

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Локомотиви»

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Методичні вказівки до виконання курсової роботи
та дипломного проєктування

Укладач: Є. Б. Боднар
М. І. Капіца
В. Н. Сердюк

Дніпро – 2022

УДК 629.424.-83/075.8/

Укладачі:

Боднар Євген Борисович

Капіца Михайло Іванович

Сердюк Володимир Никандрович

Рекомендовано до друку МКФ ТІ (протокол № 5 від «22» квітня 2022 р.)

Зареєстровано НМВ ДНУЗТ (реєстр. № 557 від «16» чervня 2022 р.)

Електричне обладнання локомотивів : методичні вказівки до виконання курсової роботи та дипломного проектування / уклад.: Є. Б. Боднар, М. І. Капіца, В. Н. Сердюк; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро, 2022. – 53 с.

Методичні вказівки містять теоретичні відомості та методику виконання курсової роботи. Видання сприяє кращому засвоюванню теоретичного матеріалу та набутих практичних навичок. Наведені матеріали можуть бути використані для самостійної роботи та під час підготовки до контрольних заходів.

Для студентів усіх форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» за ОПП «Локомотиви та локомотивне господарство» спеціальності 273 «Залізничний транспорт».

Іл. 15. Табл. 12. Бібліогр.: 9 назв.

© Боднар Є. Б., Капіца М. І., Сердюк В. Н.,
укладання, 2022

© Вид-во Укр. держав. ун-т науки і технологій,
редагування, оригінал-макет, 2022

ЗМІСТ

Вступ	3
1. ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛОВОЗА.....	7
2. ЗОВНІШНЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕРАТОРА	9
3. ВИБІР СХЕМИ З'ЄДНАННЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ	11
4. ПОПЕРЕДНЄ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРА ЯКОРЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА	15
5. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ.....	17
6. РОЗРАХУНКИ ПРИВЕДЕНОГО ОБ'ЄМУ Й ДОВЖИНИ ЯКОРЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА.....	19
7. РОЗРАХУНКИ ОБМОТКИ ЯКОРЯ Й РОЗМІРІВ ПАЗА	20
8. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА РОЗМІРІВ ЩІТОК ТА ВСТАНОВЛЕННЯ РОБОЧОЇ ДОВЖИНИ КОЛЕКТОРА.....	28
9. РОЗРАХУНКИ ДОВЖИНИ ДІЛЯНОК МАГНІТНОГО КОЛА ЕЛЕКТРОДВИГУНА.....	29
10. ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНИХ НАПРУГ ДІЛЯНОК МАГНІТНОГО КОЛА МАШИНИ	32
11. РОЗРАХУНКИ ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ Й ОБМОТКИ ДОДАТКОВИХ ПОЛЮСІВ	33
12. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА	37
13. РОЗРАХУНКИ Й ПОБУДОВА МАГНІТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДВИГУНА	39
14. РОЗРАХУНКИ І ПОБУДОВА ШВИДКІСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	41
15. РОЗРАХУНКИ Й ПОБУДОВА ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ХАРАКТЕРИСТИКИ ККД ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА	43
16. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХОВАНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ТА ЙОГО ПРОТОТИПУ	45
Бібліографічний список	46
ДОДАТОК 1	47
ДОДАТОК 2	49

ВСТУП

Метою курсової роботи є освоєння методики розрахунку та вибір основних параметрів, характеристик, принципових схем електричної передачі за розрахунковими характеристиками та довідковими даними серійних тягових електричних машин, а також розробка креслення тягових електричних машин та креслення принципових електричних схем локомотивів.

Метою методичних рекомендацій є досягнення компетентностей, передбачених освітньо-професійною програмою, а саме:

- розрізняти типи та серії локомотивів, їх системи, агрегати та вузли з визначенням вимог до їхньої конструкції, параметрам та характеристикам;
- здатність організовувати експлуатацію локомотивів, їх систем, агрегатів та вузлів, з обґрунтуванням структури управління експлуатацією, технічного обслуговування та ремонту;
- здатність аналізувати техніко-економічні та експлуатаційні показники локомотивів, їх систем, агрегатів та вузлів з метою виявлення та усунення негативних чинників та підвищення ефективності виробничого процесу.

Контрольне завдання сприяє досягненню студентами таких результатів навчання:

- ідентифікувати типи та серії локомотивів, їх системи, агрегати, вузли та вимоги до їх характеристик та параметрів;
- визначати параметри локомотивів, їх систем, агрегатів та вузлів шляхом проведення вимірального експерименту з оцінкою його результатів;
- виконувати розрахунок основних характеристик та параметрів технологічних процесів виробництва, експлуатації та ремонту локомотивів, їх систем, агрегатів та вузлів з метою їх порівняння та формування управлінських рішень щодо подальшого функціонування підприємства з оцінкою якості його продукції
- розраховувати техніко-економічні та експлуатаційні показники локомотивів, їх систем, агрегатів та вузлів.

Проектування тягового електродвигуна починають з базової конструкції, у якій змінюють деякі параметри з метою виконання вимог завдання.

Для тягових електродвигунів граничної потужності основні розміри якоря (діаметр $D_{\text{я}}$ і довжина $l_{\text{я}}$) необхідно застосовувати максимально допустимими за умов розміщення двигунів у візках тепловоза. Для діаметра колеса $D_{\text{к}} = 1\,050$ мм застосовують якір діаметром 493 мм.

Електродвигуни магістральних тепловозів мають струми тривалого режиму 600...1 000 А. При такому струмі обмотку якоря доцільно виконати простою петльовою з одним витком у секції і вирівнювачами першого роду з боку колектора. Максимальне значення діаметра колектора $D_{\text{кол}}$ обмежене шириною колекторної пластини та умовами проходження охолоджувального повітря через якір. Оптимальний діаметр колектора для існуючих та

перспективних тепловозів $D_{\text{кол}} = 400$ мм. Кількість колекторних пластин обмежується розміром колекторної поділки, яка не повинна бути меншою ніж 5 мм. Досвід проектування та експлуатації показав, що найбільш ефективною кількістю колекторних пластин на паз є $n_k = 4$. Для $D_{\text{я}} = 493$ мм кількість полюсів може становити 4 або 6. Станина шестиполюсного електродвигуна наближається до циліндра, що менш зручно при опорно-осьовому підвішуванні, ніж восьмигранна форма чотириполюсного електродвигуна. Для найбільшої потужності $P_{\text{д}} = 450$ кВт, якої може досягати електродвигун з $D_{\text{я}} = 493$ мм, допустима частота обертання якоря $n_{\text{max}} = 37 \text{ с}^{-1}$.

Електромагнітний розрахунок тягових машин постійного струму рекомендовано починати з обмотки якоря, його пазів та колектора, після чого необхідно визначити величину повітряного зазору; далі виконується розрахунок магнітного кола, полюсів, інших параметрів та характеристик.

Тягові двигуни постійного струму є основою сучасного серійного виробництва рухомого складу. У методичних вказівках витриманий традиційний підхід до їх розрахунку й проектування.

Завдання на курсову роботу. Під час виконання курсової роботи повинні бути вирішені такі завдання:

1. Визначити початкові параметри передачі потужності тепловоза.
2. Розрахувати зовнішню характеристику генератора.
3. Вибрати схеми з'єднання тягових двигунів та основного електрообладнання й визначити їх розрахункові параметри.
4. Попередньо визначити діаметр якоря електродвигуна.
5. Визначити параметри зубчатої передачі.
6. Виконати розрахунки приведенного об'єму й довжини якоря електродвигуна.
7. Виконати розрахунки обмотки якоря та розмірів паза.
8. Виконати вибір кількості та розмірів щіток, встановити робочу довжину колектора.
9. Виконати розрахунки довжини ділянок магнітного кола електродвигуна.
10. Визначити магнітні напруги ділянок магнітного кола машини.
11. Розрахувати обмотки збудження й обмотки додаткових полюсів.
12. Визначити коефіцієнт корисної дії тягового електродвигуна.
13. Розрахувати й побудувати магнітну характеристику електродвигуна.
14. Розрахувати й побудувати швидкісні характеристики.
15. Розрахувати й побудувати тягові характеристики й характеристики ККД тягового електродвигуна.
16. Проаналізувати параметри розрахункового електродвигуна та прототипу.
17. Виконати розробку конструкції тягового електродвигуна.

У графічній частині проекту повинно бути розроблено креслення тягового двигуна, його елементів за завданням викладача.

Курсову роботу необхідно виконувати, обдуманно застосовуючи розрахункові формули й ретельно перевіряючи висновки та результати розрахунків. Недопустиме механічне застосування формул і виконання за ними розрахунків. Ці методичні вказівки не звільняють студента від необхідності глибоко й уважно розібратися в питаннях, що розглядаються, використовуючи рекомендовану літературу.

Під час виконання курсової роботи необхідно дотримуватися таких правил.

Робота повинна бути виконана у зошиті, складеному зі стандартних аркушів паперу (розміром 210×297 мм), з обов'язковими полями для зауважень рецензента; на обкладинці зошита необхідно вказати дисципліну, курс, прізвище, ініціали та шифр студента, а також рік видання завдання для курсового проекту, відповідно до якого він виконується. Робота повинна бути написана акуратно, розбірливим почерком, без скорочення слів або зі скороченнями, що відповідають чинним стандартам.

Вихідні дані обов'язково повинні бути наведені на початку роботи.

Розрахунки необхідно супроводжувати поясненнями. Розрахункові формули слід наводити спочатку в загальному вигляді із застосуванням прийнятих літературних позначень, після чого підставити у формулу числові значення величин і проставити результат. Наприклад:

$$b_{\Pi} = b_M i + b_{B.i} i + b_{K.i} + b_{\Pi.i} + b_y ,$$

$$b_{\Pi} = 1,68 \cdot 4 + (0,37...0,9) \cdot 4 + 1 + 2 \cdot 0,1 + (0,2...0,3) = 9,6...11,82 \text{ мм.}$$

Необхідно вказати, що являють собою величини, які входять у формулу, обов'язково проставляючи для іменованих величин їхні одиниці виміру.

При виборі розрахункових величин і параметрів, використанні таблиць, формул, довідкових матеріалів потрібно посилається на джерела; список використаної літератури (автор, назва книги, місце та рік видання) слід навести в кінці проекту.

Матеріал потрібно викладати з дотриманням прийнятої в технічній літературі термінології.

Точність обчислень до 1 % є достатньою при розрахунках.

Графічна частина проекту виконується на аркуші формату А1.

Таблиці та графіки необхідно укласти в зошит так само, як і сторінки з текстом (у корінець зошита), не повертаючи їх на 90°, щоб ними було зручно користуватися (не варто приклеювати графіки й таблиці до полів сторінок). Вкладати графіки й таблиці в зошит потрібно відразу ж за тією сторінкою, де є перше посилання на них.

Сторінки проекту, ілюстрації, таблиці й графіки мають бути пронумеровані. Таблиці повинні мати назву, ілюстрації і графіки – підписані підписи.

Готова робота повинна бути відісланий до університету не пізніше терміну, встановленого календарним планом (для студентів безвідривної форми навчання).

Курсова робота, у якій не дотримані викладені вище положення, а також робота, що виконана студентом не за своїм варіантом, не рецензується.

Перевірену робота з виправленнями й доповненнями, зробленими на вимогу рецензента, потрібно зберігати, оскільки її необхідно захистити.

1. ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛОВОЗА

Розрахункова сила тяги, кН, визначається з умови реалізації коефіцієнта тяги на розрахунковому підйомі

$$F_{\text{др}} = P_{\text{зч}} \psi_{\text{др}}, \quad (1.1)$$

де $P_{\text{зч}}$ – зчіпна вага тепловоза, кН;

$\psi_{\text{др}}$ – коефіцієнт тяги.

Залежно від типу локомотива:

– $\psi_{\text{др}} = 0,13 \dots 0,15$ – для пасажирських тепловозів;

– $\psi_{\text{др}} = 0,18 \dots 0,20$ – для вантажних тепловозів.

Швидкість на розрахунковому підйомі, км/год,

$$V_{\text{р}} = 3,6 \frac{N_{\text{д}} \eta_{\text{п}}}{F_{\text{др}}}, \quad (1.2)$$

де $N_{\text{д}}$ – вільна потужність силової установки локомотива, кВт;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД електричної передачі залежно від її типу:

– постійного струму

$$\eta_{\text{п}} = \eta_{\text{г}} \eta_{\text{тд}} \eta_{\text{зп}}; \quad (1.3a)$$

– змінно-постійного струму

$$\eta_{\text{п}} = \eta_{\text{г}} \eta_{\text{ву}} \eta_{\text{тд}} \eta_{\text{зп}}, \quad (1.3b)$$

де $\eta_{\text{г}}$ – ККД тягового генератора;

$\eta_{\text{ву}}$ – ККД випрямної установки;

$\eta_{\text{тд}}$ – ККД тягових двигунів;

$\eta_{\text{зп}}$ – ККД зубчастої передачі тягових двигунів, редукторів.

$$N_{\text{д}} = N_{\text{е}} - N_{\text{доп}}, \quad (1.4)$$

де $N_{\text{е}}$ – ефективна потужність силової установки, кВт;

$N_{\text{доп}}$ – потужність допоміжних агрегатів тепловоза, кВт.

$$N_{\text{доп}} = (0,08 \dots 0,11) N_{\text{е}}. \quad (1.5)$$

Потужність генератора, кВт, що віддається на тягові електродвигуни

$$P_{\text{г}} = N_{\text{д}} \eta_{\text{г}} \eta_{\text{ву}}. \quad (1.6)$$

ККД випрямної установки $\eta_{\text{ву}}$ враховується тільки для тепловозів з передачею змінно-постійного струму.

Потужність тягового двигуна, кВт:

$$P_{\text{тд}} = \frac{P_{\text{г}}}{c}, \quad (1.7)$$

де c – кількість тягових двигунів секції тепловоза, $c = 6$.

Оформлення кроку

Згідно із завданням: $P_{\text{зч}} = \dots$ кН, $N_{\text{е}} = \dots$ кВт.

Для заданого типу тепловоза приймаємо: $\psi_{\text{др}} = \dots$; $\eta_{\text{г}} = \dots$; $\eta_{\text{тд}} = \dots$; $\eta_{\text{зп}} = \dots$; $\eta_{\text{ву}} = \dots$.

Розрахункова сила тяги: $F_{\text{др}} = \dots$ кН.

ККД передачі: $\eta_{\text{п}} = \dots$.

Потужність допоміжних навантажень: $N_{\text{доп}} = \dots$ кВт.

Вільна потужність силової установки: $N_{\text{д}} = \dots$ кВт.

Швидкість на розрахунковому підйомі: $V_{\text{р}} = \dots$ км/ч.

Потужність генератора: $P_{\text{г}} = \dots$ кВт.

Потужність тягового двигуна: $P_{\text{тд}} = \dots$ кВт.

2. ЗОВНІШНЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕРАТОРА

Ідеальна характеристика головного генератора тепловоза відповідає умові $U_{\Gamma} I_{\Gamma} = \text{const}$ у діапазоні від $I_{\Gamma \min}$ до $I_{\Gamma \max}$.

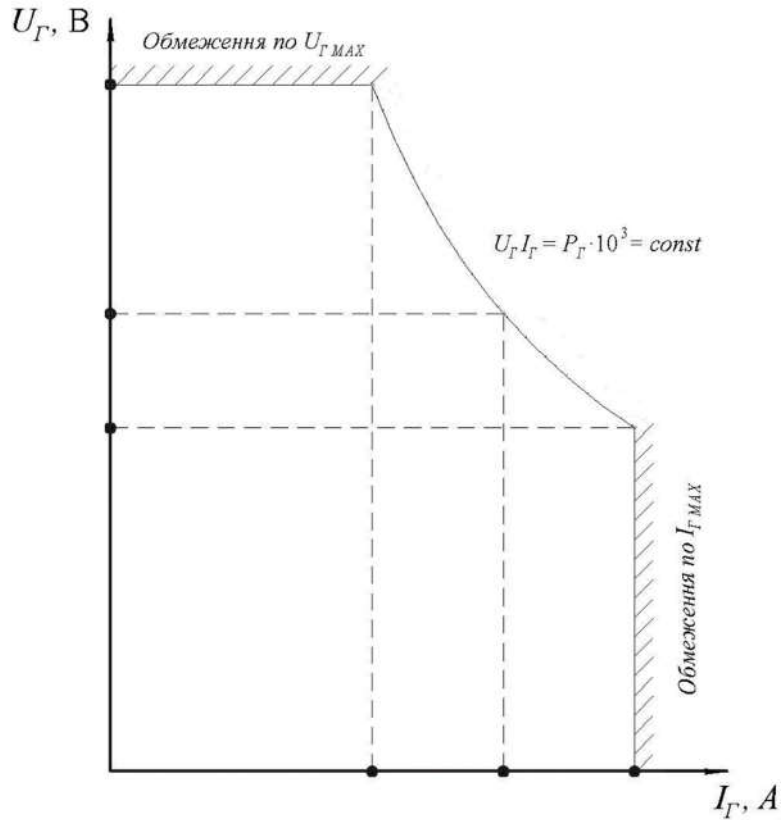


Рис. 1. Зовнішня характеристика тягового генератора

З досвіду проектування й експлуатації тепловозів потужністю більше 1 000 кВт раціонально приймати напругу на виході генератора для тепловозів з паралельним з'єднанням тягових електродвигунів: $U_{\Gamma \max} = U_{d \max} = 700 \dots 750$ В.

У межах гіперболічної частини характеристики генератора лежить його номінальний «тривалий» струм навантаження, який відповідає розрахунковій силі тяги при швидкості на розрахунковому підйомі. Відповідна цьому значенню струму номінальна напруга генератора $U_{\Gamma \text{ ном}}$ перебуває в певному співвідношенні з найбільшою напругою $U_{\Gamma \max}$.

Кратність зміни напруги називається коефіцієнтом регулювання генератора за напругою K_{Γ}^U :

$$K_{\Gamma}^U = \frac{U_{\Gamma \max}}{U_{\Gamma \text{ ном}}} = 1,4 \dots 1,6. \quad (2.1)$$

Приймаємо $K_{\Gamma}^U = 1,5$.

Відповідно номінальна напруга дорівнює

$$U_{\Gamma. \text{ ном}} = \frac{U_{\Gamma \text{ max}}}{1,5}. \quad (2.2)$$

Номінальний струм генератора, А,

$$I_{\Gamma. \text{ ном}} = \frac{P_{\Gamma} \cdot 10^3}{U_{\Gamma. \text{ ном}}}. \quad (2.3)$$

Мінімальний струм генератора, А,

$$I_{\Gamma \text{ min}} = \frac{P_{\Gamma} \cdot 10^3}{U_{\Gamma \text{ max}}}. \quad (2.4)$$

Кратність зміни струму генератора називається коефіцієнтом регулювання генератора за струмом K_{Γ}^I

$$K_{\Gamma}^I = \frac{I_{\Gamma \text{ max}}}{I_{\Gamma \text{ min}}} = 1,8 \dots 2,0. \quad (2.5)$$

Приймаємо $K_{\Gamma}^I = 2,0$.

Відповідно максимальний струм

$$I_{\Gamma \text{ max}} = K_{\Gamma}^I I_{\Gamma \text{ min}}. \quad (2.6)$$

Мінімальна напруга генератора

$$U_{\Gamma \text{ min}} = \frac{P_{\Gamma} \cdot 10^3}{I_{\Gamma \text{ max}}}. \quad (2.7)$$

Для більш точної побудови зовнішньої характеристики головного генератора виконуємо проміжні розрахунки значень струмів і напруг

$$U'_{\Gamma} = 0,85 \cdot U_{\Gamma. \text{ ном}}; \quad (2.8)$$

$$I'_{\Gamma} = \frac{P_{\Gamma} \cdot 10^3}{0,85 \cdot U_{\Gamma. \text{ ном}}}; \quad (2.9)$$

$$U_{\Gamma}'' = 1,25 \cdot U_{\Gamma. \text{ ном}}; \quad (2.10)$$

$$I_{\Gamma}'' = \frac{P_{\Gamma} \cdot 10^3}{1,25 \cdot U_{\Gamma. \text{ ном}}}; \quad (2.11)$$

Згідно з отриманими даними будуюмо зовнішню характеристику тягового генератора, обмежену гіперболою $U_{\Gamma} I_{\Gamma} = P_{\Gamma} \cdot 10^3$ й прямими $U_{d \text{ max}}$ і $I_{d \text{ max}}$ (рис. 1).

Оформлення кроку

Приймаємо:

максимальна напруга: $U_{\Gamma \text{ max}} = \dots$ В,

коефіцієнт регулювання:

– за напругою $K_{\Gamma}^U = 1,5$,

– за струмом $K_{\Gamma}^I = 2,0$.

Номінальна напруга $U_{\Gamma. \text{ ном}} = \dots$ В.

Номінальний струм $I_{\Gamma. \text{ ном}} = \dots$ А.

Мінімальний струм: $I_{\Gamma \text{ min}} = \dots$ А.

Максимальний струм: $I_{\Gamma \text{ max}} = \dots$ А.

Мінімальна напруга: $U_{\Gamma \text{ min}} = \dots$ В.

Зовнішня характеристика генератора (графік).

3. ВИБІР СХЕМИ З'ЄДНАННЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ

Згідно з вихідними даними, а саме за ефективною потужністю дизеля й типом електричної передачі, студент приймає прототип локомотива (ТЕ10 або ТЕ116).

На рис. 2, 3 наведено схеми заданих електричних передач, а в табл. 1, 2 типи й параметри прототипів основного електрообладнання.

Регулювання двигунів у схемі електропередачі тепловоза здійснюється за рахунок зміни напруги й магнітного потоку.

Для подальших розрахунків приймаємо коефіцієнт ослаблення поля двигунів. При двох ступенях: ОП1 – $\beta_1 = 0,5 \dots 0,6$, ОП2 – $\beta_2 = 0,3 \dots 0,4$.

Напруга на затискачах двигуна, В:

$$U_{\text{ТД. ном}} = U_{\Gamma. \text{ ном}} = U_{d \text{ ном}}. \quad (3.1)$$

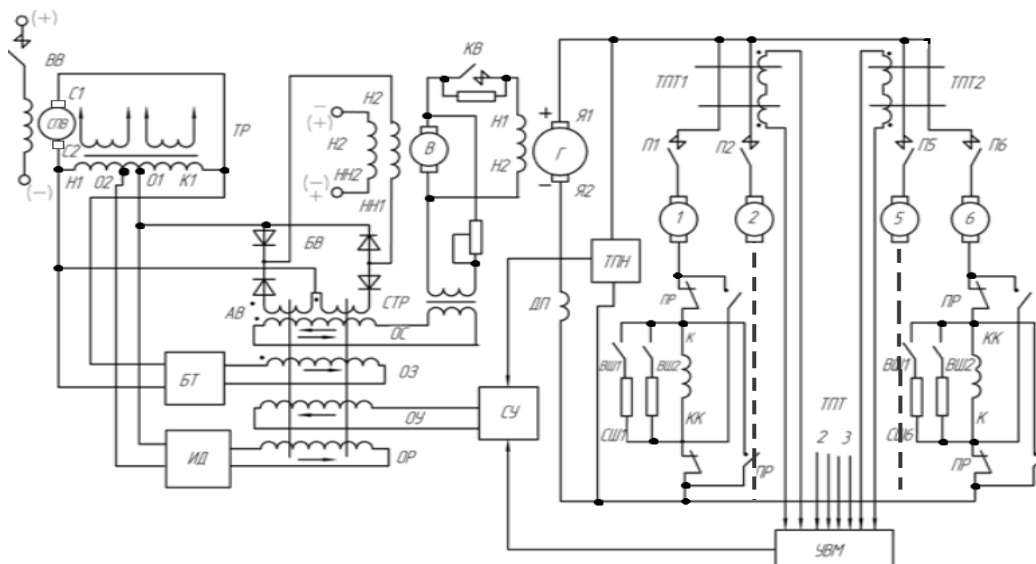


Рис. 2. Схема електричної передачі постійного струму

Номинальний струм, А, тягового електродвигуна:

$$I_{\text{ТД.ном}} = \frac{I_{\text{Г. ном}}}{m_{\text{пар}}} = \frac{I_{d \text{ ном}}}{m_{\text{пар}}} . \quad (3.2)$$

де $m_{\text{пар}}$ – кількість паралельних розгалужень двигунів, $m_{\text{пар}} = 6$.

Перед вибором основного електрообладнання потрібно перевірити виконання таких умов:

$$P_{\text{Г. ном}} \leq P_{\text{Г. пр}}, \text{ кВт}, U_{\text{Г. ном}} \leq U_{\text{Г. пр}}, \text{ В}, I_{\text{Г. ном}} \leq I_{\text{Г. пр}}, \text{ А}.$$

Оформлення кроку

Для проектного тепловоза, що розраховується, потужністю__кВт приймаємо прототип до заданої схеми електричної передачі. У таблиці наведений вибір основного електрообладнання.

Приймаємо два ступені ослаблення поля: $\beta_1 = \dots \%$; $\beta_2 = \dots \%$.

Номинальна напруга двигунів $U_{\text{ТД.ном}} = \dots \text{ В}$.

Номинальний струм $I_{\text{ТД.ном}} = \dots \text{ А}$.

Таблиця 1

Вибір основного електрообладнання передачі постійного струму

Пристрій	Тип	P , кВт	U , В	I , А	Кількість	Поз. на схемі
Тяговий генератор	ГП-311Б	2000	465	4320	1	Г
Тяговий двигун	ЭД-118Б	305	463	720	6	1-6
Збуджувач	В600	22,5	180	125	1	В
Синхронний підбуджувач	ВС652	0,55	110	10	1	СПВ
Електропневматичний контактор	ПК-753Б	—	900	830	6	П1–П6
Реверсор	ППК 8063	—	900	1000	1	ПР
Груповий контактор ослаблення поля	ПКГ-565	—	20	450	2	ВШ1, ВШ2
Амплістат збудження	АВ-3А	—	30	10	1	АВ

Таблиця 2

Вибір основного електрообладнання передачі змінно-постійного струму

Пристрій	Тип	P , кВт	U , В	I , А	Кількість	Поз. на схемі
Тяговий генератор	ГС-501А	2 800	360	2 400	1	Г
ТЕД	ЭД-118Б	305	463	720	6	1-6
Синхронний збуджувач	ВС650В	26	287	146	1	СВ
Керований випрямник збудження	БВК-1012	—	200	220	1	УВВ
Реверсор	ППК 8063	—	900	1 000	1	ПР
Груповий контактор ослаблення поля	ПКГ-565	—	20	450	2	ВШ1, ВШ2
Силовa випрямна установка	УВКТ-5	4 200	750	5 700	1	ВУ
Електропневматичний контактор	ПК-753Б	—	900	830	6	П1–П6
Блок керування випрямником	БА-520	—	—	—	—	БУВ

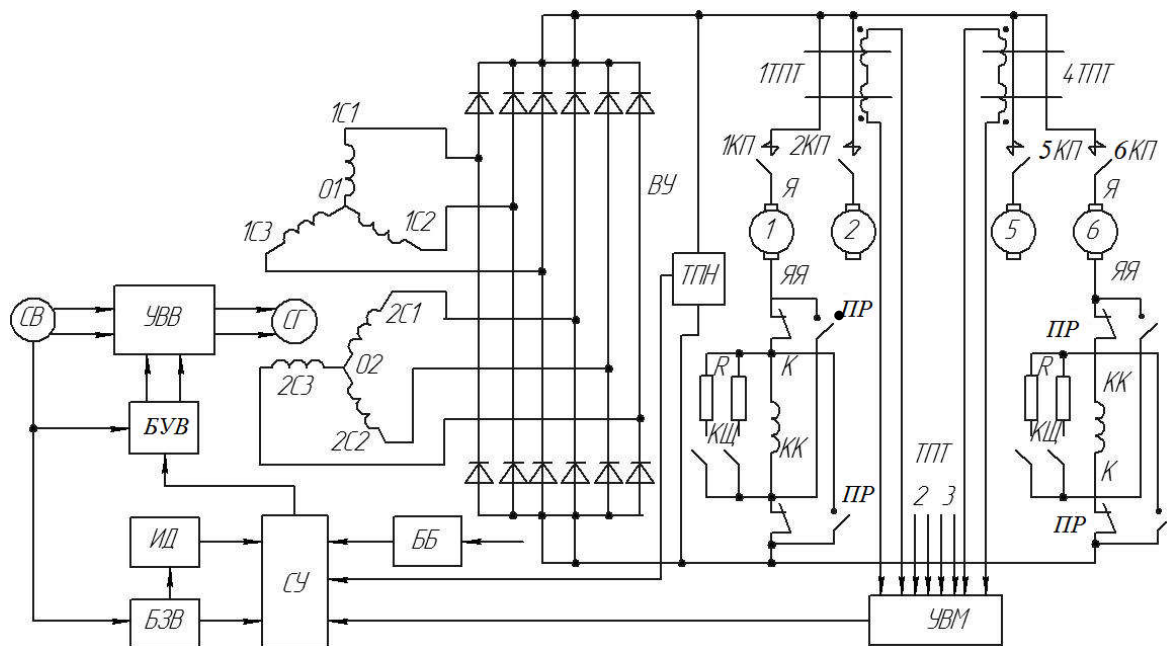


Рис. 3. Схема електричної передачі змінно-постійного струму

4. ПОПЕРЕДНЄ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРА ЯКОРЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Діаметр якоря тягової машини визначається з умов розміщення необхідної кількості пазів з провідниками якорної обмотки й отримання зубців такого поперечного перерізу, при якому б не виникало їх нагрівання, більше за допустимі значення. У деяких випадках діаметр якоря, вибраний при дотриманні цих вимог, необхідно збільшувати через потребу розміщення великої кількості колекторних пластин на колекторі або вентиляційних каналів у залізі якоря.

Особливість проектування електричної машини постійного струму полягає в тому, що вибір оптимальної форми паза й зубця можна зробити тільки відносно конкретного діаметра якоря. Тому при розрахунках попередньо визначаємо діаметр якоря і для нього виконуємо розрахунок зубцевого шару й магнітного кола двигуна.

На основі аналізу вже побудованих машин була отримана формула, яка дозволяє орієнтовно вибирати діаметр якоря, мм:

$$D_{\text{я}} = K \sqrt[3]{\frac{P_{\text{тд}}}{n_{\text{я.ном}}}}. \quad (4.1)$$

Для отримання якісних вагомих показників тягової машини необхідно максимально можливо підвищувати швидкість обертання.

Максимальна колова швидкість якоря за умов механічної міцності

клинового кріплення обмотки приймається $V_{я\max} = 65...70$ м/с.

Але при існуючій зараз технології виготовлення колектора й для забезпечення надійного струмознімання з нього рекомендується приймати $V_{я\max} = 60...65$ м/с. Замінюючи у формулі (4.1) $n_{я.ном}$ і враховуючи, що

$$V_{я} = \frac{\pi D_{я} n_{я.ном}}{60 \cdot 10^3}, \quad (4.2)$$

одержимо

$$D_{я} = K \sqrt[3]{\frac{P_{ТД.ном}}{V_{я.ном}}}, \quad (4.3)$$

де K – коефіцієнт ізоляції: для класу ізоляції F дорівнює 150...180, для класу ізоляції H – 160...190.

Номінальну колову швидкість якоря, м/с, визначаємо за заданою максимальною і мінімальною швидкостями локомотива із співвідношення:

$$\frac{V_{\max}}{V_{ном}} = \frac{V_{я\max}}{V_{я.ном}}; \quad (4.4)$$

$$V_{я.ном} = \frac{V_{ном}}{V_{\max}} V_{я\max}. \quad (4.5)$$

Треба мати на увазі, що в тягових двигунів магістральних тепловозів з опно-осьовим підвішуванням $D_{я} \leq 500$ мм, довжина сердечника якоря $l_{я} \leq 500$ мм.

При виборі діаметра якоря необхідно враховувати, що встановлений нормований ряд діаметрів, при яких отримується економічний розкрій листів електротехнічної сталі, які поставляє промисловість, такий: 423, 493, 560, 660, 740, 850, 950 мм.

Приймаємо $D_{я} = 493$ мм. Прототип тягових двигунів ЕД-118Б або ЕД-125Б.

Оформлення кроку

Приймаємо максимальну окружну швидкість якоря $V_{я\max} = \dots$ м/с.

Номінальна швидкість якоря $V_{я.ном} = \dots$ м/с.

Попередній діаметр якоря $D_{я} = \dots$ мм (при коефіцієнті $K = \dots$).

5. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ

Параметрами передачі є: передатне відношення i , модуль зачеплення m , кількість зубців великої та малої шестерень Z_B і Z_M , централь C .

Модуль m вибирається залежно від номінального значення моменту на валу двигуна за такими дослідними даними:

$M_{\text{ном}}, \text{Нм}$	1 000	2 000	4 000 і більше
$m, \text{мм}$	8 – 10	9 – 11	10 – 12

Величина моменту у номінальному режимі визначається за формулою:

$$M_{\text{ном}} = \frac{F_{\text{др}} D_k 10^{-3}}{2\eta_{\text{зп}} i c}, \quad (5.1)$$

де $F_{\text{др}}$ – розрахункова сила тяги локомотива, кН;

D_k – діаметр колеса, мм;

$\eta_{\text{зп}}$ – ККД зубчастої передачі;

i – передатне відношення зубчастої передачі;

c – кількість тягових двигунів.

Попередньо приймаємо передатне відношення залежно від заданого типу локомотива (вантажний $i = 4,41$, пасажирський $i = 3,15$).

При виборі централі передачі й кількості зубців шестерень необхідно враховувати низку вимог, визначених тим, що передача механічно пов'язана з тяговою машиною і колісною парою.

Перша вимога: велике зубчасте колесо повинне вписуватися в габарит (рис. 4). За умовами вписування в габарит рухомого складу діаметр ділильного кола великого зубчастого колеса, мм,

$$D_z = D_k - 2(h + S_k + h_z + C), \quad (5.2)$$

де h – відстань від нижньої точки кожуха зубчастої передачі до головки рейки ($h \geq 130$ мм);

S_k – товщина кожуха; як правило, $S_k \geq 5$ мм;

h_z – висота головки зуба, звичайно дорівнює модулю, мм;

C – зазор між кожухом і головкою зуба, $C \geq 5$ мм.

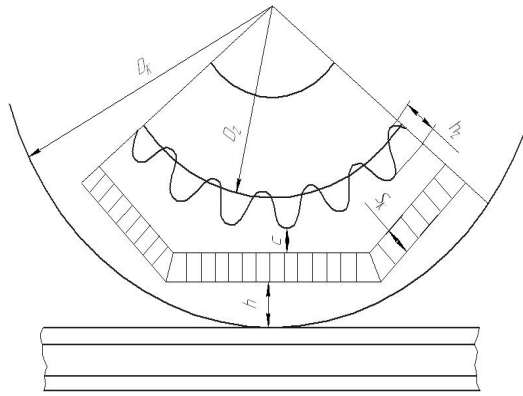


Рис. 4. Схема вписування великого зубчастого колеса в габарит рухомого складу

Діаметр ділительного кола малого зубчастого колеса (шестірні), мм,

$$d_z = \frac{D_z}{i}. \quad (5.3)$$

Кількість зубців великого зубчастого колеса

$$Z_B = \frac{D_z}{m}. \quad (5.4)$$

Кількість зубців (шестірні) малого зубчастого колеса

$$Z_M = \frac{d_z}{m}. \quad (5.5)$$

Уточнене значення передатного відношення

$$i_y = \frac{Z_B}{Z_M}. \quad (5.6)$$

Друга вимога: повинна бути забезпечена міцність зубців біля основи малої шестірні. Для забезпечення необхідної міцності зубця біля основи мінімальна кількість зубців повинна бути в межах 15-20 для вантажних і маневрових тепловозів і 27-35 – для пасажирських.

Третя вимога: практикою встановлено, що при опорно-осьовій підвісці з вертикально-горизонтальним розташуванням головних полюсів $D_{\text{я}} \leq 1,15C$, а при діагональному $D_{\text{я}} \leq C$. Одночасно величина централі, мм, повинна бути пов'язана з параметрами передачі (рис. 5), тобто:

$$C = \frac{mz_M}{2}(i + 1); \quad (5.7)$$

$$n_{\text{я.ном}} = 5,3 \cdot 10^3 \frac{i_y}{D_k} V_p. \quad (5.8)$$

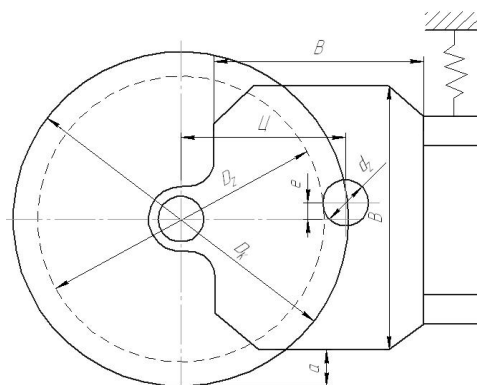


Рис. 5. Схема опорно-осьової підвіски тягового електродвигуна

Оформлення кроку

Номинальний крутний момент $M_{\text{ном}} = \dots$ кНм.

Модуль зачеплення $m = \dots$ мм.

Попереднє передатне відношення $i = \dots$

Відношення $D_{\text{я}} \leq 1,15C$, звідки $C = \dots$ мм.

Кількість зубців малої шестірні $Z_{\text{м}} = \dots$, діаметр $d_z = \dots$ мм.

Кількість зубців великої шестірні $Z_{\text{в}} = \dots$, діаметр $D_z = \dots$ мм.

Дійсні значення: $i_y = \dots$, $V_{\text{я.ном}} = \dots$ м/с, $C = \dots$ мм, $m = \dots$ мм, $M_{\text{ном}} = \dots$ кНм,

$Z_{\text{м}} = \dots$, $Z_{\text{в}} = \dots$, $d_z = \dots$ мм, $D_z = \dots$ мм.

Ескіз передачі (схема)

6. РОЗРАХУНКИ ПРИВЕДЕНОГО ОБ'ЄМУ Й ДОВЖИНИ ЯКОРЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Приведений об'єм якоря, см³:

$$V_{\text{я}} = D_{\text{я}}^2 l_{\text{я}} = \frac{6P_{\text{тд}} 10^7}{\alpha A B_6 n_{\text{я.ном}}}, \quad (6.1)$$

де $l_{\text{я}}$ — довжина сердечника якоря, см;

α — коефіцієнт полюсного перекриття;

A — лінійне навантаження якоря струмом, А/см;

B_6 — розрахункова магнітна індукція в повітряному зазорі, Тл.

Для попередніх розрахунків тягового електродвигуна приймаємо: $\alpha=0,67$;
 $B_{\delta}=1,05$ Тл; $A=550$ А/см.

Довжина сердечника якоря, см,

$$l_{\text{я}} = \frac{V_{\text{я}}}{D_{\text{я}}^2}. \quad (6.2)$$

Полюсна поділка якоря, см,

$$\tau = \frac{\pi D_{\text{я}}}{2p}. \quad (6.3)$$

Зазор під центром полюса, мм,

$$\delta \geq (0,011 \dots 0,015) D_{\text{я}}. \quad (6.4)$$

Зазор під краєм полюса рекомендується прийняти

$$\delta_{\text{к}} \geq 2\delta. \quad (6.5)$$

Оформлення кроку

Приведений об'єм якоря: $V_{\text{я}} = \text{_____}$ см³.

Довжина сердечника якоря: $l_{\text{я}} = \text{_____}$ см.

Полюсна поділка якоря: $\tau = \text{_____}$ см.

Зазор під центром полюса: $\delta = \text{_____}$ мм.

Зазор під краєм полюса: $\delta_{\text{к}} = \text{_____}$ мм.

7. РОЗРАХУНКИ ОБМОТКИ ЯКОРЯ Й РОЗМІРІВ ПАЗА

Приймаємо просту петльову двошарову обмотку якоря й кількість головних полюсів $2p=4$. У цьому випадку кількість паралельних розгалужень обмотки $2a$ дорівнює кількості полюсів $2a=4$, а струм паралельного розгалуження визначаємо за формулою:

$$i_{\text{я}} = I_{\text{тд.ном}} / 2a \leq 250. \quad (7.1)$$

Кількість провідників обмотки якоря (попередня):

$$N_{\text{розр}} = \frac{A\pi D_{\text{я}}}{i_{\text{я}}}; \quad (7.2)$$

Кількість колекторних пластин при двошаровій обмотці

$$K_{\text{розр}} = \frac{N_{\text{розр}}}{2}. \quad (7.3)$$

Отриману кількість колекторних пластин перевіряємо за допустимою середньою напругою між ними при максимальній напрузі на затискачах тягового електродвигуна:

$$U_{\text{к.ср}} = \frac{2pU_{\text{д max}}}{K_{\text{розр}}} \leq 16 \text{ В}. \quad (7.4)$$

Діаметр колектора, мм:

$$D_{\text{кол}} = (0,8 \dots 0,81) D_{\text{я}}; \quad (7.5)$$

Визначаємо колекторну поділку $t_{\text{к}}$, яка повинна бути не меншою 5 мм:

$$t_{\text{к}} = \frac{\pi D_{\text{кол}}}{K_{\text{розр}}}. \quad (7.6)$$

Приймаємо кількість пазів якоря Z (за графіком рис. 6), уточнюємо кількість провідників у пазу $Ч_{\text{п}}$ якоря (яка для тепловозних двигунів повинна бути 6 або 8):

$$Ч_{\text{п}} = \frac{N_{\text{розр}}}{Z}.$$

Приймаємо $Ч_{\text{п}} = 8$, це означає, що котушка двошарової петльової обмотки має 4 секції.

Уточняємо кількість провідників обмотки якоря

$$N_{\text{у}} = Ч_{\text{п}} Z.$$

Уточнюємо кількість колекторних пластин:

$$K_{\text{у}} = \frac{N_{\text{у}}}{2}.$$

Уточнюємо колекторну поділку, мм:

$$t_{\text{к.у}} = \frac{\pi D_{\text{кол}}}{K_{\text{у}}}.$$

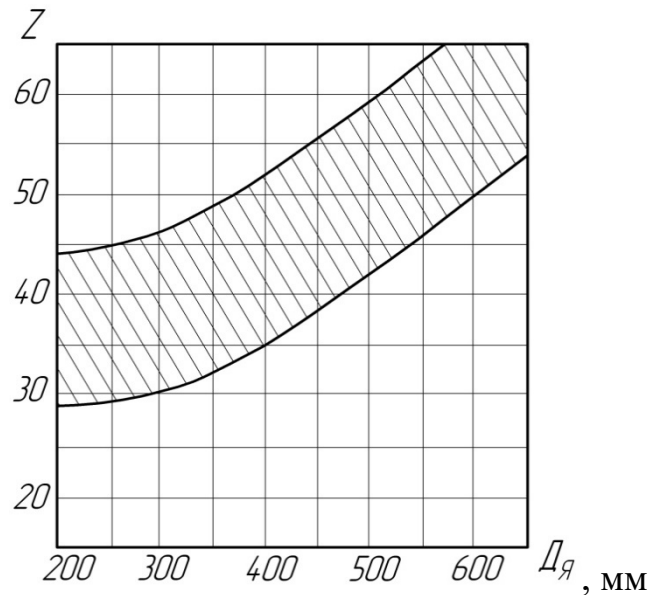


Рис. 6. Залежність кількості пазів якоря від його діаметра

Кількість колекторних пластин на паз повинна бути цілим числом (для тепловозних тягових двигунів $n_k = 3$ або 4)

$$n_k = \frac{K_y}{Z}. \quad (7.7)$$

Кількість пазів уточнюємо перевіркою об'єму струму в пазу: $2n_k i_{я} \leq 1800$ А.
Лінійне навантаження (остаточно), А/см,

$$A = \frac{i_{я} N_y}{\pi D_{я}}. \quad (7.8)$$

Для визначення перерізу провідника якоря визначаємо величину фактора нагрівання, що є добутком лінійного навантаження на густину струму в провіднику ($A\Delta_{я}$). Для тепловозних тягових електричних машин

$$A\Delta_{я} = 2500 \dots 4000 \frac{\text{А}^2}{\text{см} \cdot \text{мм}^2}. \quad (7.9)$$

Звідси густина струму

$$\Delta_{я} = \frac{(A\Delta_{я})}{A}.$$

Для тягових двигунів тепловозів $\Delta_{\text{я}} = 5 \dots 7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$.

Площа перерізу провідника секції обмотки якоря, мм^2 ,

$$q = \frac{i_{\text{я}}}{\Delta_{\text{я}}}. \quad (7.10)$$

Площу перерізу елементарного провідника отримуємо комбінацією розмірів висоти й ширини обмотувальної прямокутної міді з наведеного ряду чисел згідно з табл. 3.

Таблиця 3

Розміри прямокутної міді обмотки якоря

0,90	1,56	2,63	4,40	6,90	10,80	16,00
1,01	1,68	2,83	4,70	7,00	11,00	16,80
1,08	1,81	3,05	5,10	7,40	11,60	18,00
1,16	1,95	3,28	5,50	8,00	12,50	19,50
1,25	2,10	3,53	5,90	8,60	13,50	22,00
1,35	2,26	3,80	6,40	9,30	14,50	25,00
1,45	2,44	4,10	6,50	10,00	15,60	26,00

Перевірка

$$3(h_{\text{м}} \cdot b_{\text{м}}) = q.$$

Висота паза, мм ,

$$h_{\text{п}} = h_{\text{м}}m + h_{\text{б.і}}m + h_{\text{к.і}}p + 2h_{\text{п.і}}p + h_{\text{м.п}}r + h_{\text{кл}} + h_{\text{у}}, \quad (7.11)$$

де $h_{\text{м}}$ – висота прямокутної обмотувальної міді елементарного провідника, мм ;

m – кількість елементарних провідників по висоті паза;

$h_{\text{б.і}}$ – товщина двосторонньої ізоляції, мм ;

$h_{\text{к.і}}$ – товщина корпусної ізоляції, мм .

p – кількість секцій у пазу;

$h_{\text{п.і}}$ – товщина покривної ізоляції, мм ;

$h_{\text{м.п}}$ – товщина міканітової прокладки, мм ;

r – кількість міканітових прокладок;

$h_{\text{кл}}$ – товщина клина, мм ;

$h_{\text{у}}$ – зазор на укладання, мм .

Ширина паза, мм,

$$b_{\Pi} = b_{\text{м}}i + b_{\text{б.і}}i + b_{\text{к.і}} + 2b_{\text{п.і}} + b_{\text{у}}, \quad (7.12)$$

- де $b_{\text{м}}$ – ширина прямокутної міді, мм;
 i – кількість провідників (секцій), розташованих по ширині паза;
 $b_{\text{б.і}}$ – товщина двосторонньої виткової ізоляції, мм;
 $b_{\text{к.і}}$ – товщина корпусної ізоляції, мм;
 $b_{\text{п.і}}$ – товщина покривної ізоляції, мм;
 $b_{\text{у}}$ – зазор на укладання по ширині паза, мм.

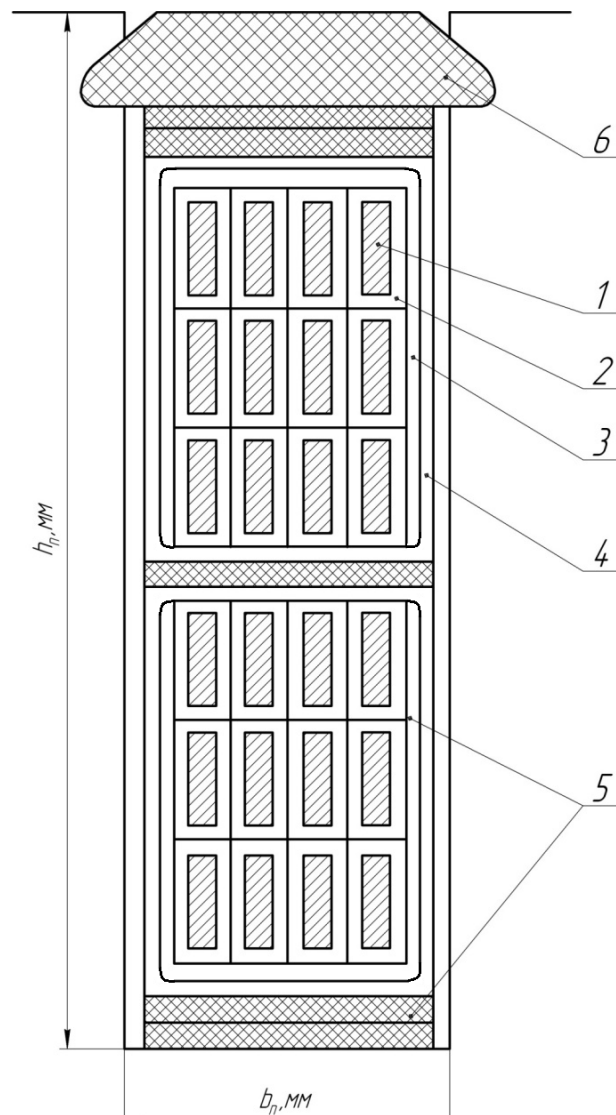


Рис. 7. Схема розміщення провідників і їх ізоляції в пазу:

- 1 – обмотка якоря; 2 – звичайна емалево-волокниста ізоляція;
3 – корпусна ізоляція; 4 – покривна ізоляція; 5 – міканітові прокладки; 6 – клин

Далі визначаємо розміри зубцевого шару якоря.

Ширина зубця біля основи, мм,

$$b_{Z_2} = \frac{\pi(D_{\text{я}} - 2h_n)}{Z} - b_n. \quad (7.13)$$

Ширина зубця на висоті $1/3 h_Z$ від його основи, мм,

$$b_{Z_{1/3}} = \frac{\pi(D_{\text{я}} - 1,33h_n)}{Z} - b_n. \quad (7.14)$$

Зубцеві кроки, мм,

а) по зовнішньому діаметру якоря:

$$t_{Z_1} = \frac{\pi D_{\text{я}}}{Z}, \quad (7.15)$$

б) по дну паза:

$$t_{Z_2} = \frac{\pi(D_{\text{я}} - 2h_Z)}{Z}, \quad (7.16)$$

в) на $1/3$ висоти зубця від основи

$$t_{Z_{1/3}} = \frac{\pi(D_{\text{я}} - 1,33h_Z)}{Z}. \quad (7.17)$$

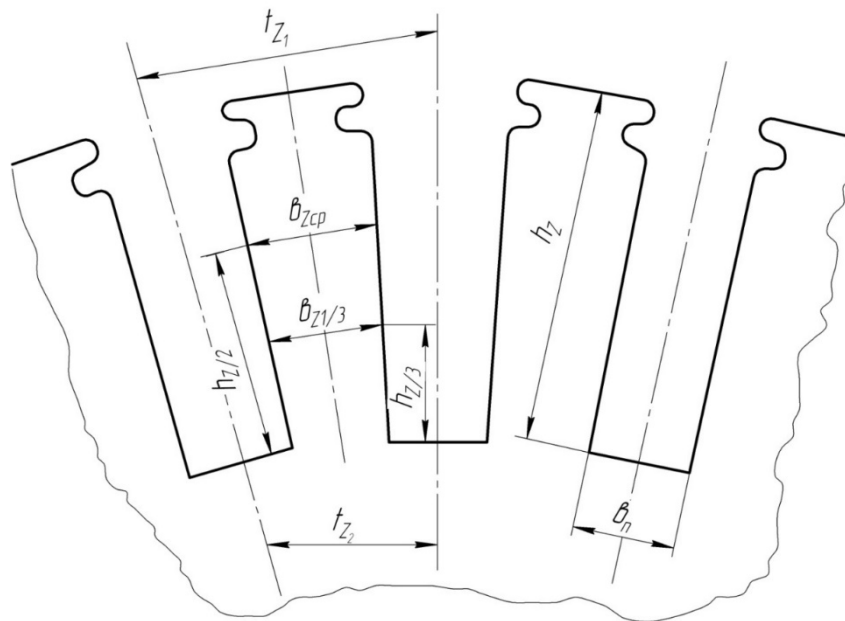


Рис. 8. Розміри зубцевого шару якоря

Розрахунковий переріз зубців для проходження магнітного потоку, м²,

$$Q_{Z_{1/3}} = \alpha \frac{Z}{2p} b_{Z_{1/3}} l_{\text{я}} k_i. \quad (7.18)$$

де $k_i = 0,97$ – коефіцієнт, що враховує ізоляцію листів пакета якоря з електротехнічних сталей марок Э11/12, Э1300, Э1300А;
 α – коефіцієнт полюсного перекриття.

Основний магнітний потік машини, Вб:

$$\Phi_0 = \frac{0,96 U_{\text{тд.ном}} \cdot 60 a}{N_y p n_{\text{я.ном}}}. \quad (7.19)$$

де $U_{\text{тд.ном}}$ – напруга тягового електродвигуна в тривалому режимі;
 $n_{\text{я.ном}}$ – частота обертання якоря в тривалому режимі, хв⁻¹.

Магнітна індукція в перерізі зубця на 1/3 висоти паза

$$B_{Z_{1/3}} = \Phi_0 / Q_{Z_{1/3}}; \quad (7.20)$$

Перевірка значення $B_{Z_{1/3}}$ за графіком (рис. 9).



Рис. 9. Графік, що визначає найбільше значення магнітної індукції на 1/3 висоти паза від частоти перемагнічування якоря

Опір обмотки якоря при 20 °С, Ом,

$$r_{я\ 20^\circ} = \frac{1}{57} \frac{l N_y}{q_{я} (2a)^2}, \quad (7.21)$$

де $\frac{1}{57}$ – питомий опір обмотувальної міді при 20 °С, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
 l – довжина провідника, м ($l = l_{я} + 1,3\tau$);
 $q_{я}$ – площа перерізу провідника обмотки, мм².

Опір обмотки якоря при 100 °С

$$r_{я\ 100^\circ} = 1,34 r_{я\ 20^\circ}. \quad (7.22)$$

Схема розміщення провідників і їх ізоляції в пазу наведена на рис. 7.
Розміри зубцевого шару якоря наведені на рис. 8.

Оформлення кроку

Тип обмотки: петльова двошарова.

Кількість паралельних розгалужень обмотки: $2a = \dots$

Струм паралельного розгалуження: $i_{я} = \dots$ А.

Кількість провідників обмотки якоря уточнене: $N_y = \dots$

Кількість колекторних пластин уточнене: $K_y = \dots$

Колекторна поділлка уточнена: $t_{к.у} = \dots$

Кількість пазів: $Z = \dots$

Лінійне навантаження: $A = \dots$ А/см.

Площа перерізу провідника обмотки якоря: $q = \dots$ мм².

Кількість провідників на паз: $Ч_{п} = \dots$

Ширина паза: $b_{п} = \dots$ мм.

Висота паза: $h_{п} = \dots$ мм.

Розрахунковий переріз зубців для проходження магнітного потоку:
 $Q_{z_{1/3}} = \dots$ м².

Основний магнітний потік машини: $\Phi_o = \dots$ Вб.

Магнітна індукція в перерізі зубця на 1/3 висоти паза: $B_{z_{1/3}} = \dots$ Тл.

Опір обмотки якоря при 20 °С: $r_{я\ 20^\circ} = \dots$ Ом.

Опір обмотки якоря при 100 °С: $r_{я\ 100^\circ} = \dots$ Ом.

Кількість колекторних пластин на паз: $n_k = \dots$

8. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА РОЗМІРІВ ЩІТОК ТА ВСТАНОВЛЕННЯ РОБОЧОЇ ДОВЖИНИ КОЛЕКТОРА

Кількість щіткотримачів приймаємо рівною кількості полюсів ($2P_{\text{щ}} = 2p$).

Густина струму під щіткою в тепловозних тягових двигунах вибирається в інтервалі $\Delta_{\text{щ}} = 11 \dots 15 \text{ А/см}^2$.

Площа дотикання щіток одного щіткотримача з колектором, см^2 ,

$$Q_{\text{щ}} = \frac{I_{\text{тд.ном}}}{\Delta_{\text{щ}} P_{\text{щ}}}, \quad (8.1)$$

Приймаємо величину щіткового перерізу $\gamma = b_{\text{щ}}/t_{\text{к}} = 2 \dots 5$, знаходимо ширину щітки, см ,

$$b_{\text{щ}} = \gamma t_{\text{к}}.$$

Довжина щітки, см ,

$$l_{\text{щ}} = Q_{\text{щ}}/n_{\text{щ}} b_{\text{щ}}, \quad (8.2)$$

де $n_{\text{щ}}$ – кількість щіток в одному щіткотримачі.

Щітки тягових електродвигунів мають ширину 10; 12,5; 16; 20; 25 мм і довжину 32; 40 й 50 мм. Кількість щіток в одному щіткотримачі беремо в інтервалі $n_{\text{щ}} = 2 \dots 4$ шт. Приймаємо $n_{\text{щ}} = 3$ шт. Для ЕД-118Б, ЕД-125Б приймаємо щітки типу ЭГ-61 двошарові розміром (12,5 × 40 × 60 мм).

Повна довжина колектора, см ,

$$l_{\text{к}} = n_{\text{щ}} l_{\text{щ}} + 1,5. \quad (8.3)$$

Остаточно

$$Q_{\text{щ}} = n_{\text{щ}} b_{\text{щ}} l_{\text{щ}}, \quad (8.4)$$

$$\Delta_{\text{щ}} = \frac{I_{\text{тд.ном}}}{P_{\text{щ}} Q_{\text{щ}}}. \quad (8.5)$$

Максимальна колова швидкість

$$V_{\text{к.мах}} = \frac{\pi D_{\text{кол}} n_{\text{я мах}}}{60} \leq 55 \text{ м/с}, \quad (8.6)$$

де $n_{\text{я мах}}$ – частота обертання якоря двигуна, пропорційна максимальній швидкості тепловоза, хв^{-1} .

$$n_{\text{я max}} = n_{\text{я.ном}} \frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{ном}}} . \quad (8.7)$$

Оформлення кроку

Кількість щіткотримачів: $2P_{\text{щ}} = 4$.

Величина щіткового перерізу: $\gamma = \dots$.

Ширина щітки: $b_{\text{щ}} = \dots$ см.

Довжина щітки: $l_{\text{щ}} = \dots$ см.

Кількість щіток у щіткотримачі: $n_{\text{щ}} = \dots$ шт.

Повна довжина колектора: $l_{\text{к}} = \dots$ см.

Максимальна колова швидкість: $V_{\text{к.мах}} = \dots$ м/с.

9. РОЗРАХУНКИ ДОВЖИНИ ДІЛЯНОК МАГНІТНОГО КОЛА ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Магнітне коло двигуна складається з п'яти ділянок, з'єднаних послідовно: сердечника (ярма) якоря, зубцевого шару якоря, повітряного зазору, сердечників головних полюсів і ярма (стілки) остова.

Визначаємо активну висоту перерізу сердечника (ярма) якоря, м,

$$h_{\text{я}} = \frac{\Phi_0}{2B_{\text{я}}l_{\text{я}}k_{\text{с}}} , \quad (9.1)$$

де $B_{\text{я}}$ — магнітна індукція в сердечнику якоря, що може бути прийнята рівною 1,4...1,6 Тл;

$k_{\text{с}}$ — коефіцієнт заповнення сердечника якоря сталлю, $k_{\text{с}} = 0,97$.

Переріз сердечника, м²,

$$S_{\text{я}} = h_{\text{я}}l_{\text{я}}k_{\text{с}} . \quad (9.2)$$

Оцінюємо розмір аксіальних повітряних каналів діаметром $d_{\text{к}}$, розташованих у $n_{\text{к}}$ рядках

$$S_{\text{в.к}} = 1/2 d_{\text{к}} n_{\text{к}} . \quad (9.3)$$

Діаметр каналів $d_{\text{к}} = 20...30$ мм = 0,02...0,03 м.

Кількість рядів каналів $n_{\text{к}} = 2...3$, причому канали розміщують у шаховому

порядку.

Приймаємо: $n_k = 3$ (ЕД-118Б, ЕД-125Б).

При зазначеному розміщенні вентиляційних каналів зв'язок між конструкційною $h'_я$ й активною $h_я$ висотами перерізу сердечника якоря, м, визначаються формулою:

$$h'_я = h_я + 1/2 d_k n_k. \quad (9.4)$$

Внутрішній діаметр сердечника якоря, м,

$$D_в = D_я - 2(h_{п} + h'_я). \quad (9.5)$$

Розміри двох ділянок магнітного кола – повітряного зазору й зубцевого шару – були встановлені раніше.

Осьову довжину сердечника полюса приймаємо рівною активній довжині якоря $l_m = l_я$.

Ширину полюсного сердечника b_m визначаємо за допустимою індукцією $B_m = 1,4...1,7$ Тл,

$$b_m = \frac{\sigma \Phi_0}{l_m B_m k_{mc}}, \quad (9.6)$$

де σ – коефіцієнт розсіювання головних полюсів ($\sigma=1,10$);

k_{mc} – коефіцієнт заповнення сердечника полюса сталлю ($k_{mc} = 0,97$).

Розрахункову полюсну дугу b_{δ} визначаємо за полюсною поділкою якоря τ

$$b_{\delta} = \alpha \tau. \quad (9.7)$$

Висота сердечника полюса (розмір по осьовій лінії його від повітряного зазору до внутрішньої поверхні остова), м,

$$h_m = (0,2...0,29) \tau. \quad (9.8)$$

Остаточню розмір h_m визначається розміщенням на сердечнику котушки головного полюса, коли будуть встановлені її розміри.

Довжину станини електродвигуна, м, попередньо знаходимо із співвідношення

$$l_c = l_я + 0,4 D_я. \quad (9.9)$$

Переріз ярма остова Q_c , м², знаходимо, виходячи з вибраної величини індукції $B_c < 1,4$ Тл

$$Q_c = 0,5 \frac{\sigma \Phi_0}{B_c}. \quad (9.10)$$

Розрахункова товщина станини, м,

$$h_c = \frac{Q_c}{l_c}. \quad (9.11)$$

Ескіз магнітного кола тягового електродвигуна наведений на рис. 10.

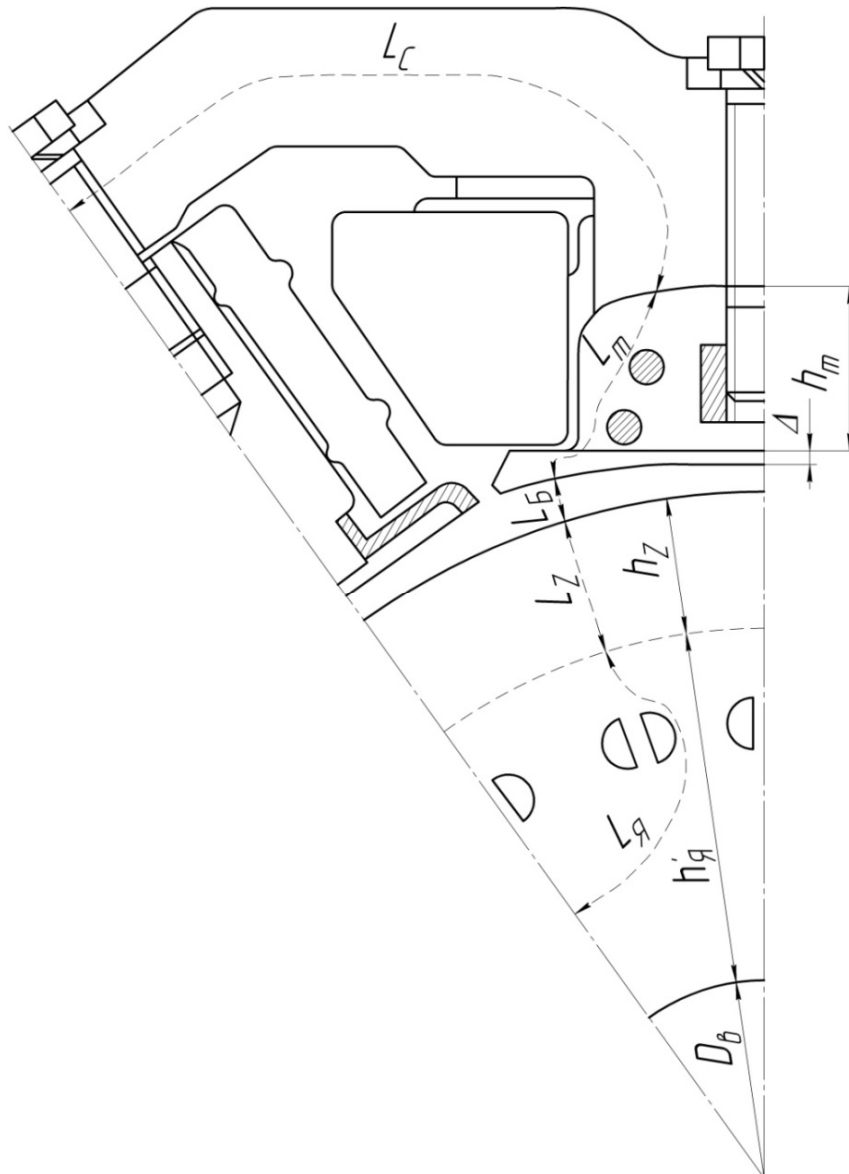


Рис. 10. Ескіз магнітного кола тягового електродвигуна

Оформлення кроку

Активна висота перерізу сердечника якоря: $h_{\text{я}} = \dots$ м.

Магнітна індукція в сердечнику якоря: $B_{\text{я}} = \dots$ Тл.

Діаметр аксіальних вентиляційних каналів: $d_{\text{к}} = \dots$ м.

Кількість рядів аксіальних вентиляційних каналів: $n_{\text{к}} = \dots$.

Внутрішній діаметр сердечника якоря: $D_{\text{в}} = \dots$ м.

Осьова довжина сердечника полюса: $l_{\text{м}} = \dots$ м.

Магнітна індукція в сердечнику полюса: $B_{\text{м}} = \dots$ Тл.

Висота сердечника полюса: $h_{\text{м}} = \dots$ м.

Довжина станини: $l_{\text{с}} = \dots$ м.

Переріз ярма остова: $Q_{\text{с}} = \dots$ м².

Товщина станини: $h_{\text{с}} = \dots$ м.

10. ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНИХ НАПРУГ ДІЛЯНОК МАГНІТНОГО КОЛА МАШИНИ

За магнітним потоком Φ_0 і перерізом окремих ділянок знаходимо індукцію. Потім за таблицями намагнічування (дод. 3) знаходимо напруженість магнітного поля H . Перемножуючи її значення на довжини відповідних ділянок L , знаходять магнітні напруги $F = HL$. Для розрахунків складаємо табл. 4.

Для визначення намагнічувальної сили повітряного зазору необхідно визначити коефіцієнт повітряного зазору k_{δ} , що враховує збільшення довжини магнітного потоку

$$k_{\delta} = \frac{t_{Z_1} + 10\delta}{(t_{Z_1} - b_{\text{п}}) + 10\delta}. \quad (10.1)$$

Середню довжину магнітної лінії в сердечнику, см, на один полюс визначаємо з такого виразу:

$$L_{\text{я}} = \frac{\pi(D_{\text{я}} - 2h_{\text{п}} - h'_{\text{я}})}{4p}. \quad (10.2)$$

Середня довжина магнітної лінії в станині на один полюс, см,

$$L_{\text{с}} = \frac{\pi(D_{\text{я}} + 2\delta + 2h_{\text{м}} + h_{\text{с}})}{4p}. \quad (10.3)$$

Визначення магнітних напруг

Ділянка магнітного кола	Довжина ділянки L , см	Переріз ділянки Q , м ²	Магнітна індукція B , Тл	Напруженість H , А/см	Магнітна напруга F , А
Повітряний зазор					
Сердечник якоря					
Зубці якоря					
Полюс					
Станина					
Всього					$\sum F = \dots$

Оформлення кроку

Магнітне напруження повітряного зазору: $F_{\delta} = \dots$ А.

Магнітне напруження зубців якоря: $F_z = \dots$ А.

Магнітне напруження сердечника якоря: $F_y = \dots$ А.

Магнітне напруження полюса: $F_m = \dots$ А.

Магнітне напруження станини: $F_c = \dots$ А.

Сумарна намагнічувальна сила всіх магнітних ділянок машини: $\sum F = \dots$.

11. РОЗРАХУНКИ ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ Й ОБМОТКИ ДОДАТКОВИХ ПОЛЮСІВ

Намагнічувальна сила (н.с.) обмотки головних полюсів тягового двигуна дорівнює сумі магнітних напруг на ділянках магнітного кола й розмагнічувальної сили реакції якоря

$$\sum F_{oz} = \sum HL + F'_{ря} . \quad (11.1)$$

Повна н.с. якоря визначається за формулою:

$$F_{\text{ря}} = \frac{A\tau}{2}, \quad (11.2)$$

а розмагнічувальна сила враховується коефіцієнтом k_p , який у тривалому режимі приймається $k_p = 0,125$. Тоді повна н.с. обмотки збудження головних полюсів складає

$$\sum F_{\text{оз}} = \sum HL + 0,125F_{\text{ря}}. \quad (11.3)$$

Струм, який тече по котушці головного полюса

$$i_{\text{в}} = \frac{I_{\text{ТД. ном}}}{a_m}, \quad (11.4)$$

де a_m – кількість паралельних розгалужень обмотки збудження головних полюсів, $a_m = 1$ для тягових двигунів ЕД-118Б, ЕД-125Б.

Кількість витків у котушці визначається за формулою:

$$W_{\text{в}} = \frac{\sum F_{\text{ов}}}{i_{\text{в}}}. \quad (11.5)$$

Площа поперечного перерізу провідника визначається за формулою:

$$q_{\text{в}} = \frac{i_{\text{в}}}{\Delta_{\text{в}}}. \quad (11.6)$$

Густина струму дорівнює $\Delta_{\text{в}} = 4,0 \dots 7,5 \text{ А/мм}^2$.

Середня довжина витка котушки головного полюса, мм,

$$l_{\text{в}} = 2(b_m + l_m) + \pi b_{\text{к}}, \quad (11.7)$$

де $b_{\text{к}}$ – ширина котушки ($b_{\text{к}} = 50 \dots 70 \text{ мм}$).

Опір обмотки збудження головних полюсів при температурі 20 °С, Ом,

$$r_{\text{в}20} = \frac{2pW_{\text{в}}l_{\text{в}}}{57a_{\text{в}}^2q_{\text{в}}}. \quad (11.8)$$

Опір обмотки збудження при температурі 100 °С, Ом,

$$r_{B_{100}} = 1,34 r_{B_{20}} . \quad (11.9)$$

Магнітний потік додаткових полюсів повинен компенсувати реакцію якоря й створити комутуючий потік для компенсації реактивної ЕРС комутуючих секцій обмотки якоря. Останнє враховується коефіцієнтом 0,15. У результаті намагнічувальна сила додаткового полюса, A , визначається за формулою:

$$F_{\text{дп}} = 1,15 F_{\text{ря}} . \quad (11.10)$$

Кількість витків головного полюса

$$W_{\text{дп}} = \frac{F_{\text{дп}}}{i_{\text{дп}}} , \quad (11.11)$$

де $i_{\text{дп}}$ – струм у котушці додаткового полюса,

$$i_{\text{дп}} = \frac{I_{\text{ТД.НОМ}}}{a_{\text{дп}}} ; \quad (11.12)$$

$a_{\text{дп}}$ – кількість паралельних розгалужень обмотки збудження додаткового полюса, доцільно вибрати $a_{\text{дп}} = 1$.

Площа перерізу провідника котушки додаткового полюса:

$$q_{\text{дп}} = \frac{i_{\text{дп}}}{\Delta_{\text{дп}}} . \quad (11.13)$$

Густина струму дорівнює $\Delta_{\text{дп}} = 4 \dots 8 \text{ А/мм}^2$.

Середня довжина витка котушки додаткового полюса:

$$l_{\text{дп}} = 2l_{\text{д}} + \pi (b_{\text{кдп}} + b_{\text{дпм}}) , \quad (11.14)$$

де $b_{\text{кдп}}$ – ширина котушки додаткового полюса, приймаємо 30 мм;

$l_{\text{д}}$ – довжина додаткового полюса, $l_{\text{д}} = l_{\text{я}}$.

Ширина сердечника додаткового полюса, мм,

$$b_{\text{дп}} = (1,5 \dots 2,1) t_{z1} . \quad (11.15)$$

Повітряний зазор під додатковим полюсом, мм,

$$\delta_{\text{дп}} = (1,5 \dots 2,1) \delta. \quad (11.16)$$

Опір обмотки збудження додаткових полюсів, Ом,

$$r_{\text{дп}20} = \frac{2pW_{\text{дп}}l_{\text{дп}}}{57a_{\text{дп}}^2q_{\text{дп}}}. \quad (11.17)$$

Опір додаткових полюсів за 100 °С

$$r_{\text{дп}100} = 1,34r_{\text{дп}20}. \quad (11.18)$$

Оформлення кроку

Повна намагнічувальна сила якоря: $F_{\text{ря}} = \dots$ А.

Повна намагнічувальна сила обмотки збудження головних полюсів:
 $\sum F_{\text{оз}} = \dots$ А.

Струм котушки головного полюса: $i_{\text{в}} = \dots$ А.

Кількість витків у котушці: $W_{\text{в}} = \dots$ витків.

Площа перерізу провідника котушки головного полюса: $q_{\text{в}} = \dots$ мм².

Середня довжина котушки головного полюса: $l_{\text{в}} = \dots$ м.

Опір обмотки збудження головного полюса:

при 20 °С..... $r_{\text{в}20} = \dots$ Ом,

при 100 °С..... $r_{\text{в}100} = \dots$ Ом.

Намагнічувальна сила додаткового полюса: $F_{\text{д.п}} = \dots$ А.

Кількість витків обмотки додаткового полюса: $W_{\text{д.п}} = \dots$ витків.

Струм у котушці збудження додаткового полюса: $i_{\text{д.п}} = \dots$ А.

Площа перерізу обмотки додаткового полюса: $q_{\text{д.п}} = \dots$ мм².

Середня довжина витка котушки додаткового полюса: $l_{\text{д.п}} = \dots$ м.

Опір обмотки збудження додаткового полюса:

при 20 °С..... $r_{\text{д.п}20} = \dots$ Ом,

при 100 °С..... $r_{\text{д.п}100} = \dots$ Ом.

12. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

ККД електродвигуна

$$\eta_d = \left(1 - \frac{\sum \Delta P}{U_{\text{ТД.НОМ}} I_{\text{ТД.НОМ}}} \right), \quad (12.1)$$

де $\sum \Delta P$ – сумарні втрати електродвигуна, Вт.

Електричні втрати (втрати в міді), Вт,

$$\Delta P_M = I_{\text{ТД.НОМ}}^2 (r_{\text{я}} + r_{\text{в}}^* + r_{\text{ДП}}^{**}). \quad (12.2)$$

Перехідні втрати в контактi між щітками й колектором, Вт,

$$\Delta P_{\text{пер}} = \Delta U_{\text{щ}} I_{\text{ТД.НОМ}}, \quad (12.3)$$

де $\Delta U_{\text{щ}}$ – спад напруги під щітками ($\Delta U_{\text{щ}} = 3$ В).

Втрати в сталі

$$\Delta P_{\text{ст}} = 3(\Delta P_{\text{я}} G_{\text{я}} + \Delta P_{\text{Z}} G_{\text{Z}}), \quad (12.4)$$

де $\Delta P_{\text{я}}$ і ΔP_{Z} – відповідно питомі втрати в сталі сердечника й зубців якоря, Вт/кг;

$G_{\text{я}}$ і G_{Z} – вага відповідно сердечника й зубців якоря, кг.

$$\Delta P_{\text{я}} = \left[4,4 \frac{f}{100} + 5,6 \left(\frac{f}{100} \right)^2 \right] B_{\text{я}}^2; \quad (12.5)$$

$$f = \frac{pn_{\text{я.НОМ}}}{60};$$

$$\Delta P_{\text{Z}} = \left[4,4 \frac{f}{100} + 5,6 \left(\frac{f}{100} \right)^2 \right] B_{\text{Z}}^2; \quad (12.6)$$

$$G_{\text{я}} = \frac{\pi \left[(D_{\text{я}} - 2h_{\text{п}})^2 - D_{\text{в}}^2 - m_{\text{к}} d_{\text{к}}^2 \right]}{4} l_{\text{я}} k_i \cdot 7,8 \cdot 10^{-3}, \quad (12.7)$$

де m_k – кількість вентиляційних каналів у сердечнику якоря.

$$G_Z = z h_{\Pi} b_{Z \text{ ср}} l_{\text{я}} k_i 7,8 \cdot 10^{-3}; \quad (12.8)$$

$$b_{Z \text{ ср}} = \frac{\pi(D_{\text{я}} - h_{\Pi})}{Z}. \quad (12.9)$$

Додаткові втрати:

$I_{\text{д}} / I_{\text{тд.ном}}$	0,2	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0
$\Delta P_{\text{доп}} / \Delta P_{\text{ст}}$	0,22	0,23	0,28	0,30	0,38	0,48	0,65

Механічні втрати, Вт,

$$\Delta P_{\text{мех}} = \Delta P_{\text{тр.щ}} + \Delta P_{\text{пд.щ}}. \quad (12.10)$$

Втрати на тертя щіток об колектор, Вт,

$$\Delta P_{\text{тр.щ}} = 0,92 P_{\text{щ}} Q_{\text{щ}} V_{\text{к.ном}}. \quad (12.11)$$

Втрати на тертя в підшипниках, Вт,

$$\Delta P_{\text{пд.щ}} = 0,002 U_{\text{тд.ном}} I_{\text{тд.ном}}. \quad (12.12)$$

Сума втрат у тяговому електродвигуні, Вт,

$$\sum \Delta P = \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{пер}} + \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{доп}} + \Delta P_{\text{мех}}. \quad (12.13)$$

Потужність, яку одержує тяговий електродвигун від тягового генератора

$$P_{\text{пд}} = U_{\text{тд.ном}} I_{\text{тд.ном}}. \quad (12.14)$$

Потужність на валу тягового електродвигуна, Вт,

$$P_{\text{д}} = P_{\text{пд}} - \sum \Delta P. \quad (12.15)$$

Оформлення кроку

Електричні втрати: $\Delta P_{\text{м}} = \dots$ Вт.

Перехідні втрати: $\Delta P_{\text{пер}} = \dots$ Вт.

Втрати у сталі: $\Delta P_{\text{ст}} = \dots$ Вт.

Додаткові втрати: $\Delta P_{\text{доп}} = \dots$ Вт.

Механічні втрати: $\Delta P_{\text{мех}} = \dots$ Вт.

Сума втрат у двигуні: $\sum \Delta P = \dots$ Вт.

Потужність, яку отримує тяговий електродвигун від тягового генератора:
 $P_{\text{пд}} = \dots$ Вт.

ККД тягового електродвигуна: $\eta_{\text{д}} = \dots$.

Потужність на валу тягового електродвигуна: $P_{\text{д}} = \dots$ Вт.

13. РОЗРАХУНКИ Й ПОБУДОВА МАГНІТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Розрахунок магнітної характеристики зводимо в табл. 5. У розрахунках враховується магнітний потік Φ_0 , що визначений для тривалого режиму роботи машини.

Тому для позначення величин магнітних потоків у часткових режимах вводиться значення $\Phi_{0\text{ч}}$ в частках від основного $(0,5; 0,7; 0,85; 1,0; 1,15)\Phi_0$ потоку тривалого режиму. За даними табл. 5 будуємо характеристику намагнічування машини:

$$\Phi_{0\text{ч}} = f(\Phi_0).$$

Характеристика намагнічування електродвигуна наведена на рис. 11.

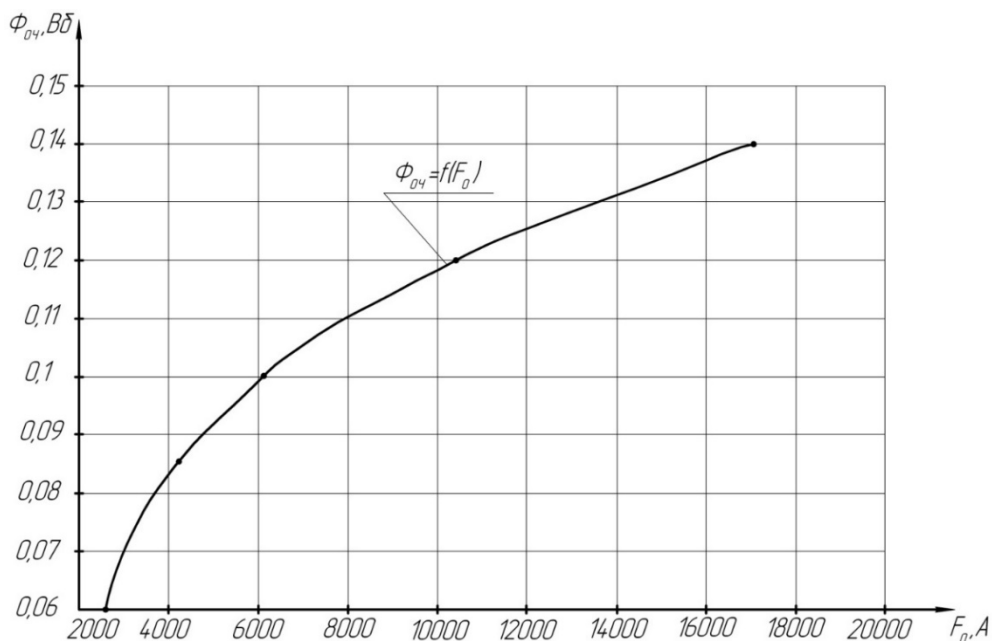


Рис. 11. Характеристика намагнічування електродвигуна

Розрахунки магнітної характеристики електродвигуна

[illegible]

Оформлення кроку

За табл. 5 будується магнітна характеристика електродвигуна.

14. РОЗРАХУНКИ І ПОБУДОВА ШВИДКІСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Визначаємо характеристику тривалого режиму, км/год, що відповідає
 $I_{\text{д}} = I_{\text{тд.ном}}$

$$V_p = \frac{11,3ED_{\text{к}}}{iN_y\Phi_0} \frac{a}{p}. \quad (14.1)$$

де E – зворотна ЕРС машини, В;
 $D_{\text{к}}$ – діаметр колеса тепловоза, мм;
 Φ_0 – основний магнітний потік машини, Вб;
 i – передатне відношення тягового редуктора.

$$E = U_{\text{тд.ном}} - I_{\text{тд.ном}}(r_{\text{я}} + r_{\text{в}}^* + r_{\text{дп}}^{**}) - \Delta U_{\text{щ}}. \quad (14.2)$$

Задавшись значеннями $I_{\text{д}} = 0,5I_{\text{тд.ном}}$, $I_{\text{д}} = 0,7I_{\text{тд.ном}}$, $I_{\text{д}} = 0,9I_{\text{тд.ном}}$,
 $I_{\text{д}} = 1,1I_{\text{тд.ном}}$, $I_{\text{д}} = 1,3I_{\text{тд.ном}}$, $I_{\text{д}} = 1,5I_{\text{тд.ном}}$, знаходимо відповідні їм значення
швидкостей тепловоза за формулами:

а) при повному полі:

$$V(\text{ПП}) = V_p \left(\frac{I_{\text{тд.ном}}}{I_{\text{д}}} \right)^{1,5}; \quad (14.3)$$

б) при першому ступені ослаблення поля:

$$V(\text{ОП1}) = V_p \frac{1}{\sqrt{\beta_1}} \left(\frac{I_{\text{тд.ном}}}{I_{\text{д}}} \right)^{1,5}; \quad (14.4)$$

в) при другому ступені ослаблення поля:

$$V(\text{ОП2}) = 1,2V_p \frac{1}{\sqrt{\beta_2}} \left(\frac{I_{\text{тд.ном}}}{I_{\text{д}}} \right)^{1,5}. \quad (14.5)$$

Розрахунок зводимо в табл. 6.

Розрахунок швидкісної характеристики

V, км/год	$I_{\text{ТД.НОМ}} = \dots \text{ A}$					
	$0,5I_{\text{ТД.НОМ}} = \dots \text{ A}$	$0,7I_{\text{ТД.НОМ}} = \dots \text{ A}$	$0,9I_{\text{ТД.НОМ}} = \dots \text{ A}$	$1,1I_{\text{ТД.НОМ}} = \dots \text{ A}$	$1,3I_{\text{ТД.НОМ}} = \dots \text{ A}$	$1,5I_{\text{ТД.НОМ}} = \dots \text{ A}$
$V(\text{ПП})$						
$V(\text{ОП1})$						
$V(\text{ОП2})$						

За даними табл. 6 будуємо швидкісні характеристики (рис. 12).

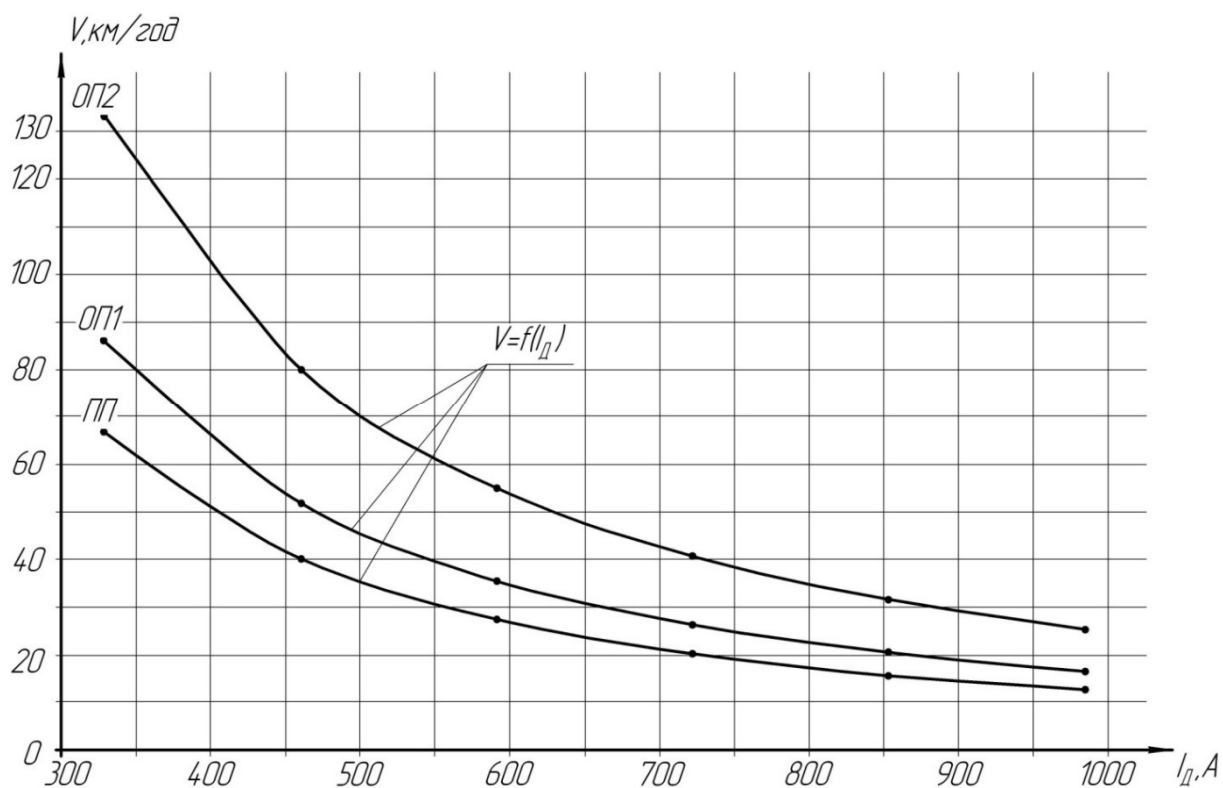


Рис. 12. Швидкісні характеристики $V = f(I_d)$

Оформлення кроку

За табл. 6 будується швидкісна характеристика $V = f(I_d)$.

15. РОЗРАХУНКИ Й ПОБУДОВА ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ХАРАКТЕРИСТИКИ ККД ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Характеристика ККД тягового електродвигуна на ободі колеса в тривалому режимі

$$\eta_{\text{об.к.н}} = \eta_{\text{д}} \eta_{\text{зп}}, \quad (15.1)$$

де $\eta_{\text{зп}}$ – ККД тягового редуктора.

ККД тягового двигуна на ободі колеса у функції струму якоря:

$$\eta'_{\text{об.к.н}} = \left[1,18 - 0,18 \left(\frac{I_{\text{д}}}{I_{\text{тд.ном}}} \right) \right] \eta_{\text{об.к.н}}. \quad (15.2)$$

Розрахунки зводимо в табл. 7.

Таблиця 7

Розрахунок ККД тягового електродвигуна

$I_{\text{д}}, \text{А}$	$0,5I_{\text{тд.ном}}$	$0,7I_{\text{тд.ном}}$	$0,9I_{\text{тд.ном}}$	$1,1I_{\text{тд.ном}}$	$1,3I_{\text{тд.ном}}$	$1,5I_{\text{тд.ном}}$
$\eta'_{\text{об.к.н}}$						

Тягова характеристика електродвигуна. Розрахункова сила тяги двигуна в тривалому режимі

$$F_{\text{рд}} = 3,6 \cdot \frac{I_{\text{тд.ном}} U_{\text{тд.ном}} \eta_{\text{об.к.н}}}{V_{\text{р}}} 10^{-3}. \quad (15.3)$$

Задавшись такими самими значеннями струму якоря двигуна, як у випадку визначення швидкісної характеристики, знаходимо відповідні їм значення сили тяги за формулами:

а) при повному полі:

$$F_{\text{д}} (\text{ПП}) = F_{\text{рд}} \left(\frac{I_{\text{д}}}{I_{\text{тд.ном}}} \right)^{1,5}; \quad (15.4)$$

б) при першому ступені ослаблення поля:

$$F_{\text{д}}(\text{ОП1}) = F_{\text{рд}} \sqrt{\beta_1} \left(\frac{I_{\text{д}}}{I_{\text{тд.ном}}} \right)^{1,5}; \quad (15.5)$$

в) при другому ступені ослаблення поля:

$$F_{\text{д}}(\text{ОП2}) = 0,92 F_{\text{рд}} \sqrt{\beta_2} \left(\frac{I_{\text{д}}}{I_{\text{тд.ном}}} \right)^{1,5}. \quad (15.6)$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 8.

Таблица 8

Розрахунок тягової характеристики двигуна

$F_{\text{д}}, \text{кН}$	$I_{\text{д}} = \dots \text{А}$					
	$0,5I_{\text{тд.ном}} = \dots \text{А}$	$0,7I_{\text{тд.ном}} = \dots \text{А}$	$0,9I_{\text{тд.ном}} = \dots \text{А}$	$1,1I_{\text{тд.ном}} = \dots \text{А}$	$1,3I_{\text{тд.ном}} = \dots \text{А}$	$1,5I_{\text{тд.ном}} = \dots \text{А}$
$F_{\text{д}}(\text{ПП})$						
$F_{\text{д}}(\text{ОП1})$						
$F_{\text{д}}(\text{ОП2})$						

За даними табл. 7 будемо характеристику ККД, а за даними табл. 8 – тягові характеристики електродвигуна (рис. 13).

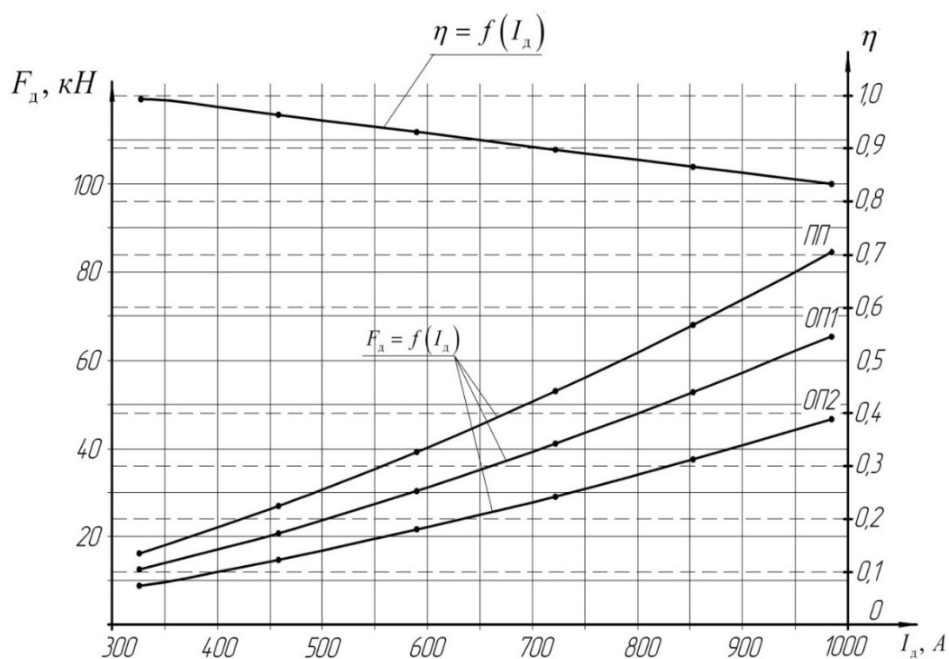


Рис. 13. Тягові характеристики та характеристика ККД тягового електродвигуна

Оформлення кроку

1. За значеннями табл. 7 побудувати характеристику ККД двигуна.
2. За значеннями табл. 8 побудувати тягову характеристику двигуна.

16. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХОВАНОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ТА ЙОГО ПРОТОТИПУ

Для порівняння параметрів двигуна-прототипу й розрахункового зведемо основні параметри в табл. 9.

Таблиця 9

Показники тягових електродвигунів – розрахункового та його прототипу

Параметр	Двигун-прототип	Розрахунковий двигун
1. Номінальний струм, А		
2. Номінальна напруга, В		
3. Номінальна потужність, кВт		
4. Модуль зубчастої передачі, мм		
5. Передатне відношення тягового редуктора		
6. Ослаблення поля β , %		
7. Конструкційна швидкість, км/год		
8. Розрахункова швидкість, км/год		
9. Кількість пазів у сердечнику якоря		
10. Кількість колекторних пластин		
11. Площа перерізу провідника обмотки якоря, мм ²		
12. Кількість витків обмотки головного полюса		
13. Кількість витків обмотки додаткового полюса		
14. Клас ізоляції обмотки якоря		
15. Повітряний зазор під центром полюса, мм		
16. Розмір щіток, мм		
17. ККД двигуна, %		

Бібліографічний список

1. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навчальний посібник / В. М. Безрученко, В. К. Варченко, В. В. Чумак. Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. 252 с.
2. Дубинець Л. В. Тягові електричні апарати контактні : Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2002. 104с.
3. Клименко Б. В. Електричні апарати. Загальний курс : навчальний посібник. Харків : Вид-во «Точка», 2012. 340 с.
4. Клименко Б. В. Електричні та магнітні пристрої, електричні аксесуари, електричні установки. Терміни, тлумачення, коментарі : навчальний посібник. Харків : Вид-во «Точка», 2009. 272 с.
5. Клименко Б. В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі : навчальний посібник. Харків : Талант, 2008. 208с.
6. Проєктування електричних машин : навч. посіб. / Д. В. Ципленков, В. Б. Іванов, О. В. Бобров, В. В. Кузнецов, В. В. Артемчук, М. О. Баб'як ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2020. 408 с.
7. Дубинець Л. В. Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини / Л. В. Дубинець , О. І. Момот, О. Л. Маренич. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2004. 208 с.
8. Дубинець Л. В. Електричні машини. Синхронні машини. Машини постійного струму. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2007. 200 с.

Додаток 1

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

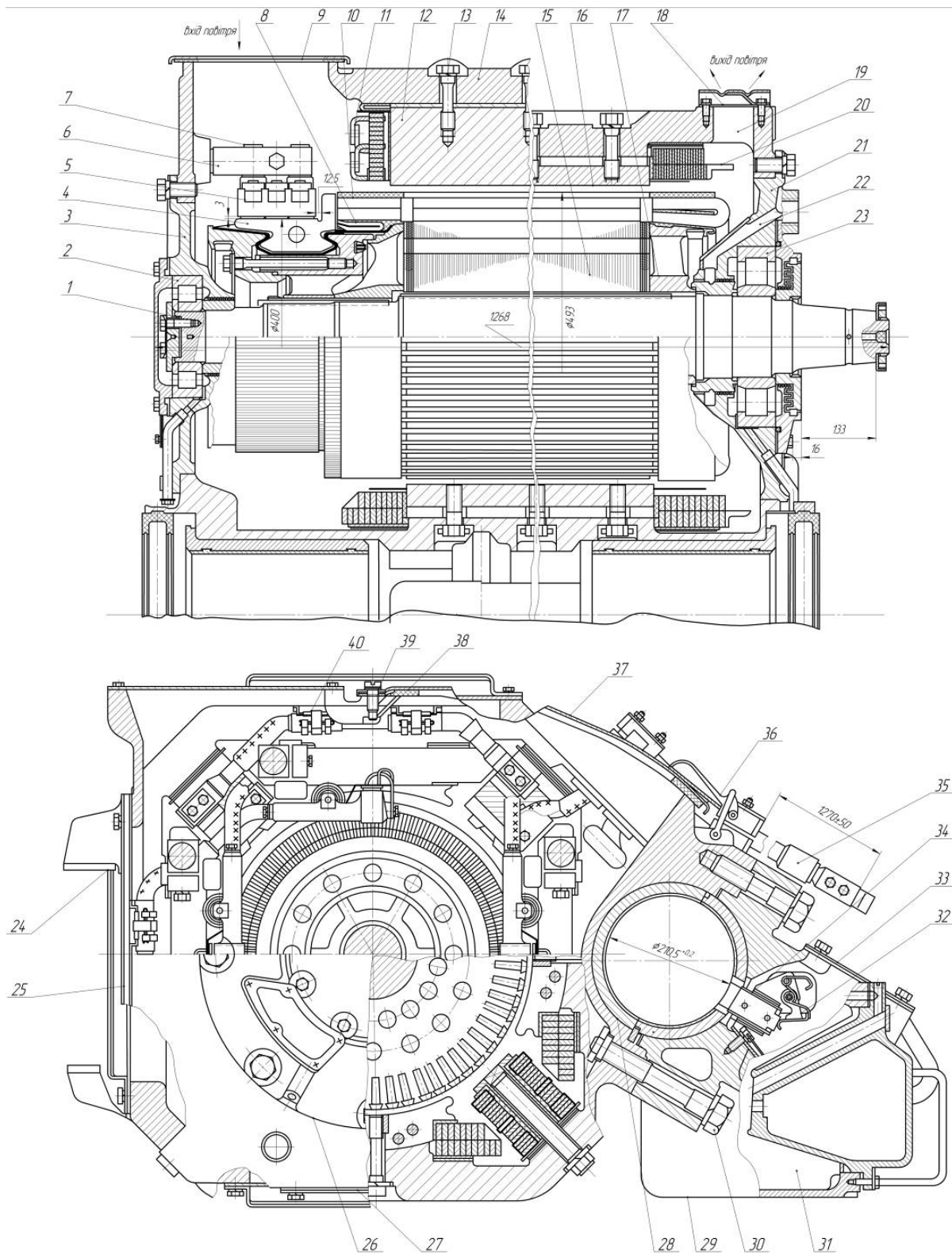


Рис. Д.1. Тяговий електродвигун ЕД118Б

Пояснення до рис. Д.1:

1 – вал; *2, 23* – роликові підшипники; *3, 21* – щити підшипникові; *4* – колектор; *5* – щіткотримач; *6* – кронштейн; *7* – ізолятор; *8* – зрівнювальні з'єднання; *9* – кришка (зачинена в неробочому стані); *10, 15* – обмотка і сердечник якоря; *11, 20* – між котушкові з'єднання; *12* – додатковий полюс; *13* – болт, залитий кварцкомпаундом; *14* – корпус (остов); *16* – головний полюс; *17* – натискні пальці або зварні пакети; *18* – щитки; *19* – отвір для виходу повітря; *22* – атмосферний канал; *24* – змінні накладки носиків; *25* – кріплення міжкотушкового з'єднання до остова; *26* – бобишка; *27* – ущільнення; *28* – верхня кришка; *29* – замок; *30* – вивідний провід; *31* – фітіль; *32, 38, 40* – кришки; *33* – натискний пристрій; *34* – ванна; *35* – болт; *36* – корпус (шапка) моторно-осьового підшипника; *37* – вкладиші моторно-осьового підшипника; *39* – трубка подачі масла

Розрахунки параметрів і характеристик та розробка конструкції тягового електродвигуна постійного струму магістрального тепловоза

Вихідні дані:

1. Тип локомотива (вантажний/пасажирський)_____
2. Ефективна потужність дизеля, кВт _____
3. Зчіпна вага, кН _____
4. Діаметр коліс, мм (1 050, 1 250) _____
5. Конструктивна швидкість, км/год _____
6. Тип електричної передачі (постійного, змінно-постійного струму) _____
7. Графічна частина _____

Завдання видано:

(підпис викладача)

(дата)

(підпис студента)

Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Додаток 2		
Розроб.							
Перевір.							
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів

ТАБЛИЦІ НАМАГНІЧУВАННЯ
(усереднені величини напруженостей поля, А/см)
Якір

Електротехнічні сталі марок Е12, Е13

В, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,6	3	3	3	3	3	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3
0,7	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9
0,8	4	4	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6
0,9	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6
1,0	5,7	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1
1,1	7,2	7,4	7,5	7,6	7,7	8,0	8,2	8,5	8,7	8,9
1,2	9,3	9,6	9,9	10,1	10,5	11	11,3	11,6	11,9	12,3
1,3	12,8	13,3	13,8	14,2	14,6	15	15,7	16,3	17	17,6
1,4	18,2	19	19,8	20,6	21,2	22	23,5	25	26,5	28
1,5	29	30	31	32,5	33,5	35	37	39	41	43
1,6	49	50	53	56	60	63	67	71	75	79
1,7	83	88	93	98	104	110	116	122	128	135
1,8	142	149	156	163	171	179	187	196	205	214
1,9	224	235	246	257	269	281	294	308	322	336
2,0	350	364	378	393	408	423	439	457	476	495
2,1	515	535	556	577	598	620	643	666	689	712
2,2	735	759	783	807	831	855	880	905	930	955
2,3	980	1006	1032	1058	1085	1110	1135	1165	1195	1230
2,4	1270	1305	1340	1375	1415	1455	1495	1535	1570	1610
2,5	1650	1696	1730	1775	1820	1870	1920	1975	2030	2090

П о л ю с
Листова сталь

В, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,6	3	3	3	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4
0,7	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	4	4
0,8	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8
0,9	4,8	4,9	4,95	5,05	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6
1,0	5,7	5,82	5,95	6,07	6,15	6,3	6,42	6,55	6,65	6,8
1,1	6,9	7,03	7,2	7,31	7,48	7,6	7,75	7,9	8,08	8,25
1,2	8,45	8,6	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,92	10,15	10,45
1,3	10,8	11,12	11,45	11,75	12,2	12,6	13	13,5	13,93	14,5
1,4	14,9	15,3	15,95	16,45	17	17,5	18,35	19,2	20,1	21,1
1,5	22,7	24,5	25,6	27,1	28,8	30,5	32	34	36,5	37,5
1,6	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55,8	59,5	62,3	66
1,7	70,5	75,3	79,5	84	88,5	93,2	98	103	108	114
1,8	119	124	130	135	141	148	156	162	170	178
1,9	188	197	207	215	226	235	245	256	265	275
2,0	290	302	315	328	342	361	380	400	420	445
2,1	470	495	520	550	580	610	640	665	695	730
2,2	775	810	850	885	920	960	1000	1045	1085	1130

С т а н и н а
Сталеве лиття

В, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,4	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
0,5	1,9	1,9	1,9	2	2	2	2	2,1	2,1	2,1
0,6	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6
0,7	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3	3	3,1
0,8	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4
0,9	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	5	5,1	5,3	5,5
1,0	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8	7	7,2	7,4
1,1	7,6	7,9	8,2	8,4	8,7	9	9,3	9,6	9,9	10,2
1,2	10,5	10,8	11,1	11,5	11,8	12,2	12,6	13	13,4	13,8
1,3	14,2	14,7	15,2	15,8	16,4	17	17,6	18,2	18,8	19,4
1,4	20,1	20,9	21,7	22,5	23,4	24,3	25,3	26,5	27,7	29
1,5	30,5	31,8	33,4	35,2	37,1	39	41	43,5	46	48,5
1,6	51	53,5	56	59	62	65	68	71	74	78
1,7	81	84	88	91	95	99	102	106	110	114
1,8	118	122	126	130	134	139	143	148	152	157
1,9	162	169	177	184	193	200	209	218	227	236
2,0	245	257	269	281	293	307	320	335	352	370
2,1	387	406	425	450	485	515	560	605	655	703

Навчальне видання

Боднар Євген Борисович
Капіца Михайло Іванович
Сердюк Володимир Никандрович

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Методичні вказівки до виконання курсового проекту