

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Державний економіко-технологічний університет
транспорту**

Кафедра „Тяговий рухомий склад залізниць”

В. П. Кулешов

Методичні вказівки

**до виконання контрольної роботи
з дисципліни «Електричні залізниці і метрополітени»
для студентів 2 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»
спеціальності 7.05070203 «Електричний транспорт»**

Київ - 2016

УДК 629.4.63

Кулешов В.П.

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Електричні залізниці і метрополітени» для студентів 2 курсу заочної форми навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності 7.05070203 «Електричний транспорт» - К.: ДЕТУТ, 2016. – С. 11.

Рекомендовано кафедрою Тяговий рухомий склад залізниць (протокол № 10 від 23.05.2016) та методичною радою факультету Інфраструктура та рухомий склад залізничного транспорту (протокол № 9 від 25.05.2016 р.) ДЕТУТ.

Автор: *Кулешов В.П.* к.т.н., доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць»

Рецензенти:

Дробаха В.І. – начальник виробничого управління Департаменту локомотивного господарства Укрзалізниці, к.т.н.;

Данилевський В.І. – к.т.н., доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць»

Зміст

1. Завдання на контрольну роботу	4
2. Оформлення контрольної роботи	5
3. Порядок виконання контрольної роботи	5
4. Контрольні питання	9
4. Список рекомендованої літератури	10

1. Завдання на контрольну роботу

1.1. Загальні вказівки.

1.1.1. Метою даної роботи є розрахунок і аналіз основних характеристик, що визначають роботу тягового електричного двигуна (ТЕД) у режимі тяги.

1.1.2. При використанні розрахункових формул необхідно усвідомити, як вони були отримані на основі трьох фундаментальних законів фізики, і які існують функціональні залежності між частотою обертання і швидкістю електровоза, обертовим моментом ТЕД і силою тяги на ободі ведучої колісної пари. Особливу увагу необхідно звернути на взаємозв'язок струму якоря і частоти обертання (швидкості електровоза).

1.2. Вихідні дані тягового двигуна.

1.2.1. Таблиця 1

$P_{дн}$	кВт·год	525	585	650	690	700	775	810	900	790
2_p		4	6	6	6	4	6	6	6	6
2_a		4	6	6	6	4	6	6	6	6
μ		3,90	2,27	3,83	2,73	4,10	4,40	4,63	2,64	4,19
$N_{дн}$	об./хв.	735	600	770	850	905	920	1030	1150	890
$U_{дн}, У$	N	Номер варіанта (остання цифра шифру залікової книжки)								
1600	1050	01	02	03	04	05	06	07	08	09
1500	812	10	11	12	13	13	15	16	17	18
1500	1050	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1100	792	28	29	30	31	32	33	34	35	36
950	696	37	38	39	40	41	42	43	44	45
900	666	46	47	48	49	50	51	52	53	54
1250	792	55	56	57	58	59	60	61	62	63
750	522	64	65	66	67	68	69	70	71	72
1100	928	73	74	75	76	77	78	79	80	81
1500	1218	82	83	84	85	86	87	88	89	90
1500	696	91	92	93	94	95	96	97	98	99
675	616	100	110	120	130	140	150	160	170	180

У таблиці кожний тип тягового двигуна характеризується основними розрахунковими або паспортними номінальними даними. До них належать:

$P_{дн}$, кВт·год – номінальна (що віддається на валу) потужність;

$U_{дн}$, У – номінальна напруга;

$N_{дн}$, об./хв. – номінальна частота обертання.

Приводяться також деякі конструктивні дані, потрібні для виконання контрольної роботи.

2_p – число полюсів двигуна;

2_a – число паралельних гілок обмотки якоря;

N – число провідників обмотки якоря;

μ – передавальне число зубцевої передачі.

1.2.2. Загальні дані для усіх варіантів:

$D_k = 1,25$ – діаметр коліс колісної пари;

$K = 8$ – число осей електровоза;

$\eta_{дн} = 0,94$ – номінальний коефіцієнт корисної дії (далі – ККД).

2. Оформлення контрольної роботи

При виконанні контрольної роботи слід дотримуватись таких положень:

- пояснювальну записку писати на аркушах паперу формату А4 (297×210) з обов'язковим залишенням полів;
- на титульній сторінці потрібно вказати назву міністерства, вищого навчального закладу, кафедри, дисципліни, прізвище та ініціали студента і викладача, цифру шифру заліком книжки, місяць і рік виконання контрольної роботи;
- таблиці повинні бути пронумеровані і мати назви;
- потрібно вказувати розмірність величин, що входять в формулу;
- наприкінці контрольної роботи необхідно вказати перелік використаних джерел (літератури);
- всі розрахунки виконати до десятої величини після коми.

3. Порядок виконання контрольної роботи

3.1. Розрахувати номінальний струм тягового електричного двигуна (далі – ТЕД)

$$I_{\partial n} = \frac{P_{\partial n} \times 10^3}{U_{\partial n} \times \eta_{\partial n}}, \quad A, \quad [1]$$

де $P_{\partial n}$,– номінальна корисна потужність на валу ТЕД, кВт·год;
 $U_{\partial n}$, – номінальна напруга, У;
 $\eta_{\partial n}$ – коефіцієнт корисної дії ТЕД ($\eta_{\partial n} = 0,94$).

3.2 Використовуючи рівняння стану електричного кола ТЕД, розрахувати електричну рухому силу (далі – ЕДС), індуквану в обмотці якоря при номінальному режимі.

3.2.1. Величина опору обмоток двигуна звичайно вказується заводом-виготовлювачем. У даному випадку вона невідома і для виконання контрольної роботи визначається орієнтовно по заданому падінню напруги при номінальному режимі.

$$I_{\partial n} \cdot \Gamma_{\partial} = 0,04U_{\partial n} \quad [2]$$

Звідки

$$\Gamma_{\partial} = \frac{0,04U_{\partial n}}{I_{\partial n}}, \quad Ом \quad [3]$$

Отримано з цього співвідношення величина Γ_{∂} використовується у всіх наступних розрахунках.

3.2.2. Величина індукованої ЕРС

$$E_{\partial n} = C_n \cdot \Phi_n \cdot n_{\partial n} = U_{\partial n} - I_{\partial n} \cdot \Gamma_{\partial}, \quad У \quad [4]$$

3.3 Визначення магнітного потоку ТЕД при номінальному режимі.

3.3.1 Конструктивна постійна

$$C_n = \frac{P}{a} \times \frac{N}{60}, \quad \frac{В}{об/мин}, \quad [5]$$

де P – число пар полюсів двигуна;
 a – число пар рівнобіжних гілок обмотки якоря;
 N – число провідників обмотки якоря.

3.3.2 Номінальний магнітний потік

$$\Phi_n = \frac{E_{\partial n}}{C_n \times n_{\partial n}}, \quad Вб, \quad [6]$$

де $n_{\text{дн}}$ – номінальна частота обертання, об./хв.

3.4 Розрахувати і побудувати криву намагнічування ТЕД.

3.4.1 Для виконання даної контрольної роботи крива намагнічування задається у вигляді залежності магнітного потоку двигуна від струму збудження I_z і Φ_z (табл. 2).

Таблиця 2

Струм збудження I_z / I_{zn}	0,25	0,5	0,75	1,00	1,50
I_z, A					
Магнітний потік Φ / Φ_n	0,50	0,76	0,90	1,00	1,11
Φ, B_{σ}					

3.4.2 Щоб одержати криву намагнічування для заданого варіанта, потрібно перерахувати дані, таблиці 2 в абсолютні значення. Кожне значення розраховується за умови:

$$I_z = \left(\frac{I_z}{I_{zn}} \right) \times I_{zn}, \quad A,$$

$$\Phi = \left(\frac{\Phi}{\Phi_n} \right) \times \Phi_n, \quad B_{\sigma}.$$

3.4.3 Результати розрахунків заносяться в графі 2, 4 таблиці 2, побудувати залежність $\Phi(I_z)$.

3.5. Розрахувати і побудувати електромеханічні характеристики ТЕД.

3.5.1 Швидкісна характеристика $n(I_z)$.

а) визначити частоту обертання в залежності від струму якоря для п'яти значень струмів, визначених у пункті 3.4.

$$n_{\text{дв}} = \frac{U_n - I_{\text{дв}} \times \Gamma}{C_{\text{л}} \Phi}, \quad \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \quad [7]$$

б) побудувати залежність $n(I_z)$.

3.5.2. Характеристика електромагнітного моменту $M_{\text{д}}(I_a)$

а) розрахувати конструктивну постійну для обертаючого моменту

$$C_M = \frac{P}{a} \times \frac{N}{2\pi}; \quad [8]$$

б) розрахувати залежність електромагнітного моменту для п'яти значень струму якоря (пункт 3.4.)

$$M_{\partial} = C_M \cdot \Phi \cdot I_{\partial}, \text{ Н} \quad [9]$$

в) побудувати залежність $M_{\partial} (I_{\partial})$

3.6. Розрахувати і побудувати електротягові характеристики.

3.6.1. Швидкісна характеристика

а) визначити конструктивну постійну для обчислення ЕРС

$$C_V = 5,3 \frac{\mu}{D_K} \times C_M, \quad [10]$$

де μ – передатне число зубцевої передачі;

D_K – діаметр коліс колісної пари якоря.

б) розрахувати залежність $V (I_{\partial})$ для 5-ти значень струму якоря (п.3.4.)

$$V = \frac{U_{\partial n} - I_{\partial} \times \Gamma_{\partial \partial e}}{C_V \times \Phi}, \quad \frac{\text{кМ}}{\text{ч}}, \quad [11]$$

в) побудувати залежність $V (I_{\partial})$

3.6.2. Електротягова характеристика

а) визначити конструктивну постійну для обчислення сили тяги одного двигуна

$$C_F = C_M \frac{\mu}{P_K}, \quad [12]$$

де P_K – радіус колісної пари, м.

б) розрахувати значення дотичної сили тяги $F_{\kappa \partial l} (I_{\partial})$ для 5-ти значень струму якоря (п. 3.4.)

$$F_{\kappa \partial l} = C_F \cdot \Phi \cdot I \cdot \eta_F, \quad [13]$$

де η_F – коефіцієнт, що враховує втрату сили тяги в процесі перетворення електричної енергії в механічну

$$\eta_F = \eta_M \cdot \eta_{zn} = 0,97 \cdot 0,97 = 0,94$$

де η_{zn} – коефіцієнт, що враховує втрати моменту на подолання тертя в зубцевій передачі $\eta_{zn} = 0,97$;

в) побудувати залежність $F_{к\partial l}(I_{я})$

3.7. На основі розрахованих залежностей $V(I_{я})$ і $F_{к\partial l}(I_{я})$ побудувати тягові характеристики однієї колісної пари і восьмивісного електровоза $F_{к}(V)$.

$$F_R = K \cdot F_{к\partial}, \quad [14]$$

де K - число осей електровоза ($K = 8$).

3.8 Навантаження на вісь 230 кН і коефіцієнт зчеплення

$$\Psi_{сц x max} = 0,33$$

Визначити і показати на графіку максимально допустиму силу тяги електровоза за умови зчеплення

$$F_{сц x max} = \Psi_{сц x max} \cdot P_{сц}, \text{ кН}, \quad [15]$$

4. Контрольні питання

1. Поняття про електромагнітну індукцію.
2. Закон Ома.
3. Визначення опору обмоток ТЕД постійного струму.
4. Порядок побудови кривої намагнічування.
5. Визначення частоти обертання ТЕД.
6. Порядок побудови швидкісної характеристики.
7. Поняття про дотичну силу тяги і її виникнення.
8. Порядок побудови електротягової характеристики.
9. Як залежить сила тяги від коефіцієнта зчеплення?
10. За якою формулою розраховується потужність ТЕД?
11. Будова головних полюсів ТЕД і їх призначення.
12. Будова додаткових полюсів ТЕД.
13. Принцип роботи ТЕД.
14. Перший закон Кіргофа.
15. Будова якоря ТЕД

5. Список рекомендованої літератури

1. *Зорохович А.Е., Крилов С.С.* Основы электротехники для локомотивных бригад. – М.: Транспорт, 1980. – 167 с.
2. *Осипов С.И.* Основы электрической и тепловозной тяги. – М.: Транспорт, 1985. - 280 с.
3. *Калинин В.К.* Электровозы и электропоезда. – М.: Транспорт, 1991.

Державний економіко-технологічний університет транспорту

**Методичні вказівки
до виконання контрольної роботи
з дисципліни «Електричні залізниці і метрополітени»
для студентів 2 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»
спеціальності 7.05070203 «Електричний транспорт»**

Відповідальний за випуск: В.П. Кулешов

В редакції автора
Укладач: Кулешов В.П.