

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
з дисципліни „Електричні машини”
(розділ „Трансформатори”)
для студентів спеціальності 141
“Електричні машин та апарати”
усіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни „Електричні машини” (розділ „Трансформатори”) для студентів спеціальності 141 “Електричні машин та апарати” усіх форм навчання / Укл.:Д. С. Яримбаш, Т. Є. Дівчук, А. В. Дьомічева. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 22 с.

Укладачі: Д. С. Яримбаш, доц. к.т.н
Т. Є. Дівчук, старш. викл.
А. В. Дьомічева зав. лаб

Рецензент: В. Г. Савельєв, доцент

Відповідальний В. Г. Савельєв, доцент
за випуск:

Затверджено
на засіданні кафедри
“Електричні машини”

Протокол № 9
від 06.05.2016р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Завдання для виконання курсової роботи.....	5
2 Методичні вказівки до виконання курсової роботи.	9
Література.....	21
Додаток А Зразок оформлення титульного листа.....	22

ВСТУП

При вивченні курсу електричних машин студент слухає лекції, самостійно вивчає рекомендовану літературу, виконує лабораторні роботи та завдання з окремих розділів курсу.

У п'ятому семестрі навчальним планом спеціальності передбачено, виконання курсової роботи з розділу „Трансформатори”.

Метою виконання курсової роботи є: більш глибоке вивчення теоретичних та практичних питань розділу; придбання практичних навичок з самостійної роботи та прийняття рішень; виконання аналізу одержаних розрахункових результатів.

Студентам рекомендується приступити до виконання курсової роботи після вивчення конструкції та принципу дії трансформатора, а також вивчення відповідних розділів рекомендованої літератури та конспекту лекцій.

На виконання курсової роботи та оформлення пояснювальної записки відводиться 10 тижнів, а захист планується на 11 - 12 тижнів.

Курсова робота має бути оформлена у вигляді пояснювальної записки обсягом 25-30 сторінок тексту на стандартних аркушах формату А4 згідно СТД 15-96.

Матеріал пояснювальної записки наводиться у наступній послідовності:

- титульний лист;
- завдання на курсову роботу;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів;
- вступ;
- розрахункова частина;
- висновки;
- перелік посилань;
- додатки (якщо є).

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Трифазний трансформатор із стрижневим магнітопроводом має дані, які наведені у табл. 1.1.

Виконати наступні розрахункові та графічні роботи

1.1 Описати принцип дії та конструктивне виконання трансформатора.

1.2 Визначити основні електричні величини.

1.3 Розрахувати масу магнітної системи трансформатора, визначити струм, втрати та параметри холостого ходу.

1.4 Визначити напругу, струм та параметри короткого замикання.

1.5 Розрахувати параметри Т-подібної схеми заміщення трансформатора, накреслити її. Побудувати трикутник напруг короткого замикання.

1.6 Побудувати в масштабі векторну й енергетичну діаграми трансформатора для заданого режиму навантаження b та $\cos \varphi_2$.

1.7 Розрахувати та побудувати характеристики $DU\%$; U_2 ; P_X ; P_K ; $h = f(b)$.

1.8 Побудувати векторну діаграму напруг первинної та вторинної обмоток трансформатора, яка відповідає заданій групі з'єднань обмоток. Накреслити електричну схему з'єднання обмоток.

1.9 Розрахувати величину зрівнювального струму I_{3p} , який виникає між двома паралельно увімкненими трансформаторами, якщо перший трансформатор має дані, наведені у табл. 1.1, а напруга вторинної обмотки другого трансформатора $U_{21} = 0.9U_{22}$ (всі інші параметри та величини першого та другого трансформаторів однакові).

1.10 Визначити розподіл навантаження між трьома паралельно працюючими трансформаторами, а також розрахувати сумарне допустиме навантаження трансформаторів та дійсне навантаження кожного з трансформаторів у сталому режимі роботи.

1.11 Зробити висновки про досліджуваний трансформатор.

Таблиця 1.1 – Вхідні дані трансформатора

Номер варіанта	Найменування величин															
	Номінальна потужність S_n , кВА	Номінальна вища напруга $U_{нлв}$, кВ	Номінальна нижча напруга $U_{нлн}$, кВ	Число витків обмотки НН W_2	Діаметр стрижня тр-ра D_c , см	Активний переріз стрижня тр-ра P_c , см ²	Активний переріз яра тр-ра $P_{я}$, см ²	Довжина стрижня, l_c , см	Висота яра $h_{я}$, см	Відстань між осями стрижнів C , см	Напруга короткого замикання u_k , %	Втрати короткого замикання P_k , кВт	Схема та група з'єднання	Коефіцієнт навантаження b	$\cos \varphi_2$	Характер навантаження
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	50	3.0	0.525	192	12	88.6	107.9	25	11.8	24.5	5.5	1.32	Y/Δ-11	1.0	1.0	акт
2	100	35.0	0.23	28	16	155	160	40.5	13.2	35	6.5	2.4	Y/Yo-0	0.9	0.9	інд
3	180	10.0	0.525	92	17	181.5	203	35	15.8	32	5.5	4.0	Y/Δ-11	0.8	0.8	інд
4	180	31.0	0.4	40	17	181.5	203	52	15.8	38.5	6.5	4.1	Y/Y-0	0.7	0.7	інд
5	320	10.0	0.4	30	19.5	244	259	39	17.5	34.5	5.5	6.2	Y/Y-0	0.6	0.6	інд
6	560	35.0	0.525	54	22	304	304	72	18.8	44.5	6.5	9.4	Y/Δ-11	0.5	0.5	інд
7	1000	6.0	3.15	246	23.5	395	400	86	20.8	46	5.5	15.0	Y/Δ-11	0.4	1.0	акт

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	1800	35.0	10.5	540	32	605	665	85	27.4	57	6.5	24.0	Y/ Δ -11	1.0	0.9	€MH
9	3200	35.0	11	460	35.5	745	830	100	30.8	61.5	7.0	37.0	Y/ Δ -11	0.9	0.8	€MH
10	5600	35.0	10.5	306	43	1075	1190	110	36.5	70	7.5	57.0	Y/ Δ -11	0.8	0.7	€MH
11	20	6.0	0.23	80	9.5	52	60.6	22	8.5	20.5	5.5	0.6	Y/Yo-0	0.7	0.6	€MH
12	20	35.0	0.23	64	12	86	88	39.5	9.7	30	6.5	0.6	Y/ Δ -11	0.6	0.5	€MH
13	50	35.0	0.23	43	13	100	106	40.5	11	31	6.5	1.32	Y/Yo-0	0.5	0.9	інд
14	100	0.6	0.23	34	14.5	127	131	37.5	14	25.5	5.5	2.4	Y/Yo-0	0.4	0.85	інд
15	180	35.0	3.15	474	19	222.1	222.5	54.5	15.4	39	6.5	4.1	Y/ Δ -11	1.0	0.85	€MH
16	320	35.0	0.4	30	20	243	250	62.5	16.5	40.5	6.5	6.2	Y/Yo-0	0.9	0.8	інд
17	560	35.0	6.3	604	23	324	327	71.5	18	44	6.5	9.4	Y/ Δ -11	0.8	0.75	€MH
18	1000	35.0	6.3	504	26	395	430	95	21.65	50	6.5	15.0	Y/ Δ -11	0.7	0.75	інд
19	25000	110	38.5	482	55	2200	2500	100	46	100	10.5	120	Y/ Δ -11	0.6	0.9	інд
20	80000	35.0	11	79	72	3790	4300	135	60	132	10.0	280	Y/ Δ -11	0.5	0.8	інд
21	40000	220	121	974	68	3380	3900	100	58	112	10.5	170	Y/ Δ -11	0.4	0.7	інд
22	32000	110	38.5	403	60	2630	3000	100	50	105	10.5	145	Y/ Δ -11	1.0	0.6	інд
23	10000	35.0	11	236	42	1280	1400	82	36	78	7.5	65.0	Y/ Δ -11	0.9	0.5	інд
24	160	10.0	0.4	35	16	187	210	25	13.6	25	4.7	3.1	Y/Yo-0	0.8	0.5	€MH
25	630	10.0	0.69	30	24	362	400	35	20.5	25	5.5	8.5	Y/Yo-0	0.7	0.6	€MH
26	4000	110	38.5	1240	34	835	960	65	29	65	10.5	33.0	Y/ Δ -11	0.6	0.7	€MH
27	16000	35.0	11	165	50	1820	2000	90	42.5	90	8.0	90.0	Y/Yo-0	0.5	0.8	€MH
28	250	250	0.4	26	18	237	270	25	15.3	30	4.7	4.2	Y/ Δ -11	0.4	0.9	€MH

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

До п. 1.1 Накреслити електричну схему трансформатора (рис.2.1) та пояснити принцип його дії у режимі навантаження. Необхідно вказати де й з якою метою використовуються трансформатори.

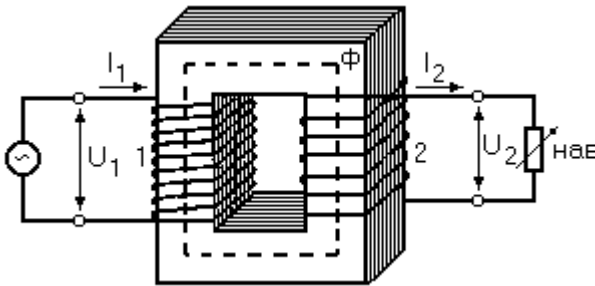


Рисунок 2.1 - Електрична схема трансформатора

Описати конструкцію та призначення магнітної системи, обмоток, бака та допоміжної апаратури, яка розташована на кришці та стінках бака. Накреслити ескіз трансформатора та показати на ньому всі елементи конструкції і допоміжну апаратуру.

До п.1.2 Лінійні та фазні струми і напруги необхідно розрахувати з урахуванням схеми з'єднання фазних обмоток високої (ВН) та низької (НН) напруги:

$$I_L = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_L},$$

де S - номінальна потужність трансформатора, кВА;

U_L - номінальна лінійна напруга відповідної обмотки ВН, НН, В.

Фазний струм та напруга при з'єднанні обмотки за схемою зірка:

$$I_\phi = I_L \qquad U_\phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

Фазний струм та напруга при з'єднанні обмотки за схемою трикутник:

$$I_{\phi} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \qquad U_{\phi} = U_L$$

Знайти потужність однієї фази, розрахувати коефіцієнт трансформації [1].

До п.1.3 Накреслити ескіз магнітної системи трансформатора з прямими стиками та показати її розміри (рис.2.2). Розрахувати масу стрижнів G_C та ярем G_Y трансформатора:

$$G_C = c \cdot P_C \cdot (l_C + 2h_Y) \cdot g_{CT},$$

де c – кількість стрижнів;

P_C – активний переріз стрижня, m^2 ;

l_C – довжина стрижня, m ;

h_Y – висота ярма, m ;

g_{CT} – питома густина трансформаторної сталі марки 3404, товщина 0.35 mm ; $g_{CT} = 7650 \text{ кг/м}^3$.

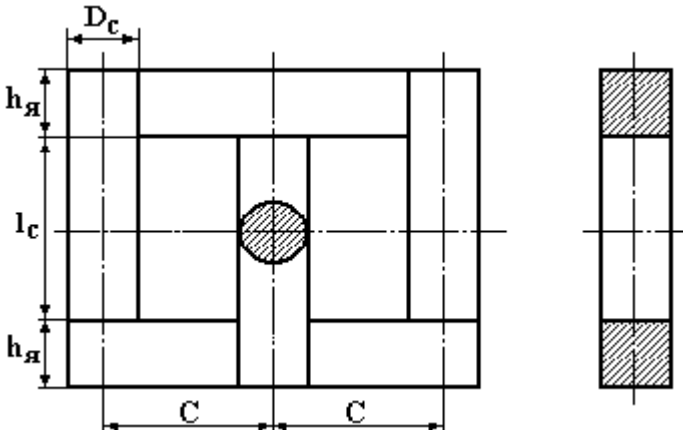


Рисунок 2.2- Ескіз магнітної системи трансформатора

$$G_{\text{я}} = (c-1) \Pi_{\text{я}} \cdot (2C + D_C) \cdot g_{\text{СТ}},$$

де $\Pi_{\text{я}}$ – активний переріз ярма, м²;

C – відстань між вісями стрижнів, м;

D_C – діаметр стрижня, м.

При номінальній напрузі розрахувати магнітний потік Φ , величину індукції у стрижнях B_C та ярмах $B_{\text{я}}$ магнітної системи трансформатора (звернути увагу на схему з'єднання фазних обмоток)

$$\Phi = \frac{U_{2\text{НФ}}}{4.44 \cdot f \cdot W_2},$$

$$B_C = \frac{\Phi}{\Pi_C},$$

$$B_{\text{я}} = \frac{\Phi}{\Pi_{\text{я}}}.$$

Маючи величини індукції B_C , $B_{\text{я}}$ та використовуючи дані таблиці 2.1, знайти питомі втрати p_C , $p_{\text{я}}$ та питомі реактивні (намагнічуючи) потужності q_C , $q_{\text{я}}$ для електротехнічної сталі стрижнів і ярма, а також питому намагнічуючу потужність для стиків q_d магнітної системи трансформатора.

Таблиця 2.1 - Питомі втрати в сталі

Індукція B , Тл	Питомі втрати $p_{\text{СТ}}$, Вт/кг	Намагнічуюча потужність	
		для стрижнів q_C , ярма $q_{\text{я}}$, ВА/кг	для стиків q_d , ВА/м ²
1	2	3	4
0.2	0.028	0.040	40
0.4	0.093	0.120	80
0.6	0.190	0.234	140
0.8	0.320	0.375	280
1.0	0.475	0.548	1000
1.20	0.675	0.752	4000
1.22	0.697	0.782	4680
1.24	0.719	0.811	5360

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
1.26	0.741	0.841	6040
1.28	0.763	0.870	6720
1.30	0.785	0.900	7400
1.32	0.814	0.932	8200
1.34	0.843	0.964	9000
1.36	0.872	0.996	9800
1.38	0.901	1.028	10600
1.40	0.930	1.060	11400
1.42	0.964	1.114	12440
1.44	0.998	1.168	13480
1.46	1.032	1.222	14520
1.48	1.066	1.276	15560
1.50	1.100	1.330	16600
1.52	1.134	1.408	17960
1.54	1.168	1.486	19320
1.56	1.207	1.575	20700
1.58	1.251	1.675	22100
1.60	1.295	1.775	23500
1.62	1.353	1.958	25100
1.64	1.411	2.131	26700
1.66	1.472	2.556	28600
1.68	1.536	3.028	30800
1.70	1.600	3.400	33000
1.72	1.672	4.480	35400
1.74	1.744	5.560	37800
1.76	1.824	7.180	40800
1.78	1.912	9.340	44400
1.80	2.000	11500	48000
1.82	2.090	20.240	52000
1.84	2.180	28.980	56000
1.86	2.270	37.720	60000
1.88	2.360	46.460	64000
1.90	2.245	55.200	68000
1.95	2.700	89.600	80000
2.0	3.000	250.000	110000

Розрахувати втрати P_X у магнітній системі та активну складову струму холостого ходу I_{XA} (врахувати додаткові втрати P_d , прийнявши їх рівними 10% від основних), реактивну потужність магнітної системи трансформатора у режимі холостого ходу Q_X та реактивну складову струму холостого ходу I_{XP} , знайти повний струм I_{IX} та коефіцієнт потужності $\cos j_X$ при холостому ході. Всі розрахунки провести для $U_{IX\phi} = U_{1H\phi}$.

$$P_{MC} = p_C \cdot G_C + p_Y \cdot G_Y,$$

$$P_d = 0.1 \cdot P_{MC},$$

$$P_X = P_{MC} + P_d,$$

$$Q_3 = \sum n \cdot q_d \cdot \Pi = n_C \cdot \Pi_C \cdot q_{dC} + n_Y \cdot \Pi_Y \cdot q_{dY}$$

де n – кількість стиків;

$$Q_X = q_C \cdot G_C + q_Y \cdot G_Y + Q_3,$$

$$I_{1XA} = \frac{P_X}{m \cdot U_{1H\phi}},$$

де m – кількість фаз

$$I_{1XP} = \frac{Q_X}{m \cdot U_{1H\phi}},$$

$$I_{1X} = \sqrt{I_{1XA}^2 + I_{1XP}^2},$$

$$\cos j_X = \frac{P_X}{m \cdot I_{1X} \cdot U_{1H\phi}}.$$

Розрахувати параметри трансформатора у режимі холостого ходу Z_X ; R_X ; X_X за формулами

$$Z_X = \frac{U_{1H\Phi}}{I_X},$$

$$R_X = \frac{P_X}{m \cdot I_{1X}^2},$$

$$X_X = \sqrt{Z_X^2 - R_X^2}.$$

Кут магнітного запізнювання розраховується за формулою

$$a = \arctg \frac{I_{1XA}}{I_{1XP}}$$

До п.1.4 Визначити величини напруги U_{1K} , струму I_{1K} та коефіцієнта потужності $\cos j_K$ трансформатора у режимі короткого замикання

$$U_{1K} = \frac{U_{1\Phi} \cdot u_K \%}{100},$$

$$I_{1K} = I_{1H\Phi},$$

$$\cos j_K = \frac{P_K}{m \cdot I_{1K} \cdot U_{1K}}.$$

Розрахувати параметри трансформатора у режимі короткого замикання Z_K ; R_K ; X_K ; U_{KA} ; U_{KP} за формулами

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K},$$

$$R_K = \frac{P_K}{m \cdot I_{1K}^2},$$

$$X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2},$$

$$U_{KA} = I_{1H\Phi} \cdot R_K,$$

$$U_{KP} = I_{1H\Phi} \cdot X_K.$$

До п.1.5 Параметри Т- подібної схеми заміщення трансформатора

$$R_X \approx R_m,$$

$$X_X \approx X_m,$$

$$Z_X \approx Z_m,$$

$$R_1 = R_2' \approx \frac{R_K}{2},$$

$$X_1 = X_2' \approx \frac{X_K}{2},$$

$$Z_1 = Z_2' \approx \frac{Z_K}{2}.$$

Накреслити Т-подібну схему заміщення при номінальному режимі роботи (рис. 2.3).

Записати рівняння рівноваги напруг та струмів трансформатора у режимах холостого ходу, короткого замикання та навантаження.

Розрахувати число витків первинної обмотки трансформатора.

Побудувати у масштабі трикутник напруги короткого замикання трансформатора.

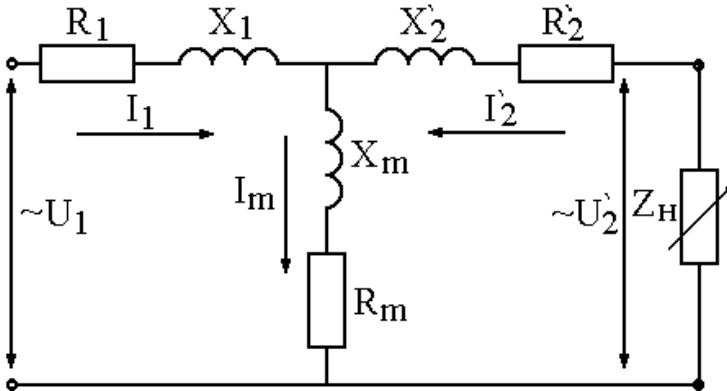


Рисунок 2.3 - Т-подібна схема заміщення трансформатора

Накреслити схеми заміщення трансформатора при роботі у режимах холостого ходу та короткого замикання (рис.2.4,2.5).

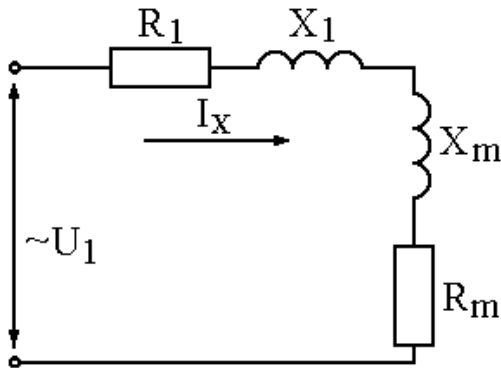


Рисунок 2.4 - Схема заміщення трансформатора при холостому ході

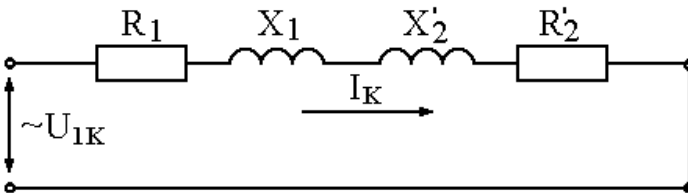


Рисунок 2.5 - Схема заміщення трансформатора при короткому замиканні

До п.1.6 Векторна діаграма будується на основі рівнянь рівноваги ЕРС та струмів з використанням параметрів схеми заміщення. Параметри вторинної обмотки доводяться до первинної

$$U_1 = -E_1 + I_1 \cdot R_1 + jI_1 \cdot X_1.$$

$$E'_2 = U'_2 + I'_2 \cdot R'_2 + jI'_2 \cdot X'_2,$$

$$I_{1X} = I_{1XP} + I_{1XA},$$

$$I_1 = I_{1X} + (-I'_2),$$

$$E'_2 = E_1.$$

Побудова векторної діаграми починається з відкладення у масштабах m_U та m_I векторів U'_2 та I'_2 і кута f_2 між ними. Струм I'_2 для заданого режиму роботи трансформатора знаходиться за формулою

$$I'_2 = b \cdot I'_{2H}.$$

Потім для струму I'_2 знаходять падіння напруги $I'_2 R'_2$ та $jI'_2 X'_2$, далі знаходять вектор ЕРС $E'_2 = E_1$. До нього під прямим кутом проводять вектор магнітного потоку Φ . Потім у масштабі проводять вектори I_{1XP} ; I_{1XA} ; I_{1X} . На основі рівняння рівноваги струмів будується вектор струму I_1 . За відомими параметрами R_1 та X_1 , розраховуються вектори падіння напруги $I_1 R_1$ та $jI_1 X_1$ і згідно з рівнянням рівноваги напруги будується вектор напруги U_1 . З векторної діаграми знаходяться величини напруги U_1 , струму I_1 , коефіцієнт потужності $\cos f_1$. Потім розраховується повна S_1 та активна P_1 потужності з урахуванням отриманих з векторної діаграми величин напруги U_1 , струму I_1 , коефіцієнта потужності $\cos f_1$.

Розрахувати електричні втрати в первинній та у вторинній обмотках, побудувати у масштабі енергетичну діаграму роботи трансформатора (рис.2.6).

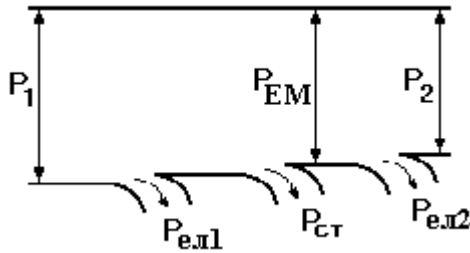


Рисунок 2.6 - Енергетична діаграма трансформатора

$$S_1 = m \cdot I_1 \cdot U_1$$

$$P_1 = m \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos j_1,$$

$$P_{ел1} = m \cdot I_1^2 \cdot R_1,$$

$$P_{СТ} = P_X,$$

$$P_{ЕМ} = P_1 - (P_{ел1} + P_{СТ}),$$

$$P_{ел2} = m \cdot I_2'^2 \cdot R_2',$$

$$P_2 = m \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos j_2$$

Перевірка

$$P_2 = P_1 - (P_{ел1} + P_{СТ} + P_{ел2}).$$

До п.1.7 Розрахунок $DU\%$; U_2 ; $h=f(b)$ рекомендується виконувати у табличній формі.

Активна та реактивна складові напруги короткого замикання при номінальному струмі знаходяться за формулами:

$$u_{KA} \% = \frac{I_{1H\Phi} \cdot R_K}{U_{1H\Phi}} \cdot 100\%,$$

Таблиця 2.2 - Результати розрахунків $DU\%$; U_2 ; $h=f(b)$

№	b	од. вим.	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25
1	$\Delta u_{KA} \% = b \cdot u_{KA} \% \cdot \cos j_2$	%						
2	$\Delta u_{KP} \% = b \cdot u_{KP} \% \cdot \sin j_2$	%						
3	$\Delta U \% = \Delta u_{KA} \% + \Delta u_{KP} \%$	%						
4	$U_2 \% = 100 - \Delta U \%$	%						
5	$P_X + P_K$	кВт						
6	$P_2 = b \cdot S \cdot \cos j_2$	кВт						
7	$h = \left(1 - \frac{P_X + P_K}{S + P_X + P_K} \right) \cdot 100\%$	%						

$$u_{KP} \% = \frac{I_{1H\Phi} \cdot X_K}{U_{1H\Phi}} \cdot 100\%,$$

Розрахункове значення $u_K\%$, необхідно порівняти з даними таблиці 1.1.

Втрати холостого ходу (втрати у сталі) $P_X = P_C$, розраховані у п.1.3, постійні й не залежать від завантаження трансформатора.

При розрахунках втрат короткого замикання P_K , номінальне значення втрат P_{KH} вибирається з таблиці 1.1.

За даними таблиці 2.2 будуються залежності: $DU\%$; U_2 ; $h=f(b)$ на одному та P_X ; P_K ; $h=f(b)$ на другому рисунках. На побудованих характеристиках слід показати $DU\%$; h_H ; h_{MAX} та пояснити характер отриманих залежностей.

До п.1.8 Побудова векторної діаграми напруг обмоток ВН та НН, яка б відповідала заданій групі з'єднання, виконується у наступній послідовності:

- будується векторна діаграма фазних та лінійних напруг обмотки ВН;

- від початку вектора лінійної напруги U_{AB} (точка A), в напрямку часової стрілки відкладається кут, який дорівнює 30° помножений на групу з'єднання та будується вектор лінійної напруги U_{ab} ;

- будується аналогічна векторна діаграма фазних та лінійних напруг обмотки НН.

Викреслюється електрична схема з'єднання обмоток ВН і НН.

До п.1.9 Зрівнювальний струм, який протікає поміж двох паралельно працюючих трансформаторів, знаходиться за формулою:

$$I_{3P}^* = \frac{\Delta U^*}{2u_K^*},$$

$$\Delta U^* = \frac{U_{2\Phi I} - U_{2\Phi II}}{U_{2\Phi H}},$$

де u_K^* - напруга короткого замикання у в.о.

За результатами виконаних розрахунків зробити висновки про можливість паралельної роботи трансформаторів. Знайти допустиме загальне навантаження, якщо

$$S_{HI} = S_{HII},$$

$$U_{KI} \% = U_{KII} \% ,$$

$$\sum S_{HAB} = S_{HI} + S_{HII} .$$

До п.1.10 Знаходиться напруга короткого замикання другого $u_{KII} \%$ й третього $u_{KIII} \%$ трансформаторів при $u_{KI} \%$ - з таблиці 1.1,

$$u_{KII} \% = 1.15u_{KI} \%,$$

$$u_{KIII} \% = 1.3u_{KI} \%,$$

а також сумарне навантаження

$$\sum S_{HAB} = S_{HI} + S_{HII} + S_{HIII} = 3S_{HI}.$$

Відносне завантаження трьох трансформаторів знаходиться за формулами відповідно

$$S_I^* = \frac{\sum S_{HAB}}{u_{KI} \% \sum_1^n \frac{S_{Hn}}{u_{Kn} \%}},$$

$$S_{II}^* = \frac{\sum S_{HAB}}{u_{KII} \% \sum_1^n \frac{S_{Hn}}{u_{Kn} \%}},$$

$$S_{III}^* = \frac{\sum S_{HAB}}{u_{KIII} \% \sum_1^n \frac{S_{Hn}}{u_{Kn} \%}},$$

$$\sum_1^n \frac{S_{Hn}}{u_{Kn} \%} = \frac{S_{HI}}{u_{KI} \%} + \frac{S_{HII}}{u_{KII} \%} + \frac{S_{HIII}}{u_{KIII} \%} + \dots + \frac{S_{Hn}}{u_{Kn} \%},$$

де n - кількість трансформаторів, ввімкнених на паралельну роботу.

Знайти сумарне навантаження $\sum S_{HAB}$, при якому трансформатори можуть працювати на протязі тривалого часу. Як при цьому зменшиться завантаження трансформаторів.

До п.1.11 Аналізуючи характеристики, векторну діаграму, схеми заміщення, зробити висновок про відповідність параметрів трансформатора вимогам ДЕСТ та можливість його використання в енергосистемах.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

- 1 Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учебн. [для вузов] / Тихомиров П.М. - М.: Энергия, 1986. – 528 с. : ил. – 40000 экз
- 2 Вольдек А.И. Электрические машины./ Вольдек А.И. - Л.: Энергия, 1978. – 832 с. : ил.
- 3 Костенко М.П. Электрические машины Ч.1: Машины постоянного тока. Трансформаторы./ М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский – М.: Энергия, 1972. – 542 с. : ил.
- 4 Сергеевков Б.Н. Электрические машины. Трансформаторы./ Сергеевков Б.Н. Киселев В.М., Акимова Н.А. – М.: Высш. шк., 1989.– 307 с. : ил.
- 5 Копылов И.П. Электрические машины./ Копылов И.П.– М.: Атомэнергоиздат, 1986. – 436 с.: ил. – 15000 экз

Перелік наочних та інших посібників,

методичних вказівок

- 1 Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни „Електричні машини” (розділ „Трансформатори”) для студентів спеціальності 7.092207 “Електричні машини” усіх форм навчання / Укл.: О.М. Андрієнко. – Запоріжжя: ЗДТУ, 1997. – 14 с.
- 2 Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Електричні машини” для студентів спеціальності 7.092206 “Електричні машини та апарати “ усіх форм навчання / Укл.: І.М. Бондареко, О.М.Андрієнко, І.В.Левенков. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2001. – 72 с.

Додаток А
Зразок оформлення титульного листа

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

Кафедра „Електричні машини”

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ
з дисципліни „Електричні машини”
Тема: „Трансформатор”

Розробив
ст. гр. Е – 212:

А.В.Шевченко

Керівник:

В.П. Петренко

2016