

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра електроенергетики, електротехніки
та електромеханіки**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання контрольної роботи
з дисципліни**

***«ШВИДКІСНИЙ, КОЛІЙНИЙ
ТА МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНИЙ ТРАНСПОРТ»***

Харків – 2019

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 25 лютого 2019 р., протокол № 8.

Рекомендуються для бакалаврів спеціальності 273 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Електровози та електропоїзди» заочної форми навчання.

Укладачі:

доц. О. І. Семененко,
старш. викл. М. М. Одегов

Рецензент

проф. О. С. Крашенінін

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи
з дисципліни

*«ШВИДКІСНИЙ, КОЛІЙНИЙ
ТА МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНИЙ ТРАНСПОРТ»*

Відповідальний за випуск Семененко О. І.

Редактор Буранова Н. В.

Підписано до друку 02.04.19 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 1,75. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ЗМІСТ

Зміст контрольної роботи.....	4
Вимоги до виконання контрольної роботи.....	4
Завдання 1.....	6
Питання до першого завдання.....	7
Завдання 2.....	18
2.1 Визначення капітальних вкладень у рухомий склад.....	18
2.2 Визначення вартості електроенергії для руху поїздів.....	19
2.3 Визначення енергетичних витрат на власні потреби.....	22
2.4 Розрахунок ремонтних витрат на утримання швидкісного рухомого складу.....	22
2.5 Визначення витрати на утримання локомотивних та поїзних бригад.....	23
2.6 Визначення вартості пасажиро-годин.....	23
Висновки.....	23
Перелік питань до самоконтролю.....	24
Список літератури.....	33

ЗМІСТ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Метою контрольної роботи є визначення доцільних сфер застосування окремих типів електрорухомих одиниць.

Контрольна робота має містити опис елементів швидкісного рухомого складу і визначення: капітальних вкладень у рухомий склад з урахуванням реноваційних відрахувань; вартості електроенергії для руху поїздів; енергетичних витрат на власні потреби; ремонтних витрат; витрат для утримання локомотивних та поїзних бригад; вартості пасажиро-годин; приведених витрат за рік.

ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Студент має докладно вивчити матеріал курсу «Швидкісний, колійний та магнітолевітаційний транспорт», знати теоретичні основи, розуміти фізичну сутність, уміти використовувати розрахункові формули, аналізувати одержані результати і робити висновки.

Робота має складатися з пояснювальної записки та графіків до неї, оформлених з урахуванням вимог ЄСКД. Виконувати роботу належить на стандартних аркушах паперу формату А4 (210×297 мм), які потім зшиваються. На титульному аркуші необхідно вказати кафедру, дисципліну, назву роботи, шифр (три останні цифри номера залікової книжки, далі крапка і номер за списком групи), а також прізвище студента та викладача. Розділи та підрозділи мають бути пронумеровані. Їхні назви з вказаним номером сторінки, де вони починаються, перелічені на аркуші «Зміст», мають точно відповідати тексту записки. Записка пишеться з одного боку кожного аркуша. З правого боку аркуша залишаються поля завширшки 10 – 15 мм, з лівого – 20 мм.

На початку записки вказують назву контрольної роботи, номер варіанта і записують усі вихідні дані. У «Вступі» треба вказати завдання і мету виконуваної роботи.

Розрахунки супроводжуються поясненнями. Розрахункові формули наводяться в загальному вигляді з використанням літерних позначень, після чого у формулі вказується чисельне

значення величин, що в ній містяться, і потім – результат (дивись приклад).

Приклад:

Визначення капітальних вкладень:

$$K = k \cdot (c_M \cdot m_M + c_{\text{ПР}} \cdot m_{\text{ПР}})(p_{\text{рен}} + p_{\text{ок}}), \quad (1.1)$$

де k – необхідна кількість секцій, яка визначається кількістю поїздів в інтенсивний час;

c_M – вартість моторного вагона;

m_M – кількість моторних вагонів у секції;

$c_{\text{ПР}}$ – вартість причіпного вагона;

$m_{\text{ПР}}$ – кількість причіпних вагонів у секції;

$p_{\text{рен}}$ – нормативний коефіцієнт реноваційних відрахувань від вартості рухомого складу, % (2 – 2,4 для моторних вагонів; 3,3 – для дизель-поїздів та автотрис; 1,8 – для пасажирських та причіпних вагонів);

$p_{\text{ок}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень,
 $p_{\text{ок}} = 10\%$.

Результати розрахунків формули (1.1) зведені до таблиці...

Для посилань формули слід нумерувати.

Графіки виконуються на міліметровому папері. Графічні побудови треба виконувати акуратно, добре загостреним олівцем. Координати осі з літерними позначеннями величин та відповідними розмірностями мають бути забезпечені чисельними шкалами в прийнятому масштабі. Для зручної побудови та користування графіками координати осі потрібно проводити по жирних лініях координатної сітки. Розрахункові точки, по яких проводять лінії графіка, мають бути виділені на кривих.

Рисунки (графіки) і таблиці наводяться відразу після першого посилання на них у тексті (на наступній сторінці, якщо їх виконано на окремих аркушах).

Побудови графіків руху слід виконувати з дотриманням правильного співвідношення масштабів.

Сторінки, графіки, рисунки, формули, таблиці треба пронумерувати. Таблиці мають бути з назвами, рисунки та графіки – з підписаними підписами.

Розрахунки виконуються з точністю до трьох значущих цифр. При обчисленнях можна використовувати логарифмічні лінійки, калькулятори, обчислювальні машини.

При використанні розрахункових нормативів, графічних залежностей або інших даних з літературних джерел студент повинен наводити посилання на джерело (назва, автор, місце та рік видання).

Після одержання попередньо перевіреної роботи студент повинен акуратно виправити помилки і зробити потрібні доповнення. Для виправлень можна використовувати зворотний (чистий) бік попереднього аркуша.

Стирати і закреслювати зауваження викладача заборонено. Роботу треба підписати і вказати дату її виконання.

Виконання всіх вимог є обов'язковою умовою для подання роботи до захисту. Контрольні роботи, в яких не виконано вказаних вище вимог, а також роботи, виконані не за своїм варіантом, до захисту не допускаються.

ЗАВДАННЯ 1

На першій сторінці роботи необхідно записати номер варіанта за двома останніми цифрами навчального шифру. Відповідні варіанту номери питання слід взяти із таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для завдання 1

Остання цифра навчального шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер питання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20
Номер питання	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Передостання цифра навчального шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номер питання	21	22	25	26	27	28	29	30	31	32
Номер питання	23	24	33	34	35	36	37	38	39	40

ПИТАННЯ ДО ПЕРШОГО ЗАВДАННЯ

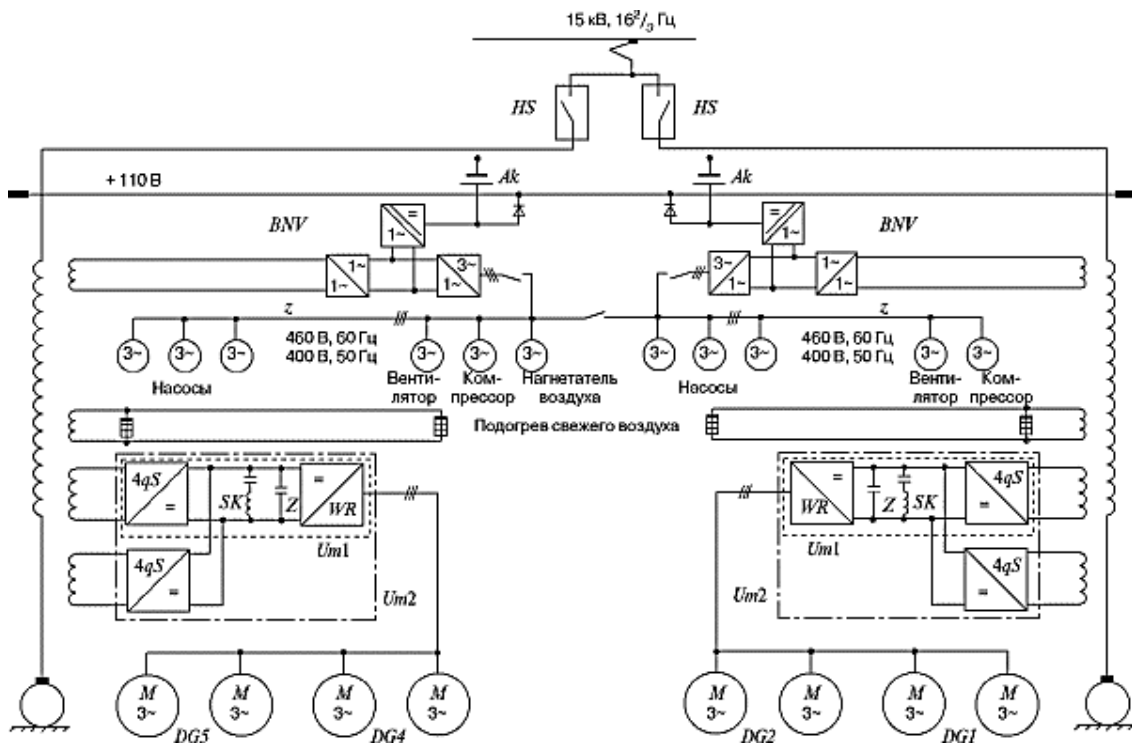
- 1 Структура та основні завдання систем швидкісного транспорту.
- 2 Конструкція кузовів швидкісного рухомого складу.
- 3 Вимоги до конструкції кузова швидкісного транспорту.
- 4 Конструкція візків швидкісного транспорту.
- 5 Вимоги до візків швидкісного транспорту.
- 6 Конструкція систем гальмування.
- 7 Вимоги до систем гальмування.
- 8 Схеми електричні силові принципів швидкісного транспорту в режимі тяги.
- 9 Схеми електричні силові принципів швидкісного транспорту в режимі гальмування.
- 10 Схеми електричні силові принципів швидкісного транспорту. Робота допоміжного обладнання.
- 11 Розташування силового обладнання на швидкісному транспорті.
- 12 Розташування системи кліматичного контролю.
- 13 Вимоги до розташування місць у салоні.
- 14 Вимоги до освітлення салону.
- 15 Тягові двигуни (конструкція).
- 16 Вимоги до тягових двигунів.
- 17 Тягові перетворювачі (схема електрична принципова).
- 18 Вимоги до тягових перетворювачів швидкісного рухомого складу.
- 19 Тягові перетворювачі швидкісного рухомого складу (габаритні розміри, розташування).
- 20 Трансформатори тягові швидкісного рухомого складу (вимоги, габаритні розміри, розташування).
- 21 Система охолодження тягового обладнання швидкісного рухомого складу.
- 22 Вимоги до елементів систем електропостачання швидкісним транспортом.
- 23 Вимоги до контактної мережі швидкісного транспорту.
- 24 Вимоги до колії швидкісних залізничних магістралей.
- 25 Система відеоспостереження.
- 26 Пожежна сигналізація.

- 27 Система контролю.
- 28 Система керування швидкісним рухомим складом.
- 29 Інформаційна система вагонів швидкісного рухомого складу.
- 30 Інфраструктура магнітолевітаційного транспорту.
- 31 Конструкція вагона магнітолевітаційного транспорту.
- 32 Колія магнітолевітаційного транспорту.
- 33 Система енергопостачання магнітолевітаційного транспорту.
- 34 Система безпеки руху магнітолевітаційного транспорту.
- 35 Диспетчерський контроль магнітолевітаційного транспорту.
- 36 Система гальмування магнітолевітаційного транспорту.
- 37 Визначення втрат електричної енергії магнітолевітаційного транспорту.
- 38 Обслуговування магнітолевітаційного транспорту.
- 39 Обслуговування колії магнітолевітаційного транспорту.
- 40 Техніко-економічне обґрунтування впровадження магнітолевітаційного транспорту.

Приклад оформлення відповіді на питання
«Схеми електричні силові принципові швидкісного транспорту в режимі тяги»

Відповідно до технічних вимог поїзди сімейства мають зберігати працездатність при виході з ладу одного тягового агрегату або відповідного йому комплексу допоміжних пристроїв. У зв'язку з цим в поїздах серій 423-425 передбачені два таких агрегати з відповідними допоміжними пристроями, які живляться від окремих трансформаторів (рисунок 1), однак мають загальний струмоприймач і один нагнітач підігрітого повітря.

Ці два компоненти характеризуються високою експлуатаційною надійністю, крім того, передбачалося переважне використання поїздів, зчеплених з декількох секцій. У зв'язку з цим ймовірність того, що одна секція залишиться без напруги контактної мережі або підігрітого повітря, надзвичайно мала.



Um1 – схема тягового перетворювача поїздів серій 424 і 425;
 Um2 – варіант тягового перетворювача для поїзда серії 423;
 DG1-DG2 – моторні візки

Рисунок 1 – Схема тягового ланцюга і допоміжних пристроїв поїздів серій 423–425

У двовагонному поїзді серії 426 тягова схема і допоміжні пристрої збережені такими, як і у поїздах серій 424 і 425. Водночас за аналогією до поїздів на локомотивній тязі і дизель-поїздів місцевих сполучень вирішено було відмовитися від їх повного резервування. Тут прийнято схему з двома тяговими агрегатами зменшеної потужності і відповідними допоміжними пристроями, однак із загальним трансформатором (рисунок 2). Цей трансформатор, так само як тяговий перетворювач і система бортового електропостачання, має спеціальне виконання.

Кожна базова секція має один пантограф типу DAS200, який у великій мірі ідентичний модифікації DAS350, використовуваної на високошвидкісних поїздах ICE. Трансформатор напруги, призначений для вимірювання напруги контактної мережі, має дві вторинні обмотки – по одній на тяговий агрегат. Кожен з агрегатів з'єднується з контактною мережею за допомогою окремого головного вакуумного вимикача HS.

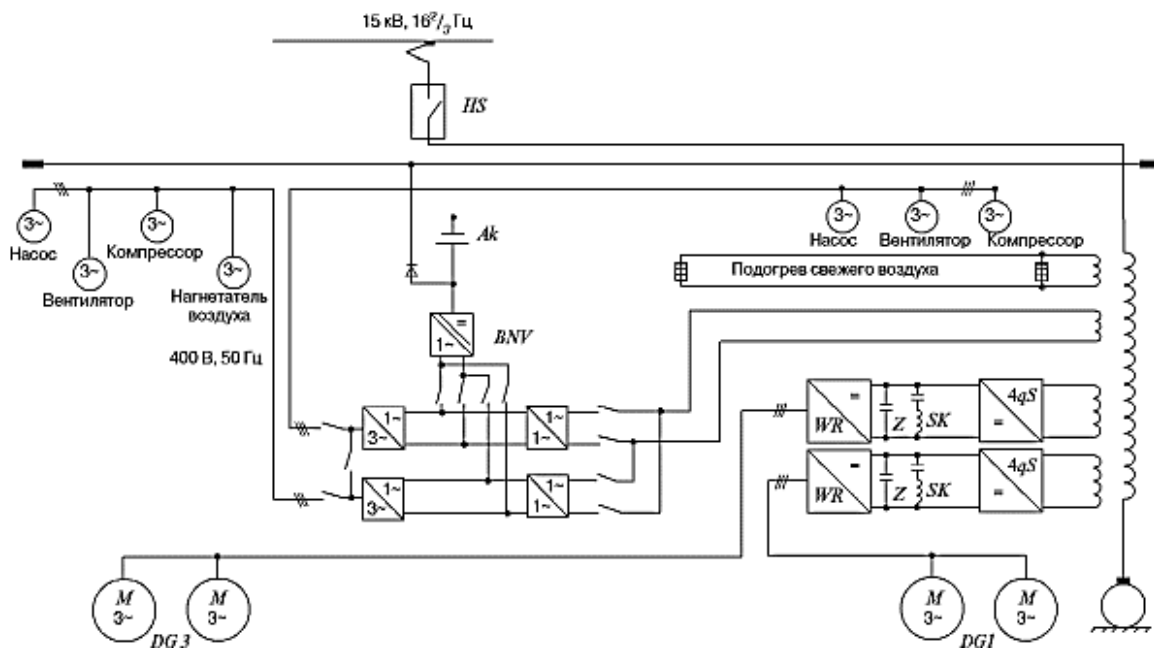


Рисунок 2 – Схема тягового ланцюга і допоміжних пристроїв поїзда серії 426

Локомотиви сімейства Prima компанії Alstom

На електровозах сімейства Prima як елементна база перетворювачів тягового привода застосовані біполярні транзистори з ізолюваним затвором (IGBT), що охолоджуються водою з гліколем, а як тягові двигуни – трифазні асинхронні електричні машини з опорно-рамним підвішуванням, кожна з яких отримує живлення від індивідуального перетворювача.

За базову прийнято схему тягового привода чотирисистемного електровоза (рисунок 3). В електровозах інших типів схема відповідним чином спрощується.

При роботі від систем тягового електропостачання змінного струму напругою 25 кВ, частотою 50 Гц і 15 кВ, 16 2/3 Гц головний трансформатор знижує напругу контактної мережі до потрібної величини. Ця напруга подається на входи регульованих випрямлячів, складених за схемою однофазного моста. При роботі від системи постійного струму напругою 1,5 кВ інвертори отримують живлення безпосередньо від контактної мережі через фільтр, при напрузі 3 кВ вторинні обмотки головного трансформатора і мостові випрямлячі Perez'єднані так, щоб функціонувати як подільник напруги.

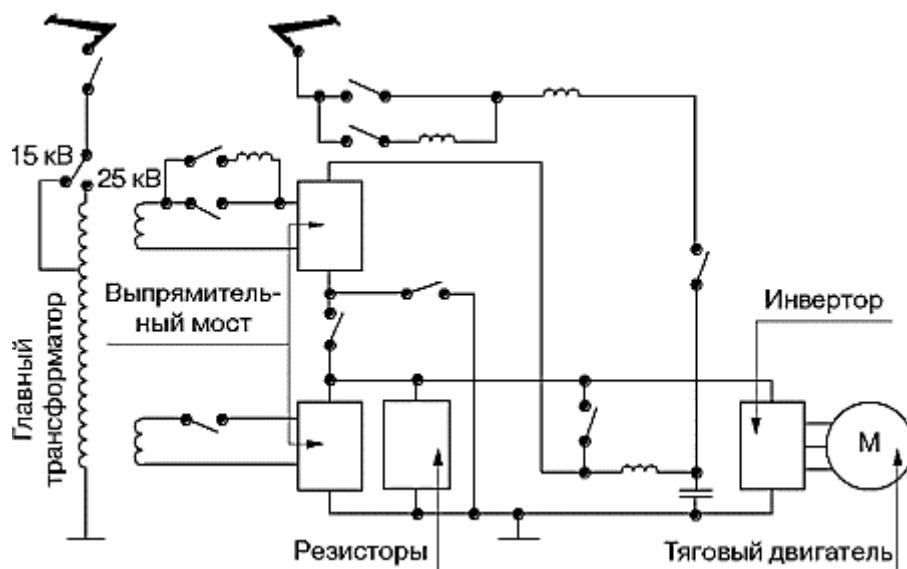


Рисунок 3 – Схема силова принципова чотирисистемного електровоза

Електровози оснащені системою рекуперативного гальмування потужністю 4200 кВт.

Основні технічні характеристики електровоза Prima:

Довжина, мм	19520
Відстань між центрами візків, мм	10060
Колісна база візків, мм	2600
Маса, т	90
Потужність, кВт	4200
Сила тяги під час руху, кН	320
Максимальна експлуатаційна швидкість, км/год	140

Один електровоз може вести поїзд масою 1600 т зі швидкістю 70 км/год на підйомі 10 ‰ і 125 км/год на підйомі 2 ‰. У разі потреби можна поєднувати у зчепленні до чотирьох (залежно від потужності системи електропостачання) електровозів з керуванням по системі багатьох одиниць.

Двосистемний електровоз серії EG3100

Концепція тягового привода електровоза EG3100 в основному така сама, що і на електровозі серії 152. Йдеться про привод з двома тяговими перетворювачами, проміжною ланкою постійної напруги, імпульсними інверторами і трифазними асинхронними тяговими двигунами. Основна відмінність полягає

в тому, що на EG3100 кожен перетворювач живить не два тягових двигуни, а три (рисунок 4): DS – роз'єднувач дахової магістралі; ES – заземлювач; HBU – допоміжний перетворювач; HS – головний вимикач; М – тяговий двигун; Q – перемикач систем струму; SA – розрядник; SR – тяговий перетворювач; F – фільтр; ZSS – збірна шина поїзного електропостачання.

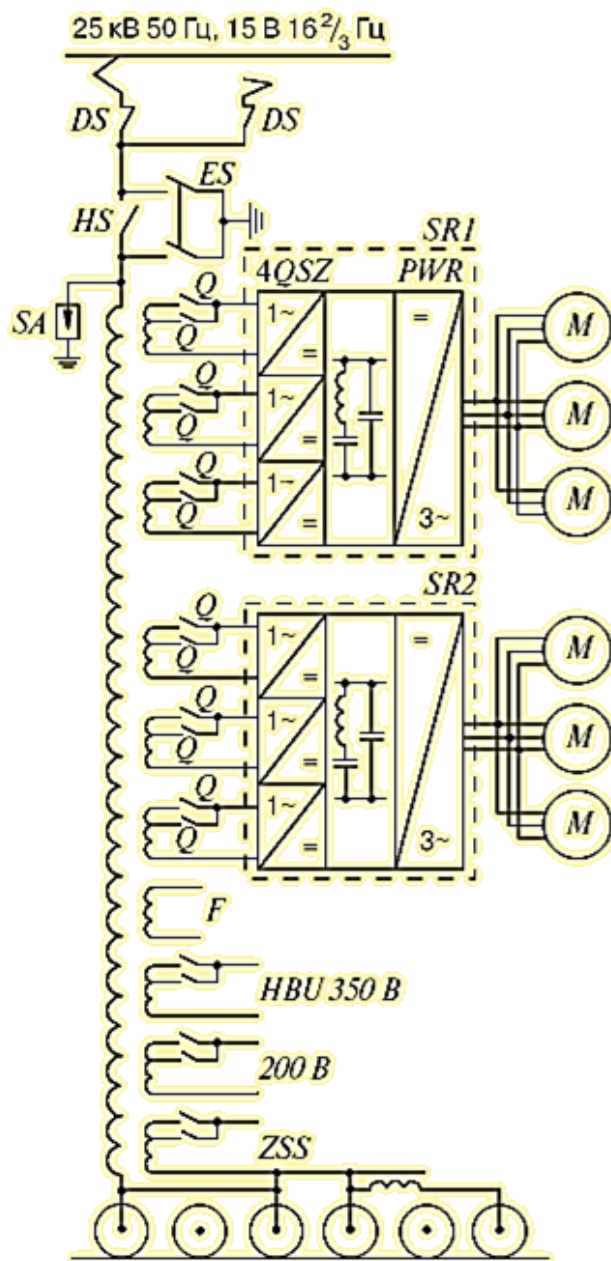


Рисунок 4 – Схема електрична принципова електровоза

Електровоз Е.464

Електровоз розрахований на живлення від контактної мережі постійного струму напругою 3 кВ, але може працювати і від напруги 1,5 кВ, що необхідно при заході на прикордонні станції Вентімілья і Модан, що є також станціями стикування із залізницями Франції, лінії яких в цьому районі електрифіковані саме на такій напрузі.

Схему силову принципову електровоза наведено на рисунку 5.

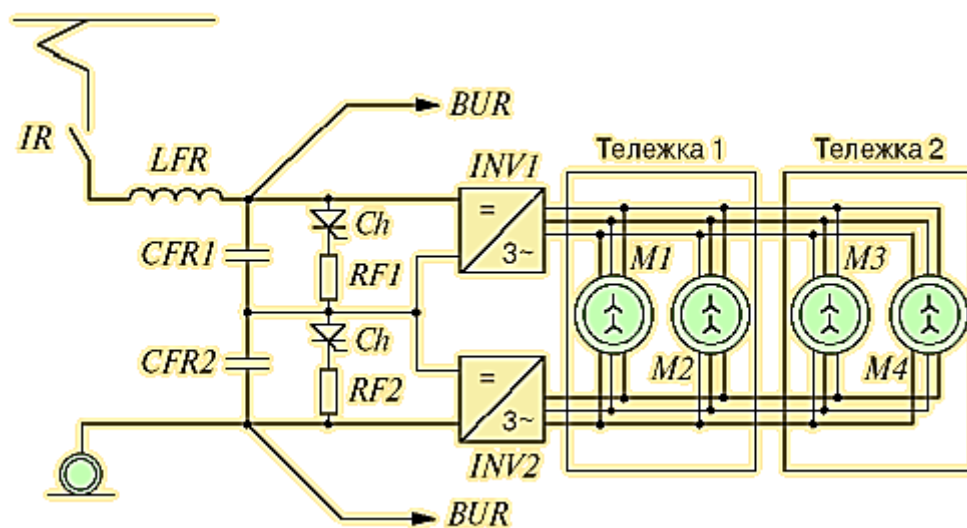


Рисунок 5 – Схема принципова силова електровоза Е.464

На даху електровоза встановлені два струмоприймачі типу FS 52/92. Загальний захист ланцюгів високої напруги здійснюється надшвидкодіючим вимикачем (IR) типу Secheron UR 26. Між вимикачем і перетворювачами включений згладжувальний лінійний фільтр, що складається з дроселя (LFR) і конденсаторів (CFR1, CFR2).

Високошвидкісний електропоїзд AVE S103

Схему тягового ланцюга подана на рисунку 6. У поїзді AVE S103, потужність якого в порівнянні з ICE3 підвищено на 10 %, встановлені тягові перетворювачі на двоопераційних тиристорах з водяним охолодженням. Систему охолодження

приводи, що мають відношення до тягового перетворювача, а саме гідронасоса (PTS) і вентилятора (LTS) його системи охолодження, а також вентиляторів (LFM, LBW) тягових двигунів (FM) і гальмівних резисторів (BW), у тому числі й при тимчасовій відсутності напруги в контактній мережі. Дросель LG перетворювача HBST разом з дроселем LSK контуру, що гасить гармоніку частотою 100 Гц, розміщені в системі охолодження тягового перетворювача, де їх обдуває потік повітря з виходу теплообмінника.

Розташовані на даху так званих перетворювальних вагонів (03 або 06 з контейнерами тягових перетворювачів під кузовом) гальмівні резистори «половинного» поїзда, що складається з чотирьох вагонів, примусово охолоджуються вентиляторами LBW.

Тягові двигуни поїзда AVE S103 мають таку саму конструкцію, як і поїзди ICE3. Розрахунки показали, що при підвищеному термічному навантаженні вони задовольняють вимоги з достатнім резервом. Частота обертання тягових двигунів обох поїздів однакова, проте для досягнення швидкості 350 км/год на поїзді AVE S103 змінено передавальне число редуктора.

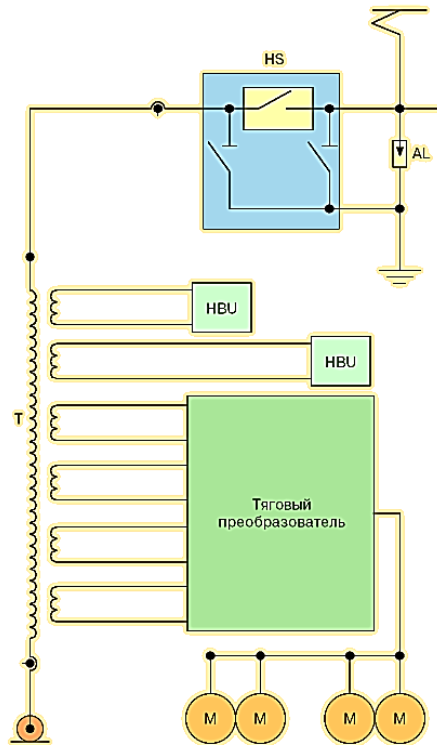
Відповідно до стандарту EN 13104 колісні пари нового поїзда виконані зі збільшеним діаметром осей, що потребувало зміни конструкції корпусу редуктора. Розташування компонентів тягового привода у візку збережено таким самим, як у поїзді ICE3: з поперечним розташуванням тягових двигунів, які пружно спираються на раму, і розміщеними на осях колісних пар легкими редукторами.

Venturio – високошвидкісний поїзд модульної конструкції

В електричній силовій схемі поїздів Venturio напруга від контактної мережі через пантограф, головний вимикач та інші елементи подається на компоненти, розташовані в підкузовному просторі. У поїздах з вагонів з кузовами, що нахилиються, передбачено систему стабілізації струмоприймача при нахилі кузова.

В електропоїздах Venturio змінного струму (рисунок 7) напруга контактної мережі підводиться до розташованого під

кузовом головного трансформатора, який охолоджується мінеральним маслом і відрізняється надійністю конструкції, високим ККД і низькими втратами, що важливо для експлуатуючих компаній з точки зору енерговитрат на тягу.



Т – головний трансформатор; НВУ – перетворювач живлення допоміжних пристроїв; М – тяговий двигун; HS – головний вимикач; AL – розрядник

Рисунок 7 – Схема тягового ланцюга поїзда Venturio змінного струму

У дизель-поїздах Venturio з електричною передачею використані сучасні екологічні дизелі потужністю 560 кВт, які вже експлуатуються на дизель-поїздах DBAG серії 605. Від генератора трифазного струму напруга подається на випрямляч, а від нього підводиться до імпульсних інверторів, які живлять асинхронні трифазні тягові двигуни.

Високошвидкісні поїзди для лінії TGV Est

У моторних вагонів поїздів TGV РВКА, що експлуатуються при напрузі в контактній мережі 15 кВ і частоті $16 \frac{2}{3}$ Гц змінного струму, потужності кожного тягового двигуна, яка дорівнює 460 кВт (і, відповідно, потужності тягового трансформатора 2,7 МВА), досить для забезпечення експлуатації на лініях DBAG в районах Кельна і Дюссельдорфа зі швидкістю 140 і 200 км/год.

В їхній силовій електричній схемі вторинна обмотка трансформатора живить напругою 1,5 кВ статичні тяговий випрямляч та інвертор. Характеристики тягового інвертора обрані, виходячи з умов роботи при живленні від контактної мережі постійного струму 3 кВ на мережі залізниць Бельгії (SNCB).

У схемі моторних вагонів нового поїзда POS (рисунок 8) передбачено живлення випрямляча напругою 3 кВ замість 1,5 кВ. При цій простій модифікації потужність, що передається тяговим двигунам, збільшується у два рази.

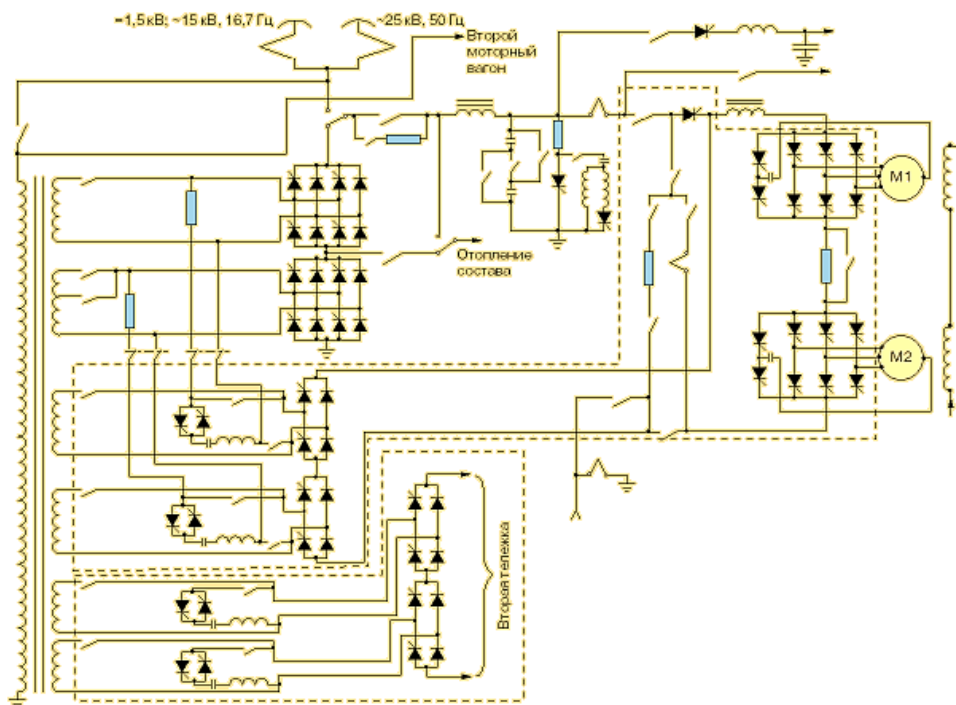


Рисунок 8 – Силова схема моторного вагона TGV POS
(живлення тягових двигунів одного візка)

Для підвищення коефіцієнта потужності вторинна обмотка трансформатора, що має напругу 3 кВ, розділена на дві частини з

напругою 1,5 кВ, що живлять окремі випрямні мости. Частину схеми, що належить до напруги 25 кВ змінного струму, залишено без зміни. Подібним чином порівняно невеликих змін зазнали блоки тягових двигунів.

ЗАВДАННЯ 2

У другій частині роботи за вказівками та рекомендаціями викладача необхідно виконати техніко-економічне обґрунтування впровадження швидкісного руху залізницями України. Для цього треба визначити: капітальні вкладення в рухомий склад з урахуванням реноваційних відрахувань, вартість електроенергії для руху поїздів, енергетичні витрати на власні потреби, ремонтні витрати, витрати на утримання локомотивних та поїзних бригад, вартість пасажиро-годин.

2.1 Визначення капітальних вкладень у рухомий склад

Для порівняння рухомого складу та прийняття рішення щодо впровадження в межах обслуговування необхідно визначити капітальні вкладення в рухомий склад за формулою, наведеною нижче.

$$K = k \cdot (c_M \cdot m_M + c_{\text{ПР}} \cdot m_{\text{ПР}})(p_{\text{рен}} + p_{\text{ок}}), \quad (2.1)$$

де k – необхідна кількість секцій, яка визначається кількістю поїздів в інтенсивний час;

c_M – вартість моторного вагона;

m_M – кількість моторних вагонів у секції;

$c_{\text{ПР}}$ – вартість причіпного вагона;

$m_{\text{ПР}}$ – кількість причіпних вагонів у секції;

$p_{\text{рен}}$ – нормативний коефіцієнт реноваційних відрахувань від вартості рухомого складу, % (2 – 2,4 для моторних вагонів; 3,3 – для дизель-поїздів та автомотрис; 1,8 – для пасажирських та причіпних вагонів);

$P_{ок}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень,
 $P_{ок} = 10 \%$.

2.2 Визначення вартості електроенергії для руху поїздів

Експлуатаційний фактор також впливає на прийняття рішення щодо використання нового рухомого складу. В межах обслуговування визначаємо його за формулою:

$$E = 365 \cdot \left[\Delta a \cdot c_e (P \cdot m_M + Q \cdot m_{ПР}) \cdot \frac{2 \cdot L_{сер}^{II} \cdot N_{доб} \cdot n}{1000 \cdot \eta_{км} \cdot \eta_{нс}} \right], \quad (2.2)$$

де 365 – кількість днів у році;

Δa – питомі витрати електроенергії на рух поїзда, Вт·год/ткм;

c_e – тарифна ціна 1 кВт·год енергії на вводах тягової підстанції;

P – вага моторного вагона з вагою пасажирів, т;

m_M – кількість моторних вагонів у секції;

Q – вага причіпного вагона з вагою пасажирів, т;

$m_{ПР}$ – кількість причіпних вагонів у секції;

$L_{сер}^{II}$ – середня дальність пробігу моторвагонного поїзда, км;

$N_{доб}$ – добова кількість поїздів;

n – кількість секцій у складі поїзда;

1000 – перевідний коефіцієнт;

$\eta_{км}$ – коефіцієнт корисної дії контактної мережі;

$\eta_{нс}$ – коефіцієнт корисної дії тягової підстанції.

Питомі витрати електроенергії на тягу поїздів розраховуємо за методикою, розробленою Бещевою Н. І. [11]. При реостатно-контакторній системі управління використовується формула:

$$\Delta a = \frac{2.725}{\eta_{cp}} \left\{ \omega_{cp} + \frac{k_{II} v_{II}^2}{2 * 3.6^2 * 1000 l_{II}} \left[\frac{1000(1 + \gamma)}{9.81} - \frac{\omega_{II} + i_{II}}{a_{II}} \right] \right\} + \frac{2.725}{\eta_{cp}} \left\{ + \frac{v_H^2}{2 * 3.6^2 * 1000 l_{II}} \left[\frac{1000(1 + \gamma)}{9.81} - \frac{\omega_T + i_T}{b} \right] \right\}, \quad (2.3)$$

де η_{cp} – середній ККД двигуна; для електродвигунів моторних вагонів постійного струму $\eta_{cp} = 0,88$;

w_{cp} – середній основний питомий опір руху рухомого складу в режимі тяги; $w_{cp} = w_0 + i_3$, кГ/т; w_{cp} може бути визначено за формулами основного питомого опору руху в режимі тяги при швидкості руху $(1,05-1,15) \times v_T$;

w_T – середній питомий опір рухомого складу на гальмовому шляху, кГ/т; w_T може бути орієнтовно визначене за формулою опору руху без струму (на холостому ході) при швидкості, що дорівнює $0,7 \times v_{II}$;

w_n – середнє значення основного питомого опору руху на пусковій дорозі, кГ/т; може бути визначене за формулою опору руху під струмом (у режимі тяги) при швидкості $0,7 \times v_n$;

$(1 + \gamma)$ – коефіцієнт інерції мас поїзда, що обертаються;

v_n – швидкість у кінці пуску двигуна, км/год;

k_{II} – коефіцієнт пуску, тобто відношення втраченої в пускових пристроях енергії до корисної роботи; при постійному струмі і послідовно паралельній схемі $k_{II} = 0,5$ та одноступінчастому пуску на моторних вагонах постійного струму $k_{II} = 1$;

l_a – середня довжина перегону, км;

a_{II} – пускове прискорення, м/с²;

b – гальмівне уповільнення, м/с²;

v_H – швидкість у момент початку гальмування, км/год.

Питомі витрати електроенергії на тягу поїздів при імпульсній системі управління розраховуються за формулою:

$$\Delta a = \frac{2,725}{\eta_{cp}} \left\{ \omega_{cp} + \frac{v_H^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot 1000 l_{II}} \left[\frac{1000(1 + \gamma)}{9.81} - \frac{\omega_T + i_T}{b} \right] \right\}. \quad (2.4)$$

Розраховуємо масу складу електропоїзда:

$$m_e = 5 \cdot m_m + 3 \cdot m_{np} + 2 \cdot m_z, \quad (2.5)$$

де m_e – маса електрорухомого складу, т;

$5 \cdot m_m$ – кількість та маса моторних вагонів відповідно, т;

$3 \cdot m_{np}$ – кількість та маса причіпних вагонів відповідно, т;

$2 \cdot m_z$ – кількість та маса головних вагонів відповідно, т.

Наприклад, для розрахунку електропоїзда приміського сполучення складом 5 секцій

$$m_e = 5 \cdot 54,6 + 3 \cdot 38,3 + 2 \cdot 40,9 = 467,9 \text{ т.}$$

Розраховуємо завантаженість поїзда за маршрутом прямування:

$$m_{\text{бр}} = m_e + k_{\text{зав}} \cdot k_{\text{нас}} \cdot m_{\text{нас}} \quad (2.6)$$

де $m_{\text{бр}}$ – маса бруто електропоїзда, т;

$k_{\text{зав}}$ – коефіцієнт завантаженості;

$k_{\text{нас}}$ – кількість місць для сидіння у складі;

$m_{\text{нас}}$ – середня вага пасажирів, приймається 70 кг.

Приклад розрахунку ваги електрорухомого складу:

$$m_{\text{бр}} = 467,9 + 1,5 \cdot 1037 \cdot 0,07 = 576,785 \text{ т.}$$

Приклад розрахунку роботи електропоїзда для дослідного перегону:

$$\Sigma QL = m_{\text{бр}} \cdot l_{\text{пер}} = 576,785 \cdot 1,9 = 1095,89 \text{ т,}$$

де $l_{\text{пер}}$ – довжина відповідного перегону, км.

2.3 Визначення енергетичних витрат на власні потреби

Сучасний рухомий склад надає можливість застосування сучасних систем комфорту, які споживають значну частину енергії. Оцінку вартості енергії для комфорту проводимо за формулою:

$$E_{\text{влас}} = 365 \cdot \left[\frac{\Delta P_{\text{власн}} \cdot c_e}{v_{\text{дiл}}} \cdot \frac{2 \cdot L_{\text{сер}}^{\text{II}} \cdot N_{\text{доб}} \cdot n}{1000 \cdot \eta_{\text{км}} \cdot \eta_{\text{пс}}} \right], \quad (2.7)$$

де $\Delta P_{\text{власн}}$ – споживана потужність на власні потреби, кВт;

c_e – тарифна ціна 1 кВт-год енергії на вводах тягової підстанції

$v_{\text{дiл}}$ – швидкість ділянкова, км/год.

2.4 Розрахунок ремонтних витрат на утримання швидкісного рухомого складу

Сучасний рухомий склад має досконалі технічні рішення, порівняння яких можливо при визначенні ремонтних витрат на утримання рухомого складу,

$$P = 365 \cdot \left[(\Delta a_w \cdot c_w + \Delta a_T \cdot c_T) (P \cdot m_M + Q \cdot m_{\text{ПР}}) \cdot \frac{2 \cdot L_{\text{сер}}^{\text{II}} \cdot N_{\text{доб}} \cdot n}{1000} \right], \quad (2.8)$$

де Δa_w – питомі витрати енергії для подолання сил опору руху, Вт·год/ткм;

c_w – вартість ремонту рухомого складу та колії, що пов'язано з подоланням сил опору руху, грн/кВт·год механічної роботи;

Δa_T – питомі витрати енергії, що пов'язані з втратами енергії в гальмах, Вт·год/ткм;

c_T – вартість ремонту рухомого складу та колії, що пов'язано з гальмуванням грн/кВт·год механічної роботи.

2.5 Визначення витрат на утримання локомотивних та поїзних бригад

$$C = 365 \cdot \left[\left(\frac{2 \cdot L_{сер}^{\Pi}}{v_{mex}} + \Sigma \Delta t + 2t_0 \right) \cdot N_{дoб} \cdot c_{бp} \right], \quad (2.9)$$

де $L_{сер}^{\Pi}$ – середня дальність пробігу моторвагонного рухомого складу, км;

v_{mex} – швидкість технічна, км/год;

$\Sigma \Delta t$ – час стоянок, год;

$2t_0$ – час перебування складу в пунктах обертання, год;

$c_{бp}$ – вартість одного часу роботи локомотивної бригади з урахуванням провідника, грн.

2.6 Визначення вартості пасажиро-годин

$$П = 365 \cdot \left[\frac{2 \cdot L_{сер}^{nac}}{v_{дil}} A_n \cdot N_{дoб} \cdot c_{псч} \right], \quad (2.10)$$

де $L_{сер}^{nac}$ – середня дальність поїздки пасажира, км;

$v_{дil}$ – швидкість ділянкова, км/год;

A_n – населеність поїзда;

$c_{псч}$ – вартість 1 пас-год, грн.

ВИСНОВКИ

У висновках узагальнюємо результати контрольної роботи:

1 В якому напрямі набуто вдосконалення рухомого складу для статусу швидкісного руху (за питаннями завдання 1).

2 Основні вимоги до електрорухомого складу швидкісного руху.

3 Основні вимоги до колії, де використовується швидкісний рух.

4 Основні вимоги до контактної мережі, де використовується швидкісний рух.

5 Основні вимоги до системи електропостачання, де використовується швидкісний рух.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО САМОКОНТРОЛЮ

Q1 Яка стандартна висота підвіски контактного проводу для швидкості до 160 км/год? (Висота підвіски контактного проводу вказується в площині поверхні кочення рейок)

Q2 Яка стандартна висота підвіски контактного проводу для швидкості від 161 до 250 км/год? (Висота підвіски контактного проводу вказується в площині поверхні кочення рейок)

Q3 Яка стандартна висота підвіски контактного проводу для швидкості від 251 до 350 км/год? (Висота підвіски контактного проводу вказується в площині поверхні кочення рейок)

Q4 Яка стандартна висота підвіски контактного проводу для швидкості до 160 км/год з урахуванням особливостей національних норм? (Висота підвіски контактного проводу вказується в площині поверхні кочення рейок)

Q5 Яка стандартна висота підвіски контактного проводу для швидкості від 161 до 250 км/год з урахуванням особливостей національних норм? (Висота підвіски контактного проводу вказується в площині поверхні кочення рейок)

Q6 Яка найбільша різниця у висоті контактного проводу, виміряна між двома сусідніми опорами, при постійній висоті підвіски контактного проводу під час його монтажу для руху поїздів зі швидкістю до 160 км/год?

Q7 Яка найбільша різниця у висоті контактного проводу, виміряна між двома сусідніми опорами, при постійній висоті підвіски контактного проводу під час його монтажу для руху поїздів зі швидкістю від 161 до 250 км/год?

Q8 Яка найбільша різниця у висоті контактного проводу, виміряна між двома сусідніми опорами, при постійній висоті підвіски контактного проводу під час його монтажу для руху поїздів зі швидкістю від 251 до 350 км/год?

Q9 Яка найбільша довжина прогону до 160 км/год?

Q10 Яка найбільша довжина прогону від 161 до 250 км/год?

Q11 Яка найбільша довжина прогони від 251 до 350 км/год?

Q12 Яка найбільша різниця між двома суміжними анкерними ділянками для руху поїздів зі швидкістю до 160 км/год?

Q13 Яка найбільша різниця між двома суміжними анкерними ділянками від 161 до 250 км/год?

Q14 Яка найбільша різниця між двома суміжними анкерними ділянками від для руху поїздів зі швидкістю 251 до 350 км/год?

Q15 Яка рекомендована конструктивна висота систем для руху поїздів зі швидкістю до 160 км/год? (Вертикальна відстань між серединою контактного проводу та серединою несучого троса в опорному пункті)

Q16 Яка рекомендована конструктивна висота систем для руху поїздів зі швидкістю від 161 до 250 км/год? (Вертикальна відстань між серединою контактного проводу та середина несучого троса в опорному пункті)

Q17 Яка рекомендована конструктивна висота систем для руху поїздів зі швидкістю від 251 до 350 км/год? (Вертикальна

відстань між серединою контактного проводу та середина несучого тросу в опорному пункті)

Q18 Яка відстань між суміжними струнами для руху поїздів зі швидкістю до 160 км/год?

Q19 Яка відстань між суміжними струнами для руху поїздів зі швидкістю від 161 до 250 км/год?

Q20 Яка відстань між суміжними струнами при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q21 Яка стріла провисання проводу при температурі +15 °С при швидкості руху до 160 км/год?

Q22 Яка стріла провисання проводу при температурі +15 °С при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q23 Яка стріла провисання проводу при температурі +15 °С при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q24 Який зигзаг контактного проводу від осі струмоприймача біля опори при швидкості руху до 160 км/год?

Q25 Який зигзаг контактного проводу від осі струмоприймача біля опори при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q26 Який зигзаг контактного проводу від осі струмоприймача біля опори при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q27 Яке допустиме відхилення від встановлених значень зигзагів контактного проводу при швидкості руху до 160 км/год?

Q28 Яке допустиме відхилення від встановлених значень зигзагів контактного проводу при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q29 Яке допустиме відхилення від встановлених значень зигзагів контактного проводу при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q30 Яке найбільш допустиме бокове відхилення контактного проводу в прогоні при максимальному боковому вітрі при швидкості руху до 160 км/год?

Q31 Яке найбільш допустиме бокове відхилення контактного проводу в прольоті при максимальному боковому вітрі при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q32 Яке найбільш допустиме бокове відхилення контактного проводу в прогоні при максимальному боковому вітрі при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q33 Яка кількість прогонів на сполучених анкерних ділянках при швидкості руху до 160 км/год?

Q34 Яка кількість прогонів на сполучених анкерних ділянках при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q35 Яка кількість прогонів на сполучених анкерних ділянках при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q36 Яка номінальна питома вага контактного проводу при швидкості руху до 160 км/год?

Q37 Яка номінальна питома вага контактного проводу при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q38 Яка номінальна питома вага контактного проводу при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q39 Яка номінальна питома вага несучого троса при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q40 Яка номінальна питома вага несучого троса при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q41 Яка номінальна питома вага несучого троса при швидкості руху до 160 км/год?

Q42 Який допустимий підйом контактного проводу в момент проходження струмоприймача біля опори при швидкості руху до 160 км/год (без впливу кліматичних умов)?

Q43 Який допустимий підйом контактного проводу в момент проходження струмоприймача біля опори при швидкості руху від 161 до 250 км/год (без впливу кліматичних умов)?

Q44 Який допустимий підйом контактного проводу в момент проходження струмоприймача біля опори при швидкості руху від 251 до 350 км/год (без впливу кліматичних умов)?

Q45 Яка допустима дія струмоприймача з урахуванням впливу аеродинамічної складової на контактну мережу при швидкості руху до 160 км/год?

Q46 Яка допустима дія струмоприймача з урахуванням впливу аеродинамічної складової на контактну мережу при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q47 Яка допустима дія струмоприймача з урахуванням впливу аеродинамічної складової на контактну мережу при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q48 Який допустимий ухил контактного проводу при швидкості руху до 160 км/год?

Q49 Який допустимий ухил контактного проводу при швидкості руху від 161 до 250 км/год?

Q50 Який допустимий ухил контактного проводу при швидкості руху від 251 до 350 км/год?

Q51 З якого матеріалу виготовляють контактний провід для швидкісного руху до 160 км/год?

Q52 З якого матеріалу виготовляють контактний провід для швидкісного руху від 161 до 250 км/год?

Q53 З якого матеріалу виготовляють контактний провід для швидкісного руху від 251 до 350 км/год?

Q54 Кількість контактних проводів для швидкісного руху до 160 км/год при постійному струмі.

Q55 Кількість контактних проводів для швидкісного руху від 161 до 250 км/год при змінному струмі.

Q56 Кількість контактних проводів для швидкісного руху від 251 до 350 км/год при змінному струмі.

Q57 Який мінімальний переріз кожного контактного проводу для швидкісного руху від 251 до 350 км/год при змінному струмі?

Q58 Який мінімальний переріз кожного контактного проводу для швидкісного руху від 161 до 250 км/год при постійному струмі?

Q59 Який максимально допустимий знос контактного проводу для швидкісного руху від 161 до 250 км/год при постійному струмі?

Q60 Який максимально допустимий знос контактного проводу для швидкісного руху від 161 до 250 км/год при змінному струмі?

Q61 Який максимально допустимий знос контактного проводу для швидкісного руху від 251 до 350 км/год при змінному струмі?

Q62 Який максимально допустимий знос контактного проводу для швидкісного руху до 160 км/год при змінному струмі?

Q63 Який максимально допустимий знос контактного проводу для швидкісного руху до 160 км/год при постійному струмі?

Q64 Яка приведена вага струмоприймача електровоза для швидкостей руху до 160 км/год при постійному струмі?

Q65 Яка приведена вага струмоприймача електровоза для швидкостей руху від 161 до 250 км/год при постійному струмі?

Q66 Яка приведена вага струмоприймача електропоїзда для швидкостей руху від 161 до 250 км/год при постійному струмі?

Q67 Яка приведена вага струмоприймача електровоза для швидкостей руху від 161 до 250 км/год при змінному струмі?

Q68 Яка приведена вага струмоприймача електропоїзда для швидкостей руху від 161 до 250 км/год при змінному струмі?

Q69 Яка приведена вага струмоприймача електропоїзда для швидкостей руху від 251 до 350 км/год при змінному струмі?

Q70 Яка приведена вага струмоприймача електровоза для швидкостей руху від 251 до 350 км/год при змінному струмі?

Q71 Яка приведена вага струмоприймача електровоза для швидкостей руху до 160 км/год при змінному струмі?

Q72 Яка вага полоза струмоприймача електровоза для швидкостей руху до 160 км/год?

Q73 Яка вага полоза струмоприймача електропоїзда для швидкостей руху до 160 км/год?

Q74 Яка вага полоза струмоприймача електропоїзда для швидкостей руху до 250 км/год?

Q75 Яка вага полоза струмоприймача електропоїзда для швидкостей руху до 350 км/год?

Q76 Яка вага полоза струмоприймача електровоза для швидкостей руху до 350 км/год?

Q77 Який пасивний статичний натиск струмоприймача з допустимим струмом не менше 2100 А?

Q78 Який пасивний статичний натиск струмоприймача з допустимим струмом не менше 750 А?

Q79 Який активний статичний натиск струмоприймача з допустимим струмом не менше 2100 А?

Q80 Який активний статичний натиск струмоприймача з допустимим струмом не менше 750 А?

Q81 Яка різниця між найбільшим та найменшим натиском в діапазоні робочої висоти струмоприймача з допустимим струмом не менше 750 А?

Q82 Яка різниця між найбільшим та найменшим натиском в діапазоні робочої висоти струмоприймача з допустимим струмом не менше 2100 А?

Q83 Яка величина сил тертя в шарнірах (подвійна), приведена до контактної поверхні в діапазоні робочої висоти струмоприймача з допустимим струмом не менше 2100 А?

Q84 Яка величина сил тертя в шарнірах (подвійна), приведена до контактної поверхні в діапазоні робочої висоти струмоприймача з допустимим струмом не менше 750 А?

Q85 В яких межах механізм струмоприймача повинен мати можливість зменшення натиску по відношенню до нормованого значення активної складової статичного натиску?

Q86 В яких межах механізм струмоприймача повинен мати можливість зменшення натиску по відношенню до нормованого значення пасивної складової статичного натиску?

Q87 При найбільшій швидкості руху та зустрічному вітрі 29 м/с аеродинамічна дія на робочий струмоприймач не має викликати збільшення натиску у порівнянні із середнім статистичним більш ніж...

Q88 Яка сила повітря приймається розрахунковою при проектуванні струмоприймачів?

Q89 Яка аеродинамічна дія на струмоприймач зустрічного повітряного потоку для швидкостей руху до 160 км/год при постійному струмі?

Q90 Яка аеродинамічна дія на струмоприймач зустрічного повітряного потоку для швидкостей руху до 160 км/год при змінному струмі?

Q91 Яка аеродинамічна дія на струмоприймач зустрічного повітряного потоку для швидкостей руху від 161 до 200 км/год при змінному струмі?

Q92 Яка аеродинамічна дія на струмоприймач зустрічного повітряного потоку для швидкостей руху від 161 до 250 км/год при постійному струмі?

Q93 Яка аеродинамічна дія на струмоприймач зустрічного повітряного потоку для швидкостей руху від 251 до 350 км/год при змінному струмі?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Гетьман Г. К. Теорія електричної тяги: монографія: у 2 т. Дніпропетровськ : Вид-во «Маковецький», 2011. Т 1. 456 с.

2 Гетьман Г. К. Теорія електричної тяги: монографія: у 2 т. Дніпропетровськ : Вид-во «Маковецький», 2011. Т 1. 364 с.

3 URL : <http://www.zdmira.com>

4 URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki>

