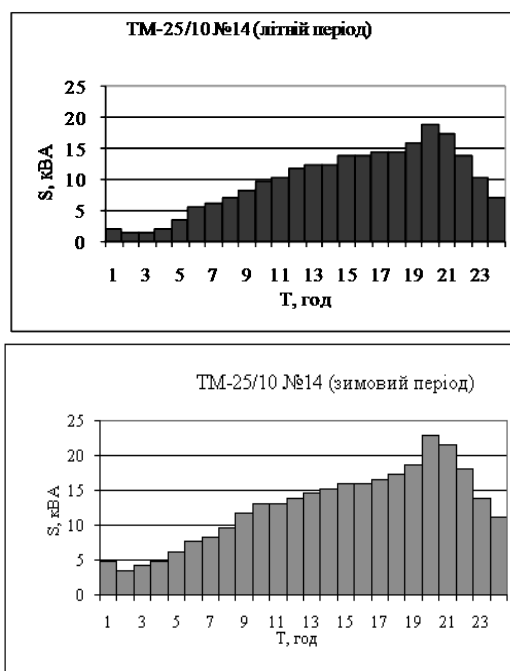
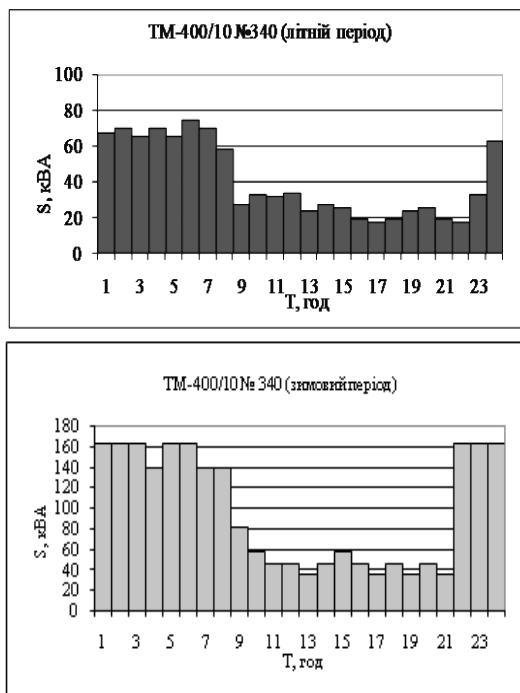


Рис.1. Добові ГЕН трансформатора за літній і зимовий періоди

Для трансформатора ТМ-250/10 №411 та інших трансформаторів з таким характерним навантаженням ГЕН аналогічні.

Для інших трансформаторів, які також живлять переробні підприємства та працюють з недовантаженням, ГЕН аналогічні.

Таблиця 1



Коефіцієнти завантаження трансформаторів протягом доби

Реальний час робочої доби	Зимовий період		Літній період	
	ТМ - 25/10 № 14	ТМ - 400/10 № 340	ТМ- 25/10 № 14	ТМ - 400/10 № 340
0:00-1:00	0,19	0,41	0,08	0,17
1:00-2:00	0,14	0,41	0,06	0,17
2:00-3:00	0,17	0,41	0,06	0,16
3:00-4:00	0,19	0,35	0,08	0,17
4:00-5:00	0,25	0,41	0,14	0,16
5:00-6:00	0,30	0,41	0,22	0,19
6:00-7:00	0,33	0,35	0,25	0,17
7:00-8:00	0,39	0,35	0,28	0,14
8:00-9:00	0,47	0,20	0,33	0,07
9:00-10:00	0,53	0,15	0,39	0,08
10:00-11:00	0,53	0,12	0,42	0,08
11:00-12:00	0,55	0,12	0,47	0,08
12:00-13:00	0,58	0,09	0,50	0,06
13:00-14:00	0,61	0,12	0,50	0,07
14:00-15:00	0,64	0,15	0,55	0,06
15:00-16:00	0,64	0,12	0,55	0,05
16:00-17:00	0,66	0,09	0,58	0,04
17:00-18:00	0,69	0,12	0,58	0,05
18:00-19:00	0,75	0,09	0,64	0,06
19:00-20:00	0,91	0,12	0,75	0,06
20:00-21:00	0,86	0,09	0,69	0,05
21:00-22:00	0,72	0,41	0,55	0,04
22:00-23:00	0,55	0,41	0,42	0,08
23:00-24:00	0,44	0,41	0,28	0,16

Рис. 2. Добовий ГЕН трансформатора за літній і зимовий періоди

Коефіцієнти завантаження за інтервал осереднення, що відповідає одній годині (див. рис. 1), для трансформаторів підраховується за даними добових ГЕН за виразом $K_i | S_i / S_{T.ном}$. Розрахунки коефіцієнтів завантаження у добовому розрізі зведені в табл. 1.

Наприклад, для трансформатора ТМ-25/10 №14 за першу годину доби $K_1 | 4,84 / 25 | 0,19$.

Розрахунки температури обмоток виконані для всіх трансформаторів. Для прикладу проведено розрахунок теплового режиму роботи трансформатора ТМ-25/10 №14 у зимовий період року. Результати розрахунку зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок температури масла і обмотки трансформатора

I	t _i	t _i /τ	A _i	A _r -A _{i-1}	K _i	θ _{м_г}	θ _{м_г} (A _r -A _{i-1})	Σθ _{м_г} (A _r -A _{i-1})	θ' _{м_i}	Δθ _{обі}	θ' _{м_i} +Δθ _{обі}	v _{обі}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	0,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	0,4	1,5	0,49	0,19	15,0	7,4	7,4	25,9	1,6	27,5	23,1
2	2	0,8	2,2	0,73	0,14	14,1	10,4	17,7	22,0	1,0	23,0	18,6
3	3	1,2	3,3	1,09	0,17	14,6	16,0	33,7	19,6	1,4	20,9	16,5
4	4	1,6	5,0	1,63	0,19	15,0	24,5	58,2	18,1	1,6	19,7	15,3
5	5	2,0	7,4	2,44	0,25	16,3	39,7	97,9	17,5	2,5	20,0	15,6
6	6	2,4	11,0	3,63	0,3	17,7	64,2	162,1	17,5	3,4	20,9	16,5
7	7	2,8	16,4	5,42	0,33	18,6	100,7	262,8	17,9	3,9	21,8	17,4
8	8	3,2	24,5	8,09	0,39	20,6	166,8	429,6	18,8	5,1	23,9	19,5
9	9	3,6	36,6	12,07	0,47	23,8	287,0	716,6	20,4	6,9	27,3	22,9
10	10	4,0	54,6	18,00	0,53	26,5	476,4	1192,9	22,4	8,3	30,8	26,4
11	11	4,4	81,5	26,85	0,53	26,5	710,6	1903,6	23,8	8,3	32,1	27,7
12	12	4,8	121,5	40,06	0,55	27,4	1098,1	3001,7	25,0	8,8	33,8	29,4
13	13	5,2	181,3	59,76	0,58	28,9	1726,0	4727,6	26,3	9,6	35,9	31,5
14	14	5,6	270,4	89,15	0,61	30,4	2711,0	7438,7	27,6	10,4	38,1	33,7
15	15	6,0	403,4	133,00	0,64	32,0	4255,1	11693,8	29,1	11,3	40,3	35,9
16	16	6,4	601,8	198,42	0,64	32,0	6347,9	18041,7	30,0	11,3	41,3	36,9
17	17	6,8	897,8	296,00	0,66	33,1	9791,7	27833,5	31,0	11,8	42,9	38,5
18	18	7,2	1339,4	441,58	0,69	34,8	15347,6	43181,0	32,3	12,7	45,0	40,6
19	19	7,6	1998,2	658,77	0,75	38,3	25208,1	68389,1	34,2	14,5	48,8	44,4
20	20	8,0	2981,0	982,76	0,91	48,6	47763,3	116152,4	39,0	19,8	58,8	54,4
21	21	8,4	4447,1	1466,11	0,86	45,2	66303,8	182456,2	41,0	18,1	59,1	54,7
22	22	8,8	6634,2	2187,18	0,72	36,5	79798,5	262254,7	39,5	13,6	53,1	48,7
23	23	9,2	9897,1	3262,89	0,55	27,4	89439,3	351694,0	35,5	8,8	44,4	40,0
24	24	9,6	14764,8	4867,65	0,44	22,5	109744,1	461438,1	31,3	6,2	37,4	33,0

Для даного трансформатора постійна часу теплового процесу становить $\vartheta \approx 2,5$ години [3], система охолодження трансформатор – М, відношення втрат у міді до втрат у сталі при номінальному навантаженні $b \approx P_m / P_c \approx 5$, температура навколишнього середовища, згідно стандарту – $-4,4^\circ\text{C}$ (зима), $+21,3^\circ\text{C}$ (літо).

У стовпці 4 значення допоміжного параметра A_i знаходять за виразом:

$$A_i \approx e^{\frac{t_i}{\vartheta}},$$

де $i=1\dots 24$ – кількість розрахунків для даного циклу; t_i – інтервал часу від початку циклу.

Перевищення температури масла у верхніх прошарках над температурою охолоджувального середовища (стовпець 7) знаходять із виразу:

$$\chi_{M_{iy}} \approx \chi_{M(n)} \left(\frac{2 b K^2}{12 b} \right)^m,$$

де $\chi_{M(n)} \approx 55 \text{ }^\circ\text{C}$ – перевищення температури масла над температурою повітря у сталому стані при номінальних умовах; K – коефіцієнт завантаження трансформатора (стовпець 6); b – відношення втрат у міді до втрат у сталі; m – показник ступеня, який залежить від системи охолодження трансформатора, $m \approx 0,8$.

Початкове перевищення температури масла χ_0 знаходять з виразу:

$$\chi_0 \approx \frac{1}{A_n} \frac{1}{41} \frac{1}{i_{l1}} \chi_{M_{iy}} (A_i 4 A_{i41}) \approx \frac{461438,1}{14764,841} \approx 31,3^\circ\text{C}.$$

Перевищення температури масла над температурою повітря в кінці кожного інтервалу часу (стовпець 10) знайдено з виразу:

$$\chi_{M_{it}} \approx \frac{1}{A_i} \left(\frac{2 b K^2}{12 b} \right)^x \chi_{M_{iy}} (A_i 4 A_{i41})$$

Перевищення температури обмотки над температурою масла (стовпець 11) знайдено з виразу:

$$\div \chi_{обi} \approx \div \chi_{об(n)} K_i^{2n},$$

де $\div \chi_{об(n)} \approx 23^\circ\text{C}$ – перевищення температури обмотки в найбільш нагрітій точці над температурою масла в верхніх прошарках при номінальному навантаженні; $n = m = 0,8$ – приймається для наближених розрахунків.

Розрахунок теплових режимів для інших трансформаторів виконується аналогічно.

Побудуємо графік зміни температури обмотки трансформатора ТМ-25/10, характерний для навантаження зимового (літнього) періоду (рис. 3).

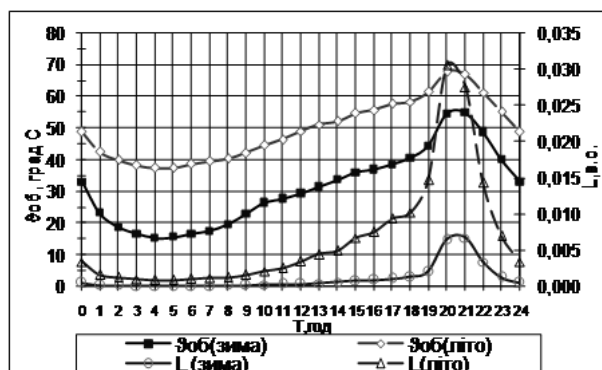


Рис. 3. Графік зміни температури та відносного зносу ізоляції обмотки трансформатора ТМ-25/10

При зростанні температури ізоляції класу нагрівостійкості А, характерної для обмоток трансформатора, відповідно до закону Арреніуса прискорюються хімічні реакції (головним чином окислювальні), що призводить до втрати механічної міцності ізоляції.

Для ізоляції масляних трансформаторів справедливим є шестиградушне правило, згідно з яким, при зростанні температури на кожні 6 градусів понад номінальну, відносний знос збільшується, а строк служби зменшується в 2 рази.

Залежність середнього строку служби ізоляції класу А від температури при зміні останньої в межах $80\dots 140^\circ\text{C}$ може бути зображена показниковою функцією:

$$V \approx A e^{4aZ},$$

де A і a – деякі постійні, Z – температура ізоляції в найбільш нагрітій точці.

Строк служби ізоляції при номінальній температурі ($+98^\circ\text{C}$) дорівнює:

$$V_n \approx A e^{4aZ_n}.$$

Відношення V/V_n становить відносний строк служби ізоляції:

$$V_1 \approx e^{4a(Z_1 - Z_n)}.$$

Величина, обернена до відносного строку служби, називається відносним зносом ізоляції:

$$L \approx \frac{V_n}{V} \approx e^{-4a(Z_1 - Z_n)}.$$

При розрахунках зручно перейти від основи степеню e до основи 2. Тоді вираз відносного зносу матиме вигляд:

$$L \approx 2^{a(Z_1 - Z_n)/0,693} \approx 2^{a(Z_1 - Z_n)/\div},$$

де $\div \approx 0,693/a$; $1/0,693 \approx \ln e / \ln 2$.

Постійну \div приймають рівною 6°C .

Добуток відносного зносу на час дає величину зносу у відпрацьованих годинах або добах:

$$H \approx LT.$$

Знос для ступінчатого графіка дорівнює:

$$H \mid \frac{n}{i+1} L_i t_i .$$

При температурі найбільш нагрітої точки обмотки +98°C відносний знос дорівнює одиниці, тобто номінальному зносу. Знос ізоляції протягом року дорівнює

сумі добових зносів за кожен добу року. Приймається, що температура на кожній ступені постійна й дорівнює її кінцевому значенню. Таке припущення спрощує розрахунок і надає деякий запас надійності.

Для прикладу розраховуємо знос ізоляції для трансформатора ТМ-25/10 №14 для зимового періоду роботи. Результати розрахунку зводимо в табл. 3.

Таблиця 3

Розрахунок зносу ізоляції обмоток трансформатора ТМ-25/10 №14 для зимового періоду роботи

<i>N</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>±t, год</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>v_{об.}, °C</i>	23,1	18,6	16,5	15,3	15,6	16,5	17,4	19,5	22,9	26,4	27,7	29,4
<i>L_i·10⁻⁴</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4
<i>N</i>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>±t, год</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>v_{об.}, °C</i>	31,5	33,7	35,9	36,9	38,5	40,6	44,4	54,4	54,7	48,7	40,0	33,0
<i>L_i·10⁻⁴</i>	5	10	10	10	10	10	20	60	70	30	10	10
<i>ΣL_i·±t, год</i>	0,027											
<i>L_{доб.}</i>	0,001											

Добовий знос ізоляції при заданому навантаженні складає тільки 0,1% від номінального в зимовий період і приблизно 1% – в літній.

Для прикладу розраховуємо термін служби трансформатора ТМ-25/10 №14 для натурних умов. Трансформатор був введений в експлуатацію у 1982 році, замінений у 2007 році, тобто встановлений трансформатор знаходився в експлуатації три роки. Приймаємо, що в кожному році 210 зимових та 155 літніх діб.

Визначення фактично відпрацьованих діб за один рік розраховується з виразу:

$$N_{\text{фактичне}} \mid (N_{\text{зимових}} \cdot \bar{L}_z + 2 N_{\text{літніх}} \cdot \bar{L}_l) \cdot \bar{n}_p \mid (210 \cdot 0,0012155 \cdot 0,01) \cdot 0,2121,55 \cdot 0,28 \mid 5,28 \text{ діб},$$

що складає 0,005 років.

Для інших трансформаторів вибірки розрахунок фактично відпрацьованих років за термін експлуатації виконується аналогічно. Отримано наступні результати:

- ТМ-250/10 №411 (рік вводу в експлуатацію 2001) – 0,01 років;
- ТМ-400/10 №340 (1997) – 0,005 років;
- ТМ-400/10 №812-1 (1997) – 0,005 років;
- ТМ-400/10 №812-2 (1997) – 0,01 років.

Зважаючи на результати розрахунків, можна зробити висновок, що трансформатори можуть знаходитись в експлуатації не 25 років запроєктованого строку служби, а значно більше.

Висновки. Встановлено, що за минулі роки експлуатації (з 1997 по 2010 рр.) ізоляція трансформаторів підстанцій агропромислового комплексу (с.м.т. Солоне) має знос значно менший номінального. Пояснюється це характером навантаження за період експлуатації та особливо повільним штучним старінням ізоляції при роботі з суттєвим недовантаженням. Недовантаження трансформаторів є небажаним, так як після відпрацювання обладнанням свого номінального терміну служби воно стає морально і фізично

застарілим, менш надійним та неекономічним у порівнянні з новими розробками.

Трансформатори існуючих підстанцій мають достатню навантажувальну здатність, тобто за строком служби зберігають певний резерв, тому їх завантаження може бути додатково збільшене на 40–45% без скорочення терміну служби, який за ДСТУ 3463-96 складає 25 років.

Практичне застосування результатів даного дослідження, за рахунок впровадження систем енергомоніторингу надасть можливість забезпечувати експлуатаційний персонал інформацією про поточний технічний стан трансформатора, залишковий безаварійний ресурс роботи. Це дозволить своєчасно замінювати трансформатори, що перевантажені, на більш потужні, або пом'якшувати їх режим роботи [4], додатково навантажувати недовантажені або замінювати ті, що відпрацювали свій строк служби, тобто діяти в умовах експлуатації не по відмові устаткування, а за його поточним станом, що, в свою чергу, підвищить надійність електропостачання.

Тільки за результатами роботи таких систем стане можливим оптимізувати витрати на експлуатацію електрообладнання.

Список літератури

1. Русов В.А. Системы диагностического мониторинга силовых трансформаторов // Электро. – 2008. – Вып. 6. – С. 35–37.
2. ГОСТ 14209-97. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов; Введ. с 01.01.2002.
3. Электрическая часть станций и подстанций. Ч. 2. Генераторы, трансформаторы, электродвигатели, электрические схемы станций и подстанций, система собственных нужд, заземляющие устройства, управление/ Под ред. А.А. Васильева. – М.: Энергия, 1972.
4. Алексеев Б.А. Продление срока службы изоляции силовых трансформаторов // Электро. – 2004. – Вып. 3. – С. 25–29.

Проанализирована загрузка трансформаторных подстанций потребителей посёлков городского типа по типовым графикам электрических нагрузок. Проведены расчеты температурных режимов работы трансформаторов и износа изоляции их обмоток. Выявлено неэффективное использование нагрузочной способности трансформаторов. Предложены и обоснованы рекомендации по рациональному использованию срока службы трансформаторов распределительных подстанций путём внедрения систем энергомониторинга.

Ключевые слова: трансформатор, нагрузочная способность, температура, износ изоляции, срок службы

Loading of power substations for urban village consumers has been analyzed by the help of typical schedules of electric loadings. Calculations of temperature operating modes of transformers and deterioration of insulation of their windings have been executed. Inefficient use of loading ability of transformers has been revealed. Recommendations on the rational use of service life of distributive power transformers by the use of energy monitoring system have been proved and motivated.

Keywords: transformer, loading ability, temperature, deterioration of insulation, service life

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.В. Ткачовим 27.04.10

УДК 662.997

© Козлов Я.М., Сухий М.П., Сухий К.М., 2010

Я.М. Козлов, М.П. Сухий, К.М. Сухий

НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ПЛОСКИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ НА ОСНОВІ СТІЛЬНИКОВИХ ПОЛІКАРБОНАТНИХ ПЛАСТИКІВ

Ya.M. Kozlov, M.P. Sukhyi, K.M. Sukhyi

NEW DESIGNS OF FLAT SOLAR COLLECTORS ON THE BASIS OF CELLULAR POLYCARBONATE PLASTICS

Проведено фотометричні дослідження стільникових полікарбонатних листів різної товщини та кольорової гами. Розраховані інтегральні величини випромінювання, яке проходить крізь прозорі досліджувані полікарбонатні пластики у діапазоні сонячного спектра та у діапазоні теплового випромінювання тіл, яке відповідає робочим температурам сонячних колекторів (50–150°C). Показана доцільність ефективного використання стільникових полікарбонатних пластиків як основного конструктивного матеріалу сонячних колекторів. Наведено результати дослідження енергетичної ефективності використання нової конструкції полімерного сонячного колектора на основі стільникових полікарбонатних пластиків.

Ключові слова: сонячний колектор, фотометричні характеристики, сонячна енергія, полікарбонатні пластики

Стан питання. На сьогоднішній день використання сонячної енергії займає провідне місце серед альтернативних джерел енергії [1–2]. Це пов'язано з головними перевагами даного виду енергії: загальна доступність, екологічність, невичерпаність. З економічної й екологічної точки зору використання даного виду енергії на покриття таких потреб, як виробництво низькопотенційного тепла для системи гарячого водопостачання, опалення, кондиціонування повітря, технологічних і інших потреб, є дуже доцільним [3–5].

Комерціалізація сонячних колекторів безпосередньо залежить від низки факторів – вартість, ефективність та їхня надійність.

У даний час технології виготовлення сонячних колекторів з абсорбером з металевих матеріалів і скла, як прозорої ізоляції, досить відпрацьовані й розвинені [6–7]. Дані конструкції практично досягли граничного рівня теплотехнічної досконалості. Прогнозувати зниження цін на подібні види сонячних колекторів не уявляється можливим внаслідок вичерпання резервів традиційних технологій виготовлення плоских сонячних колекторів. Даний тип колекторів, на сьогоднішній день, має низку невіршених завдань, які пов'язані

з низькою корозійною стійкістю, складністю виготовленні (при формуванні, згинанні, пайці або зварюванні складнопрофільованих виробів), високою вартістю вихідних (як правило кольорових) металів, великою питомою масою (приблизно 20–30 кг/м²), низькою ударною стійкістю прозорої ізоляції. Тому для вирішення цих проблем необхідна розробка таких конструкцій сонячних колекторів, що дозволили б знизити витрати на їх виготовлення, монтаж і обслуговування, підвищити термін експлуатації. Цього можна досягти, використовуючи в конструкціях сонячних колекторів та установках різні види полімерних та композиційних матеріалів на їхній основі [6, 8–9].

Постановка завдання дослідження. Предметом дослідження в даній роботі є фотометричні властивості стільникових полікарбонатних пластиків, що найбільш придатні за фізичними, механічними та хімічними властивостями, в якості конструктивних елементів сонячного колектора.

Якщо фізичні, механічні та хімічні властивості стільникового полікарбонату добре вивчені, то оптичні властивості у належному обсязі ще не досліджувались. Високоєфективні сонячні колектори повинні