

Міністерство транспорту та зв'язку України
Державний економіко-технологічний університет транспорту

Кафедра тягового рухомого складу

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Для студентів спеціальності 7.10050

«Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту»

Спеціалізація «Виробництво, експлуатація та ремонт локомотивів»

безвідривної форми навчання

Київ - 2008

УДК 621.314.2.

В.І.Данилевський

Електрообладнання електровозів: Методичні вказівки до контрольної роботи з дисципліни «Електрообладнання електровозів» В.І.Данилевський
К.:ДЕТУТ,2008. - 16 с.

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри «Тяговий руханий склад (протокол № 9 від 21 квітня 2008 року) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗТ (протокол № 9 від 23 червня 2008 року)

Укладач: В.І.Данилевський,к.т.н.

Рецензенти :

М. Г Малиновський, головний інженер, ВАТ Київський електровагоноремонтний завод;

Ю. Ф. Дубравін , к.т.н., доцент, ДЕТУТ.

Зміст

1. Загальні методичні вказівки по виконанню контрольної роботи.....	4
2. Вступ	5
3. Умови виконання контрольної роботи	6
4. Таблиця варіантів вихідних даних	11
5. Рекомендована література	16

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Курс "Електрообладнання електровозів" вивчається студентами спеціальності «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту». Відповідно до навчального плану студенти виконують контрольну роботу з даного курсу. Дані методичні вказівки мають на меті допомогти студентам у вивченні та закріпленні навчального матеріалу. Завдання на контрольну роботу містить дві задачі - з трансформаторів і електропневматичних контакторів. До виконання контрольної роботи треба приступати після ретельного опрацювання відповідного розділу курсу за рекомендованими підручниками. Номер варіанта кожної задачі обирається за таблицями відповідно до двох останніх цифр навчального шифру студента. При виконанні контрольної роботи потрібно застосовувати стандартні умовні позначення електричних величин та одиниць їх вимірювання і умовні графічні позначення елементів електричних кіл за ЄСКД. Характеристики і векторні діаграми повинні виконуватися на міліметровому папері із використанням стандартних масштабів: 1, 2, 4, 5, 10, 20, 40, 50... одиниць вимірюваної величини на одиницю довжини. При цьому по осі абсцис на графіках відкладають тільки одну яку-небудь величину (наприклад, P_2 , M_2 або I_2), а по осі ординат можна відкладати декілька величин. Усі вертикальні шкали повинні бути оцифровані рівномірно на одній висоті та починатися із нуля. Сторінки контрольної роботи повинні бути пронумеровані і мати поля. Креслення і рисунки повинні мати нумерацію - наскрізну або за задачами, результати розрахунків округлюються до трьох значущих цифр після коми.

ВСТУП

Як правило, електрична енергія не може бути використана на місці її виробництва - там нема достатньої кількості потужних споживачів. При об'єднанні енергосистем можна оперативно змінювати напрямок передачі електроенергії з одного району в інший у залежності від пори року, часу доби і т. д. Це дає змогу підвищити ефективність використання обладнання електричних станцій, надійність електропостачання споживачів.

Але передача електричної енергії на відстань, її дроблення на частини з метою розподілу між споживачами не можуть здійснюватися без багаторазової трансформації напруги.

З допомогою трансформаторів напруга, яка отримується на електростанції, підвищується до сотень кіловольтів і подається на лінії електропередачі. У районі використання електроенергії напруга знову-таки з допомогою трансформаторів знижується до рівня, потрібного для розподільних мереж. У цих мережах трансформатори ще більше знижують напругу з одночасним дробленням потужності, що передається, на частини, які відповідають потужностям навантажень.

Передавати електроенергію на відстань доцільно при якомога вищій лінійній напрузі $U_{л}$. Останнє пояснюється так. Для передачі заданої повної потужності P потрібно будувати лінію передачі на якнайменший лінійний струм. Відомо, що із зменшенням струму суттєво знижуються електричні втрати в лінії. Крім того, у будь-якому проводі допускається певна гранична густина струму тому при меншій величині струму зменшується поперечний переріз проводу тобто зменшуються втрати матеріалу проводу. Таким чином, чим вища напруга використовується при передачі електроенергії, тим економічною є така передача.

Зараз промисловість випускає синхронні генератори з вихідною напругою порядку 15кВ (турбогенератори) та 24кВ (гідрогенератори). Якщо проектувати машини на вищі напруги, то ізоляція обмотки статора настільки ускладнюється, що для її виконання потрібно принципово змінити конструкцію і розміри машини. Отже:

а) через наявність 5-6 ступенів трансформації напруги трансформатори є найбільш численними елементами енергосистем;

б) сумарна потужність трансформаторів на кожному наступному ступені приймається більшою, ніж на попередньому. Це пояснюється тим, що трансформатори наступного ступеня не бувають усі одночасно навантажені до номінальної потужності;

в) сумарна потужність усіх трансформаторів у енергетичній системі в середньому в 6...8 разів перевищує сумарну потужність генераторів.

Трансформатори класифікують у першу чергу за функціями, які вони виконують:

- силові трансформатори - для передачі та розподілу електроенергії;
- трансформатори залізничного електрорухомого складу
- автотрансформатори - для перетворення напруги в невеликих межах, для пуску двигунів змінного струму та ін.;
- силові трансформатори спеціального призначення - для живлення електричних печей (електропічні трансформатори, трансформатори для напівпровідникових перетворювачів, зварювальні трансформатори та ін.);
- вимірювальні трансформатори включаються у схеми вимірювальних приладів та пристроїв релейного захисту;
- випробні трансформатори застосовуються під час випробувань ізоляції та високовольтної апаратури високою напругою.

Умови виконання контрольної роботи

Для трифазного трансформатора за початковими даними, наведеними у табл. 1.1, потрібно:

1. Визначити лінійну і фазну первинну та вторинну напруги і струми у номінальному режимі.

2. Накреслити електричну схему заміщення однієї фази приведенного трансформатора, визначити її параметри, розрахувати активну та реактивну

складові напруги короткого замикання, зміну вторинної напруги, наведені значення вторинних напруг і струмів при номінальному навантаженні.

3. Записати рівняння напруг і струмів приведенного трансформатора і накреслити у масштабі його повну векторну діаграму при номінальному навантаженні та заданому значенні коефіцієнта потужності $\cos \varphi_2 = 0,8$,

4. Визначити навантаження кожного трансформатора для випадку, коли їх загальне навантаження при паралельній роботі дорівнює сумі їх номінальних потужностей і напруга короткого замикання (КЗ) другого трансформатора на 8 % більша, ніж першого, яка вказана у табл. 1.1. Номінальні потужності двох трансформаторів, працюючих на паралельну роботу, однакові.

5. Розрахувати і побудувати зовнішні характеристики трансформатора при коефіцієнтах потужності $\cos \varphi_2 = 1,0$ і $\cos \varphi = 0,8$, а також залежність коефіцієнта корисної дії (ККД) від навантаження при тих самих коефіцієнтах потужності. Визначити максимальне значення ККД для двох значень $\cos \varphi_2 = 1,0$ і $\cos \varphi_2 = 0,8$

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

1. Треба пам'ятати, що у трансформаторах відповідно до закону електромагнітної індукції змінний магнітний потік наводить у вторинній обмотці ЕРС(Е) діюче значення якої визначається за формулою

$$E = 4,44 f \omega \Phi_m$$

номінальні потужності обмоток приймаються однаковими і пов'язані із лінійними напругами і струмами співвідношеннями:

$$S = \sqrt{3} U_{1\text{ном}} I_{1\text{ном}} = \sqrt{3} U_{2\text{ном}} I_{2\text{ном}}$$

Фазні значення напруг і струмів визначаються відповідно до схем з'єднання обмоток трансформатора. Схеми з'єднання обмоток задані у табл. 1.1, причому

у чисельнику дробу завжди задається схема з'єднання обмотки високої напруги (ВН), а у знаменнику - обмотки низької напруги (НН).

2. Електрична схема заміщення завжди подається на одну фазу трифазного трансформатора, що треба мати на увазі при визначенні її параметрів у табл. 1.1 втрати P_e і P_m задаються на три фази.

3. Векторна діаграма приведенного трансформатора також будується для однієї фази із використанням основних рівнянь, наведених у [1, с. 240,241], значення якої повинно бути визначено в попередньому пункті, а напрям сумістити із від'ємною дійсною віссю комплексної площини. Використовуючи рівняння трансформатора, їх вектори напруг і струмів відкладають у відповідних масштабах на векторній діаграмі. На ній повинні бути позначення усіх векторів.

4. Якщо напруги короткого замикання U_k не рівні, то при їх збільшенні навантаження номінальної потужності передусім досягає трансформатор із найменшим U_k інші трансформатори при цьому будуть ще недовантажені, і водночас подальше збільшення загального навантаження неприпустиме, тому що перший трансформатор буде перевантаженим. Встановлена потужність трансформаторів залишиться, таким чином, недовикористаною. Рекомендується вмикати на паралельну роботу такі трансформатори, для кожного із яких значення U_k відрізняється від середнього арифметичного значення U_k усіх цих трансформаторів не більше, ніж на $\pm 10\%$ номінальні потужності яких знаходяться у відношенні 1:3.

5. Допустимі перевантаження нормуються ГОСТ-1167-75..

6. Для побудови зовнішньої характеристики $U_2=f(\beta)$ задаються значеннями коефіцієнта навантаження

$\beta = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25$. За напругою $K_3 U_k$ і втратами $K_3 P_k$ визначають складові напруги K_3 :

$$\text{активна складова, \% } U_{ka} = \frac{P_k}{10 S_n};$$

$$\text{реактивна складова, \% } U_{kp} = \sqrt{U_k^2 - U_{ka}^2}$$

Для двох значень $\cos \varphi = 1$, $\cos \varphi = 0,8$ розраховують змінну використаної напруги, %

$$\Delta U = \beta (U_{ka} \cos \varphi + \sin \varphi)$$

Напругу на вторинній обмотці U_2 при переході від холостого ходу до навантаження визначають за формулою $U_2 = U_{2ном} (1 - (\Delta U \times 100))$

Після цього будують зовнішні характеристики $U_2 = f(\beta)$ для двох значень $\cos \varphi = 1$ і $\cos \varphi = 0,8$. Залежність ККД від навантаження $\eta = f(\beta)$ для двох значень $\cos \varphi = 1,0$ і $\cos \varphi = 0,8$ і тих же значень коефіцієнтів навантаження розраховують за формулою, %

$$\eta = \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_k}{\beta S \cos \varphi + P_x + \beta^2 P_k} \right) \times 100.$$

Потім будують залежність ККД $\eta = f(\beta)$ для двох значень

$$\cos \varphi = 1,0 \text{ і } \cos \varphi = 0,8$$

ККД трансформатора має максимальне значення при такому навантаженні, змінні втрати дорівнюють незмінним, таким чином,

$$\eta = \eta_{\max} \text{ при } \eta = \eta_{\max} = \sqrt{\frac{P_0}{P_k}}$$

Знайшовши значення коефіцієнта навантаження, β при якому ККД досягає максимального значення, його підставляють у формулу для визначення ККД і знаходять максимальні значення ККД % для двох значень $\cos \varphi = 1,0$ і $\cos \varphi = 0,8$ і будують характеристику навантаження.

Варіанти останні дві цифри залікової книжки приведені в табл. 1.1. яка наведена нижче.

Таблиця 1.1

Ва- рі- ант	Номинальні значення трансформатора							
	S,кВа	U1,ном кВ	U2,ном кВ	Uк, %	I0,%	P0,кВт.	Pк,кВт.	Схема та група
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	1000	6,3	0,23	8,0	2,0	3,0	12,0	Y Δ -11
02	630	15,75	0,4	5,5	2,0	2,3	8,7	Y Y - 0
03	400	10,75	0,4	6,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
04	250	6,0	0,23	4,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
05	16000	39	10,5	5,5	0,6	17,8	90,0	Y Δ - 11
06	6300	20	3,15	6,5	0,9	9,2	47,0	Y Δ -11
07	25	0,38	0,23	4,5	3,2	0,105	0,6	Y Δ - 11
08	100	6,3	0,23	5,5	2,5	0,31	1,95	Y Δ - 11
09	40	3,15	0,23	4,5	4,3	0,24	0,87	Y Y -0
10	63	0,66	0,4	6,5	2,5	0,22	1,3	Δ Y -11
11	100	20,0	0,69	5,5	2,2	0,43	2,0	Y Δ - 11
12	160	6,3	0,4	4,5	3,9	0,73	2,56	Δ Y - 11
13	250	35,0	10,5	6,5	2,32	0,8	3,54	Y Δ - 11
14	250	10,0	3,15	5,5	2,1	0,92	5,3	Δ Y - 11
15	400	3,0	0,4	4,5	2,0	1,2	7,4	Y Δ -11
16	630	35,0	0,69	6,5	1,4	2,75	12,1	Y Y -0
17	1000	20,0	6/3	5,5	1,3	3,75	15,8	Y Δ -11
18	1800	35,0	6,5	4,5	1,9	1,7	7,3	Y Δ -11
19	630	0,66	4,0	6,5	3,4	0,13	0,56	Δ Y - 11
20	25	6,0	0,69	5,5	3,0	0,15	0 82	Y Δ -11
21	40	10,0	0,23	4,5	4,7	0,4	1,28	Δ Y - 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	900	6,3	0,23	8,0	2,0	3,0	12,0	Y Δ -11
23	60	15,75	0,4	5,5	2,0	2,3	8,7	Y Y - 0
24	450	10,75	0,4	6,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
25	280	6,0	0,23	4,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
26	15000	39	10,5	5,5	0,6	17,8	90,0	Y Δ - 11
27	6100	20	3,15	6,5	0,9	9,2	47,0	Y Δ -11
28	20	0,38	0,23	4,5	3,2	0,105	0,6	Y Δ - 11
29	110	6,3	0,23	5,5	2,5	0,31	1,95	Y Δ - 11
30	35	3,15	0,23	4,5	4,3	0,24	0,87	Y Y-0
31	68	0,66	0,4	6,5	2,5	0,22	1,3	Δ Y -11
32	120	20,0	0,69	5,5	2,2	0,43	2,0	Y Δ - 11
33	138	6,3	0,4	4,5	3,9	0,73	2,56	Δ Y - 11
34	220	35,0	10,5	6,5	2,32	0,8	3,54	Y Δ - 11
35	210	10,0	3,15	5,5	2,1	0,92	5,3	Δ Y - 11
36	390	3,0	0,4	4,5	2,0	1,2	7,4	Y Δ -11
37	610	35,0	0,69	6,5	1,4	2,75	12,1	Y Y -0
38	1080	20,0	6/3	5,5	1,3	3,75	15,8	Y Δ -11
39	1700	35,0	6,5	4,5	1,9	1,7	7,3	Y Δ -11
40	610	0,66	4,0	6,5	3,4	0,13	0,56	Δ Y - 11
41	21	6,0	0,69	5,5	3,0	0,15	0 82	Y Δ -11
42	44	10,0	0,23	4,5	4,7	0,4	1,28	Δ Y - 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	800	6,3	0,23	8,0	2,0	3,0	12,0	Y Δ -11
44	640	15,75	0,4	5,5	2,0	2,3	8,7	Y Y - 0
45	420	10,75	0,4	6,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
46	270	6,0	0,23	4,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
47	17000	39	10,5	5,5	0,6	17,8	90,0	Y Δ - 11
48	6100	20	3,15	6,5	0,9	9,2	47,0	Y Δ -11
49	21	0,38	0,23	4,5	3,2	0,105	0,6	Y Δ - 11
50	108	6,3	0,23	5,5	2,5	0,31	1,95	Y Δ - 11
51	44	3,15	0,23	4,5	4,3	0,24	0,87	Y Y-0
52	60	0,66	0,4	6,5	2,5	0,22	1,3	Δ Y -11
53	107	20,0	0,69	5,5	2,2	0,43	2,0	Y Δ - 11
54	165	6,3	0,4	4,5	3,9	0,73	2,56	Δ Y - 11
55	251	35,0	10,5	6,5	2,32	0,8	3,54	Y Δ - 11
56	252	10.0	3,15	5,5	2,1	0,92	5,3	Δ Y - 11
57	480	3,0	0,4	4,5	2,0	1,2	7,4	Y Δ -11
58	615	35,0	0,69	6,5	1,4	2,75	12,1	Y Y -0
59	1090	20,0	6,3	5,5	1,3	3,75	15,8	Y Δ -11
60	1720	35,0	6,5	4,5	1,9	1,7	7,3	Y Δ -11
61	608	0,66	4,0	6,5	3,4	0,13	0,56	Δ Y - 11
62	1085	19	5,9	5,2	1,1	3,25	14,8	Y Δ - 11
63	245	28	9,5	6,4	2,2	0,9	3,27	Y Δ - 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
64	960	6,3	0,23	8,0	2,0	3,0	12,0	Y Δ -11
65	590	15,75	0,4	5,5	2,0	2,3	8,7	Y Y- 0
66	390	10,75	0,4	6,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
67	240	6,0	0,23	4,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
68	14000	39	10,5	5,5	0,6	17,8	90,0	Y Δ - 11
69	6000	20	3,15	6,5	0,9	9,2	47,0	Y Δ -11
70	21	0,38	0,23	4,5	3,2	0,105	0,6	Y Δ - 11
71	90	6,3	0,23	5,5	2,5	0,31	1,95	Y Δ - 11
72	42	3,15	0,23	4,5	4,3	0,24	0,87	Y Y - -0
73	60	0,66	0,4	6,5	2,5	0,22	1,3	Δ Y -11
74	96	20,0	0,69	5,5	2,2	0,43	2,0	Y Δ - 11
75	140	6,3	0,4	4,5	3,9	0,73	2,56	Δ Y - 11
76	240	35,0	10,5	6,5	2,32	0,8	3,54	Y Δ - 11
77	240	10,0	3,15	5,5	2,1	0,92	5,3	Δ Y - 11
78	410	3,0	0,4	4,5	2,0	1,2	7,4	Y Δ -11
79	610	35,0	0,69	6,5	1,4	2,75	12,1	Y Y -0
80	1100	20,0	6/3	5,5	1,3	3,75	15,8	Y Δ -11
81	1700	35,0	6,5	4,5	1,9	1,7	7,3	Y Δ -11
82	610	0,66	4,0	6,5	3,4	0,13	0,56	Δ Y - 11
83	27	6,0	0,69	5,5	3,0	0,15	0 82	Y Δ -11
84	42	10,0	0,23	4,5	4,7	0,4	1,28	Δ Y - 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
85	1030	6,3	0,23	8,0	2,0	3,0	12,0	Y Δ -11
86	605	15,75	0,4	5,5	2,0	2,3	8,7	Y Y - 0
87	405	10,75	0,4	6,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
88	205	6,0	0,23	4,5	3,0	1,2	5,4	Δ Y -11
89	12000	39	10,5	5,5	0,6	17,8	90,0	Y Δ - 11
90	6100	20	3,15	6,5	0,9	9,2	47,0	Y Δ -11
91	20,5	0,38	0,23	4,5	3,2	0,105	0,6	Y Δ - 11
92	104	6,3	0,23	5,5	2,5	0,31	1,95	Y Δ - 11
93	41	3,15	0,23	4,5	4,3	0,24	0,87	Y Y - 0
94	61	0,66	0,4	6,5	2,5	0,22	1,3	Δ Y -11
95	105	20,0	0,69	5,5	2,2	0,43	2,0	Y Δ - 11
96	167	6,3	0,4	4,5	3,9	0,73	2,56	Δ Y - 11
97	253	35,0	10,5	6,5	2,32	0,8	3,54	Y Δ - 11
98	254	10,0	3,15	5,5	2,1	0,92	5,3	Δ Y - 11
99	418	3,0	0,4	4,5	2,0	1,2	7,4	Y Δ -11
100	618	35,0	0,69	6,5	1,4	2,75	12,1	Y Y - 0

Рекомендована література

1. МіліхВ.І.,ШавьолкінО.О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. - Видавництво «Каравела», 2007. - 688 с.
- 2.Л.В.Дубінець,О.І.Момот,О.Л.Маренич. Електричні машини, Трансформатори, асинхронні машини. - Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. - 200 с.

Навчально-методичне видання

Данилевський Володимир Ілліч

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Методичні вказівки

щодо виконання контрольної роботи з дисципліни «Електрообладнання електровозів» для студентів спеціальності 7.100501 «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту». Спеціалізація: «Виробництво, експлуатація та ремонт локомотивів» для безвідривної форми навчання.

Відповідальний за випуск: Черних Ю.М.

Редактор : Пономаренко Л.В.

Підписано до друку 27.06.2008. Формат 60 x 84.Папір офсетний.
Спосіб друку - ризографія. Замовлення 237-08 тираж 50 примірників

Надруковано у Редакційно-видавничому центрі ДЕТУТ.

Свідоцтво про реєстрацію від 27.12.2007 р. серія ДК № 3079.

03049, м. Київ-049, вул. М. Лукашевича, 19