

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВАГОНІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсового проекту з дисципліни
“Технічне обслуговування та ремонт електрообладнання вагонів”
напряму підготовки 6.070105 «Рухомий склад залізниць»
професійного (фахового) спрямування “Вагони та вагонне господарство”
для студентів усіх форм навчання

УДК 629.45

Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Вибір основного електрообладнання і мережі електропостачання пасажирського вагона” / В.В. Обуховський. – Видавництво ДЕТУТ, 2014. – 44с.

У методичних вказівках наведений зміст курсового проекту і загальні вимоги до нього, розглянуті теоретичні та практичні питання щодо розрахунку і вибору електрообладнання пасажирського вагона, а також технічного обслуговування і ремонту.

Методичні вказівки надають можливість студенту складати технічні завдання на вибір окремих частин електрообладнання пасажирських вагонів, користуватися довідковою літературою, читати схеми електрообладнання.

Для студентів напрямку підготовки 6.070105 "Рухомий склад залізниць" професійного (фахового) спрямування “Вагони та вагонне господарство”.

Методичні вказівки до виконання курсового проекту розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Вагони та вагонне господарство» (протокол №11 від 17.05.2013р.) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗ (протокол №9 від 28.05.2013р.).

Укладач: Обуховський В. В., к.і.н., доцент.

Рецензенти: Черних Ю.М, к.т.н., доцент кафедри ТРС.

Васеляка С.М., начальник ремонтного вагонного депо
Козятин.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Завдання на курсовий проект	5
2 Варіанти завдань по ремонту електрообладнання.....	9
3 Коротка характеристика електрообладнання пасажирського вагона.....	11
3.1 Системи електропостачання.....	11
3.2 Освітлення	13
3.3 Вентиляція	14
3.4 Опалення	15
3.5 Системи охолодження повітря.....	16
4 Визначення потужності та вибір основних споживачів електроенергії пасажирського вагона.....	17
4.1 Визначення потужності електродвигунів вентиляторів та насосів.....	17
4.2 Визначення потужності електродвигуна компресора установки кондиціонування повітря.....	18
4.3 Вибір електродвигунів за каталогом.....	19
4.4 Визначення потужності електричних пристроїв опалення	22
4.5 Визначення потужності освітлювального навантаження.....	23
4.6 Перелік споживачів електроенергії пасажирського вагона і їх характеристика.....	25
5 Принципова однолінійна електрична схема електропостачання пасажирського вагона.....	26
6 Визначення розрахункових навантажень.....	27
7 Визначення пікових навантажень.....	29
8 Визначення потужності джерела електроенергії пасажирського вагона.....	29
9 Вибір дротів мережі електропостачання пасажирського вагона.....	30
10 Вибір комутаційної апаратури.....	33
11 Вибір захисної апаратури.....	34
Список літератури.....	38

ВСТУП

Сучасний пасажирський вагон обладнаний достатньо великою кількістю різноманітного електрообладнання, яке використовується для створення пасажирам необхідних санітарно-гігієнічних (комфортних) умов, приготування та зберігання їжі у вагонах-ресторанах, радіомовлення та роботи пристроїв зв'язку, полегшення праці поїзної бригади та забезпечення безпеки руху поїздів.

Робота вагонного електрообладнання має ряд характерних особливостей. Вона проходить в умовах вібрації, при зміні за величиною і часом швидкості руху поїзда від 0 до 160 км/год. Часто це обладнання працює в різко змінному температурному режимі, при дії атмосферних опадів, пилу, потоку повітря (підвагонне обладнання), конденсату і вологи. Із-за великої скупченості та обмеження можливості зручного розташування огляд апаратури та машин значно утруднений; крім того вагони звичайно експлуатуються далеко від ремонтних баз, і в той же час від електрообладнання вимагається підвищена надійність та безпека роботи.

Принципові схеми електрообладнання однотипних вагонів не відрізняються між собою, але конструктивне виконання їх обладнання різне. Окремі вузли, машини, апарати а також дроти виготовляються за стандартами відповідних країн і мають свої особливості. На залізницях України експлуатуються такі основні типи пасажирських вагонів:

- некупейні (відкриті), обладнані системою електропостачання ЕВ-10.02;
- некупейні міжобласного сполучення;
- купейні вагони без і з кондиціонуванням повітря;

Електричні схеми вагонів представляють собою визначені комбінації включення джерел електроенергії зі споживачами, якими є:

- електродвигуни систем вентиляції, кондиціонування, опалення, водопостачання;
- електронагрівальні прилади;
- мережі освітлення;
- апаратура управління вказаних груп споживачів.

У вагонах без кондиціонування повітря звичайно є електродвигуни для приводу вентилятора, циркуляційного насоса опалення, водяного насоса калорифера, компресора холодильної шафи, перетворювача люмінесцентного освітлення, перетворювача для електропостачання змінним струмом (див. додаток А, рисунки А1 -А 9)

У вагонах з кондиціонуванням повітря є також електродвигуни компресора та вентилятора конденсатора

Таким чином, електрообладнання вагона — це достатньо складна система. Чітке уявлення про її роботу, і тим більше розрахунки та вибір її окремих елементів, можливе тільки в результаті вивчення великого об'єму спеціальної літератури, як за загальними питаннями, так і за специфікою вибору розрахунків електрообладнання.

1 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Тема курсового проекту: **вибір основного електрообладнання і мережі електропостачання пасажирського вагона.**

Проект складається з двох частин:

- а) загальної частини;
- б) розробки технології ремонту електричного обладнання вагонів.

У загальній частині курсового проекту студент повинен:

а) дати короткий опис заданого основного електрообладнання пасажирського вагона з кондиціонуванням повітря (згідно з завданням), мережі електропостачання з комутаційно-захисною апаратурою;

б) на кресленні вагона (вид зверху і збоку) показати розміщення основного електрообладнання (джерела і споживачі електроенергії, електрощити і пульти управління), місця прокладки дротів мережі електропостачання основних споживачів;

в) розробити і накреслити однолінійну схему електропостачання вагона. На цій схемі повинні бути показані джерела і споживачі електроенергії, комутаційна та захисна апаратура, а також інші елементи схеми;

г) розрахувати за спрощеною методикою потужність основних електроспоживачів вагона і сумарну потужність елементів електричного або електроводяного опалення;

д) вибрати електродвигуни за каталогом;

ж) визначити потужність освітлювального навантаження;

з) визначити розрахункові та пікові струми в елементах мережі електропостачання вагона;

к) визначити потужність джерел електроенергії або перетворювачів пасажирського вагона;

л) визначити довжину дротів від джерела електроенергії до розподільного щита і від нього до споживачів електроенергії;

м) вибрати перетин дротів по нагріву та перевірити їх на механічну міцність, погодження з захисними апаратами і втратою напруги;

н) вибрати комутаційні та захисні апарати.

У другій частині курсового проекту студент повинен розробити технологію ремонту або випробування електрообладнання вагона (згідно з варіантом завдання).

В проекті повинні бути розглянуті основні вимоги охорони праці і техніки безпеки при експлуатації і ремонті електричного обладнання пасажирських вагонів.

Таблиця 1 – Варіанти завдань

Варіант	Тип вагона	Система електропостачання	Рід струму		Номінальна напруга, В	Матеріал дротів	Опалення	Інтенсивність сонячного опромінення на протязі доби, год	Температура, °С				Кількість тепла, яке виділяється одним пасажиром, Вт	Подача		Напір			Норма свіжого повітря, яке подається у вагон на одного пасажирів, 10 ⁻³ м ³ /с
			підвагонної магістралі	електричної мережі вагона					У середині вагона		зовні вагона			насоса опалення, 10 ⁻³ м ³ /с	вентилятора конденсатора, м ³ /с	насоса опалення, м	вентилятора охолоджувача, 10 ⁻³ м	вентилятора конденсатора, 10 ⁻³ м	
									літо	зима	літо	зима							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Відкритий з кондиціонуванням повітря, 54 пас.	Індивідуальна	Постійний	Постійний	110	а/м	ЕВ	10	22	20	35	-30	90	3,3	4,1	4,5	50	18	7,5
2					50	м/а	В	12	20	18	40	-35	100	3,5	4,2	4,3	45	12	6,0
3					110	а/м	ЕВ	14	23	21	36	-33	110	3,7	4,3	4,1	55	14	6,2
4					50	м/а	В	12	22	20	38	-25	100	3,9	4,4	4,4	65	16	6,8
5					110	а/м	ЕВ	10	21	19	34	-28	90	3,4	4,5	4,6	60	18	7,2
6					380	м/а	Е	16	22	19	33	-34	120	3,6	3,7	4,8	50	14	7,4
7		Трьохфазний, 50 Гц	Трьохфазний, 50 Гц	Трьохфазний, 50 Гц	220	а/м	ЕВ	12	23	20	37	-32	110	3,8	3,8	5,0	45	16	6,5
8					380	м/а	Е	10	22	20	35	-30	90	4,0	3,9	4,7	55	14	7,0
9					220	а/м	ЕВ	12	20	18	40	-35	100	3,3	4,1	4,5	50	18	7,5
10					380	м/а	Е	14	23	21	36	-33	110	3,5	4,2	4,3	45	12	6,0
11					220	а/м	ЕВ	12	22	20	38	-25	100	3,7	4,3	4,1	55	14	6,2

12	Фейний з кондиціонування повітря, 36 пас.	Централізований без індивідуального перетворювача	Однофазно-перемінний	Постійний	380	м/а	Е	10	21	19	34	-28	90	3,9	4,4	4,4	65	16	6,8
13					3000/110	а/м	ЕВ	16	22	19	33	-34	120	3,4	4,5	4,6	60	18	7,2
14					1500/50	м/а	Е	12	23	20	37	-32	110	3,6	3,7	4,8	50	14	7,4
15					3000/110	а/м	ЕВ	12	20	18	40	-35	100	3,8	3,8	5,0	45	16	6,5
16					1500/50	м/а	Е	14	23	21	36	-33	110	4,0	3,9	4,7	55	14	7,0

6

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17					3000/380	а/м	ЕВ	10	22	20	35	-30	90	3,3	4,1	4,5	50	18	7,5
18					1500/220	м/а	Е	12	20	18	40	-35	100	3,5	4,2	4,3	45	12	6,0
19					3000/380	а/м	ЕВ	14	23	21	36	-33	110	3,7	4,3	4,1	55	14	6,2
20					1500/220	м/а	Е	12	22	20	38	-25	100	3,9	4,4	4,4	65	16	6,8

8

21	54 пас. Відкритий з кондиціонуванням повітря,	Централізована без індивідуального перетворювача	Однофазно-перемінний	Трьохфазний, 50 Гц	3000/380	а/м	ЕВ	10	21	19	34	-28	90	3,4	4,5	4,6	60	18	7,2
22					1500/220	м/а	Е	16	22	19	33	-34	120	3,6	3,7	4,8	50	14	7,4
23					3000/380	а/м	ЕВ	12	23	20	37	-32	110	3,8	3,8	5,0	45	16	6,5
24	54 пас. Відкритий з кондиціонуванням повітря	Централізована з індивідуальним перетворювачем	Постійний	Постійний	50	м/а	В	10	22	20	35	-30	90	4,0	3,9	4,7	55	14	7,0
25					110	а/м	ЕВ	12	20	18	40	-35	100	3,3	4,1	4,5	50	18	7,5
26					50	м/а	В	14	23	21	36	-33	110	3,5	4,2	4,3	45	12	6,0
27					110	а/м	ЕВ	12	22	20	38	-25	100	3,7	4,3	4,1	55	14	6,2
28					50	м/а	В	10	21	19	34	-28	90	3,9	4,4	4,4	65	16	6,8
29					220	а/м	ЕВ	16	22	19	33	-34	120	3,3	4,1	4,5	50	18	7,5
30					380	м/а	Е	12	23	20	37	-32	110	3,5	4,2	4,3	45	12	6,0
31					220	а/м	ЕВ	10	22	20	35	-30	90	3,7	4,3	4,1	55	14	6,2
32					380	м/а	Е	12	20	18	40	-35	100	3,9	4,4	4,4	65	16	6,8
33					220	а/м	ЕВ	14	23	21	36	-33	110	3,4	4,5	4,6	60	18	7,2
34	380	м/а	Е	12	22	20	38	-25	100	3,6	3,7	4,8	50	14	7,4				
35	220	а/м	ЕВ	10	21	19	34	-28	90	3,8	3,8	5,0	45	16	6,5				
36	380	м/а	Е	16	22	19	33	-34	120	4,0	3,9	4,7	55	14	7,0				

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
37	Кулейний з кондиціонуванням повітря, 36 пас.	Змішана	Постійний	Постійний	1500/50	а/м	ЕВ	12	23	20	37	-32	110	3,3	4,1	4,5	50	18	7,5
38					3000/110	м/а	Е	14	23	20	37	-32	110	3,5	4,2	4,3	45	12	6,0
39					1500/50	а/м	ЕВ	12	22	20	35	-30	90	3,7	4,3	4,1	55	14	6,2
40					3000/110	м/а	Е	10	20	18	40	-35	100	3,9	4,4	4,4	65	16	6,8
41					1500/50	а/м	ЕВ	16	23	21	36	-33	110	3,6	3,7	4,8	50	14	7,4
42					3000/110	м/а	Е	12	22	20	38	-25	100	3,8	3,8	5,0	45	16	6,5
43	Міжобласний з кондиціонуванням повітря, 68 пас.	Централізована з індивідуальним перетворювачем	Постійний	Постійний	3000/110	а/м	ЕВ	10	22	20	35	-30	90	3,3	4,1	4,5	50	18	7,5
44					1500/50	м/а	Е	12	20	18	40	-35	100	3,5	4,2	4,3	45	12	6,0
45					3000/110	а/м	ЕВ	14	23	21	36	-33	110	3,7	4,3	4,1	55	14	6,2
46					1500/50	м/а	Е	12	22	20	38	-25	100	3,9	4,4	4,4	65	16	6,8
47					3000/110	а/м	ЕВ	10	21	19	34	-28	90	3,4	4,5	4,6	60	18	7,2
48					1500/50	м/а	Е	16	22	19	33	-34	120	3,6	3,7	4,8	50	14	7,4
49					3000/110	а/м	ЕВ	12	23	20	37	-32	110	3,8	3,8	5,0	45	16	6,5
50					1500/50	м/а	Е	14	21	19	34	-28	90	4,0	3,9	4,7	55	14	7,0

2 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ З РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

- 2.1 Розробити технологічний процес ремонту електричних машин.
- 2.2 Розробити основні операції з виявлення дефектів електричних машин.
- 2.3 Розробити технологію ремонту якорів електричних машин.
- 2.4 Розробити технологію ремонту обмоток електричних машин.
- 2.5 Розробити технологію ремонту для ремонту колекторів електричних машин.
- 2.6 Розробити технологію ремонту корпусів, валів, підшипників і підшипникових щитів, щиткових вузлів електричних машин.
- 2.7 Розробити технологію випробувань електричних машин після ремонту.
- 2.8 Розробити технологію стендових випробувань вагонних генераторів після ремонту.
- 2.9 Технологія балансування якорів і роторів електричних машин.
- 2.10 Розробити схему технічного обслуговування генераторів.
- 2.11 Розробити схему технологічного процесу ремонту кислотних акумуляторів.
- 2.12 Розробити схему технологічного процесу ремонту лужних акумуляторів.
- 2.13 Розробити схему технічного обслуговування акумуляторів.
- 2.14 Основні відмови кислотних акумуляторів і способи їх виявлення.
- 2.15 Розробити технологію виготовлення електроліту для кислотних та лужних акумуляторів.
- 2.16 Розробити технологію проведення контрольних і тренувальних зарядно-розрядних циклів для лужних акумуляторів.
- 2.17 Основні відмови лужних акумуляторів і способи їх виявлення.
- 2.18 Технологія ремонту комутаційної та захисної апаратури.
- 2.19 Технологія ремонту освітлювальної апаратури та її випробування.
- 2.20 Технологія ремонту електричної мережі вагона.
- 2.21 Розробити схему технічного обслуговування електричної апаратури.
- 2.22 Технологія ремонту нагрівальних елементів і приладів опалення.
- 2.23 Технологія випробування високовольтного електроопалення, заходи з техніки безпеки.
- 2.24 Технологія ремонту вугільних регуляторів напруги генераторів постійного струму.
- 2.25 Розробити стенд для регулювання і випробування вугільних регуляторів напруги генераторів постійного струму.
- 2.26 Технологія ремонту вугільних регуляторів напруги освітлювальної мережі.
- 2.27 Розробити технологію просочування і сушіння обмоток електричних машин і апаратів.
- 2.28 Організаційні форми ремонту електрообладнання вагонів.
- 2.29 Розробити принципову схему стенда для випробування електрообладнання.
- 2.30 Розробити технологію функціональних випробувань електрообладнання при живленні від акумуляторної батареї.

- 2.31 Розробити технологію функціональних випробувань електрообладнання при живленні від вагонного генератора.
- 2.32 Перевірка комплектності при випробуванні електрообладнання вагона в зібраному стані.
- 2.33 Розробити заходи з техніки безпеки при випробуванні електрообладнання вагона.
- 2.34 Розробити план розміщення обладнання в електромашинному відділенні депо або ВРЗ.
- 2.35 Розробити план розміщення обладнання просочувально-сушильного відділення депо або ВРЗ.
- 2.36 Розробити план розміщення обладнання відділення по ремонту електричних апаратів.
- 2.37 Розробити план розміщення обладнання відділення з ремонту нагрівальних елементів та приладів опалення.
- 2.38 Розробити план розміщення обладнання випробної станції депо або ВРЗ.
- 2.39 Розробити план розміщення обладнання відділення по ремонту кислотних акумуляторів.
- 2.40 Розробити план розміщення обладнання відділення по ремонту лужних акумуляторів.
- 2.41 Розробити план розміщення обладнання відділення по ремонту електричної мережі і освітлювальної апаратури вагонів.
- 2.42 Розробити основні операції по ремонту електричної мережі вагонів.
- 2.43 Розробити технологію ремонту приладів захисту.
- 2.44 Розробити технологію ремонту комутаційної апаратури.
- 2.45 Розробити технологію ремонту обмоток електричних машин змінного струму.
- 2.46 Розробити технологію ремонту колекторів електричних машин.
- 2.47 Розробити основні операції по поточному ремонту електрообладнання вагонів.
- 2.48 Технічне утримання електрообладнання вагона під час руху потяга.
- 2.49 Розробити основні операції по ремонту релейно-контактної апаратури.
- 2.50 Розробити технологію ремонту вугільних регуляторів напруги.

3 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

На залізницях України більша частина пасажирських вагонів має власні джерела електричної енергії: генератор і акумуляторну батарею. В останні роки в зв'язку з ростом потужності встановленого у вагонах електрообладнання більш широко стало застосовуватись централізоване електропостачання.

3.1 Системи електропостачання

Наявні системи електропостачання пасажирських вагонів в залежності від розташування джерел електричної енергії та їх використання розподіляються на основні групи: системи автономного та централізованого електропостачання. Застосування тієї чи іншої системи обумовлене споживанням енергії в пасажирських вагонах та швидкістю їх руху. Значення сумарної потужності, яке припадає на один вагон при наявності на ньому різних електричних споживачів: мережа освітлення, електропобутові прилади, ланцюги сигналізації та управління 2,5-4 кВт, мережа освітлення, електропобутові прилади, електрокип'ятильник, ланцюги сигналізації та управління, система примусової вентиляції 6,5-10 кВт, мережа освітлення, електропобутові прилади, електрокип'ятильник, ланцюги сигналізації та управління, система примусової вентиляції і установка для охолодження повітря 20-30 кВт, мережа освітлення, електропобутові прилади, електрокип'ятильник, ланцюги сигналізації та управління, система примусової вентиляції, установка для охолодження повітря та електричне опалення 30-50 кВт.

Отже по мірі оснащення пасажирських вагонів різним електрообладнанням значно збільшується потужність електричних споживачів вагона, що потребує відповідного збільшення потужності системи електропостачання.

У пасажирському вагоні із системою автономного електропостачання є власні джерела електричної енергії (генератор і акумуляторна батарея), які забезпечують живлення споживачів електроенергією при русі та на стоянках, генератор приводиться в обертання від осі колісної пари вагона за допомогою спеціального приводу. При русі поїзда обертання передається від колісної пари генератору, який виробляє електричну енергію. У вагонах без кондиціонування повітря, потужність генератора звичайно не перевищує 10 кВт, а у вагонах з кондиціонуванням вона досягає 20-30 кВт.

Існують різні варіанти розглянутої системи з генератором постійного і змінного струмів різної потужності: з генератором постійного струму з паралельним і змішаним збудженням та з індукторним генератором змінного струму і напівпровідниковим випрямлячем.

Як резервне і аварійне джерело енергії використовується акумуляторна батарея, яка живить основні споживачі вагона при непрацюючому генераторі (при його несправності, на стоянці, а також при невеликій швидкості руху поїзда).

Крім того, акумуляторна батарея сприймає піки навантаження, які виникають при одночасному включенні декількох споживачів великої

потужності, пуску електричних двигунів, короточасних перевантаженнях та ін. Це дозволяє зменшити необхідну потужність генератора, а отже, його габаритні розміри та масу.

Основною перевагою системи електропостачання з приводом генератора від осі колісної пари являється те, що живлення електричних споживачів в кожному вагоні не залежить від зовнішніх джерел електричної енергії. Внаслідок нього забезпечується висока експлуатаційна маневреність пасажирських вагонів (можливість передачі вагонів з одного поїзда в інший та їх відчеплення від локомотива та від поїзда без порушення нормального електропостачання інших вагонів, легкість переформування поїздів). Автономна система електропостачання забезпечує також резервування електропостачання У випадку виходу з ладу власного генератора електричну мережу вагона можна підключити до мереж сусіднього вагона

Проте автономна система має суттєві недоліки. Головні з них; велика маса і недостатня надійність електрообладнання, зумовлена наявністю колекторних електричних машин постійного струму, підвищені експлуатаційні витрати на утримання та ремонт електрообладнання.

Підвищення встановленої потужності електрообладнання від 3-4 кВт до 30-50 кВт на сучасних вагонах привело до того, що індивідуальні генератори не в змозі забезпечити електроенергією всіх споживачів вагона при цьому, поряд з удосконаленням автономної системи електропостачання все ширше починає застосовуватись централізована та змішана системи електропостачання

Централізована система електропостачання передбачає живлення споживачів електроенергії всіх вагонів поїзда від одного або декількох джерел електроенергії, розташованих в спеціальному вагон-електростанції або на локомотиві.

На електрифікованих залізницях електроенергія може бути отримана безпосередньо з контактної мережі або від електровоза. При русі поїзда неелектрифікованими ділянками електроенергію вагони отримують від тепловоза або вагона-електростанції.

Централізоване електропостачання дозволяє виконати систему на змінному струмі напругою 380 В. Електрообладнання змінного струму працює більш надійно, воно легше, менше за габаритами та дешевше, особливо електрообладнання трифазного змінного струму. Акумуляторні батареї можуть бути вибрані меншої ємності, так як вони забезпечують електроенергією споживачів вагона тільки на час зміни локомотива, що відбувається не часто і потребує не більше 10-15 хв.

Централізована система електропостачання пасажирських вагонів має такі типові схеми:

а) джерело трифазного змінного струму частотою 50 Гц стандартної напруги знаходиться на локомотиві або в спеціальному вагоні-електростанції.

Електроенергія у вагони передається по трифазній вагонній магістралі. Недоліком ідеї системи є підвищена витрата міді на прокладку підвагонної магістралі, так як номінальна напруга в мережі в цьому випадку відносно не

висока (220/380 В), що зв'язане із застосуванням стандартного електрообладнання;

б) джерело постійного або однофазного змінного струму напругою 3000 В - напруга контактної мережі електрифікованих залізниць постійного струму. Напруга 3000 В змінного струму також може бути порівняно просто отримана на електровозах змінного струму.

В цій системі електроенергія передається у вагони високовольтною магістраллю. Так як освітлення, побутові прилади, апарати управління не можуть бути високовольтними, то вагони обладнуються і індивідуальними перетворювачами.

При допомозі перетворювачів, встановлених на вагонах, високовольтний або однофазний струм перетворюється у трифазний частотою 50 Гц стандартної напруги. Якщо після перетворювача встановити випрямляючий пристрій, то в мережу електрообладнання вагова буде подана напруга постійного струму.

Наявність на кожному вагоні відносно складного одного або декількох перетворювачів є недоліком системи;

в) на локомотивах знаходиться два джерела постійного або змінного струму напругою 3000 В і трифазного змінного струму частотою 50 Гц стандартної напруги.

Електроенергія передається у вагони двома підвагонними магістралями - високовольтною для живлення приладів опалення і низьковольтною - для живлення іншого обладнання. Недоліком системи є наявність двох підвагонних магістралей.

Централізована система електропостачання пасажирських вагонів більш економічна, чим індивідуальна

Найбільше розповсюдження на залізницях отримала система першого виконання.

Змішана система електропостачання знаходить в даний час все більше застосування. При цьому пасажирський вагон має як високовольтну магістраль, так і індивідуальний генератор. Енергоємне обладнання - прилади електроопалення - отримують живлення від магістралі, інше низьковольтне електрообладнання - від генератора.

3.2 Освітлення вагонів

Для освітлення вагонів застосовують як лампи розжарювання, так і люмінесцентні лампи.

У порівнянні з лампами розжарювання застосування люмінесцентних ламп дозволяє забезпечити більш високий рівень освітлення приміщення вагона, оскільки люмінесцентні лампи мають більшу світловіддачу.

У деяких найбільш комфортабельних вагонах люмінесцентні лампи практично витіснили лампи розжарювання.

Досвід експлуатації дозволив намітити найбільш раціональну схему освітлення пасажирських вагонів. Для освітлення службових і пасажирських приміщень (купе, салони, відділення) застосовується люмінесцентне

освітлення. Інші приміщення вагона (тамбури, туалети, коридори, котельне відділення та інші) освітлюються лампами розжарювання.

Лампи розжарювання однаково добре експлуатуються як на постійному, так і на змінному струмі. Люмінесцентні лампи експлуатуються більш надійно і економічно при живленні їх змінним струмом підвищеної частоти. За цією причиною вони живляться від перетворювача. Найбільше розповсюдження одержали напівпровідникові перетворювачі.

Поряд з основним освітленням приміщень вагонів застосовується аварійне освітлення лампами розжарювання, які розташовуються в тих же світильниках, що і лампи основного освітлення. При виході з ладу основного освітлення автоматично включається аварійне.

Для підвищення комфорту у вагонах передбачене нічне освітлення. Воно забезпечується спеціальними синіми лампами розжарювання, вмонтованими в світильники з люмінесцентними лампами і лампами аварійного освітлення. В останньому випадку дві лампи розжарювання включаються послідовно. Лампи горять при цьому на половину розжарення, не заважають сну пасажирів і в той же час забезпечують мінімальний рівень освітленості.

У пасажирських вагонах застосовується також місцеве освітлення: настінні і настільні світильники - софіти. Місцеве освітлення допомагає більш рівномірно освітлювати пасажирські приміщення, підвищує комфорт.

3.3 Вентиляція вагонів

Усі суцільнометалеві вагони мають припливну примусову вентиляцію. Зовнішнє повітря при цьому перед тим, як буде подано у вагон, очищається від пилу і підігрівається або охолоджується в залежності від пори року. Тільки одна природна вентиляція на даний час не застосовується, так як вона не задовольняє вимогам санітарно-гігієнічних норм.

Зовнішнє повітря нагнітається у вагон за допомогою відцентрових вентиляторів, які приводяться в обертання електродвигуном. Відцентрові вентилятори при меншій власній масі та менших розмірах у порівнянні з вентиляторами інших типів дозволяють отримати потрібний напір. Вентиляційний агрегат знаходиться в тамбурі котлового кінця вагона між стелею і дахом вагона. Оскільки це приміщення має невеликі розміри і розмістити один вентилятор необхідної продуктивності не представляється можливим, вентиляційний агрегат, як правило, складається з двох спарених відцентрових вентиляторів, ротори яких при допомозі муфт приєднуються до двох кінців вала електродвигуна. Для того, щоб мати можливість регулювати продуктивність вентиляторів з двигунами трифазного змінного струму, вони вибираються багатшвидкісними.

Від вентиляторів повітря по повітропроводу подається у вагон. Повітропровід розташований між дахом і стелею вагона і проходить по всій його довжині. На початку повітропроводу розташовується водяний калорифер, якщо вагон має водяне або електроводяне опалення. У вагонах з кондиціонуванням повітря в повітроводі розташовані також повітроохолоджувач.

В залежності від пори року функції вентиляторів змінюються. В зимовий період експлуатації вагона це будуть вентилятори повітропідігрівача (калорифера), а в літній - вентилятори повітроохолоджувача, якщо вагон має установку для кондиціонування повітря. Якщо вагон не має системи кондиціонування повітря, то вентилятори виконують функції вентиляторів нагнітальної вентиляції вагона.

3.4 Опалення вагонів

Опалювальне обладнання вагона призначено для компенсації втрат тепла, які виникають із-за різниці температур між холодним зовнішнім повітрям і повітрям всередині вагона, а також для підігріву холодного зовнішнього повітря, що подається у вагон системою вентиляції.

Найбільше розповсюдження отримала конвекційно-циркуляційна система опалення вагонів. При цій системі зовнішнє повітря підігрівається калорифером до температури, що дорівнює температурі всередині вагона і подається у вагон підігрітим. Втрати тепла через стінки вагона, на інфільтрацію (втрати тепла при відкриванні дверей, вікон) та інші втрати компенсуються нагрівальними елементами печей, розташованих всередині вагона.

Конструкція опалювальних пристроїв визначається видом енергії, використаної для опалення.

Широко використовується система індивідуального водяного опалення. Вагон має котел, який працює на твердому паливі. Вода, нагріта в котлі, по трубах поступає в калорифер і прилади опалення, розташовані у вагоні вздовж бокових його стін. Циркуляція води може бути самопливна, частіше примусова. В останньому випадку для циркуляції води у вагоні знаходиться циркуляційний насос з електродвигуном. Індивідуальна система однаково працює як при русі вагона, так і на стоянках, у тому числі й тривалих, якщо вагон відчеплений. Невисока температура труб та приладів опалення виключає підгоряння пилу, появи неприємного запаху. Висока теплоємність води при припиненні топки котла, наприклад, при його ремонті, забезпечує повільне зниження температури всередині вагона. Система індивідуального водяного опалення проста, безпечна і надійна в роботі.

Недоліком цієї системи є необхідність мати паливо у вагоні. Для періодичного його поповнення необхідна організація баз забезпечення вагонів паливом на шляху слідування. Маса системи водяного опалення відносно велика. Це заважає зниженню тари всього вагона. Складною задачею є автоматизація цієї системи опалення.

Електроводяне опалення. При цій системі вода в котлі нагрівається високовольтними електронагрівальними елементами, які вмонтовані у водяну оболонку котла. При відсутності джерела електроенергії котел працює на твердому паливі. Електроводяне опалення вагонів універсальне. Вагони з цією системою опалення можуть експлуатуватися як на електрифікованих, так і на неелектрифікованих залізницях. На даний час практично всі вагони обладнуються комбінованими котлами, тобто системою електроводяного опалення.

Широке застосування знайшло електричне опалення пасажирських і вагонів приміських електропоїздів.

У порівнянні з водяним і електроводяним опаленням електричне опалення простіше в обслуговуванні, легко автоматизується, маса приладів електричного опалення менша. При електричному опаленні виключається тяжка праця провідників вагона, покращуються санітарні умови, звільняється котлове приміщення, зменшується тара вагона

Прилади електричного опалення, проте, є найбільш енергоємними споживачами вагона - їх потужність досягає 50 кВт. Тому електрична система опалення застосовується лише при централізованому електрозабезпеченні вагона. При цьому прилади електричного опалення можуть одержувати електроенергію таким чином:

- а) на залізницях, електрифікованих на постійному струмі, безпосередньо від контактної мережі через пантограф електровоза,
- б) на залізницях, електрифікованих на змінному струмі, від спеціальної обмотки тягового трансформатора електровоза напругою 3000 В;
- в) від електричного генератора встановленого на тепловозі;
- г) від дизель-електричних генераторів, встановлених в спеціальному вагоні-електростанції.

Суттєвим недоліком електричного опалення є підвищена електробезпека. Високовольтні електричні печі розподіляються по всім приміщенням вагона і доступ до них пасажирів не виключений.

3.5 Системи охолодження повітря

Значна частина сучасних пасажирських вагонів має систему кондиціонування повітря. Кондиціонування повітря - це комплекс заходів, які включають вентиляцію і опалення вагона. У ряді випадків проводиться додаткове осушення або зволоження повітря. Мета цих заходів - створення всередині вагона заданого мікроклімату.

Для охолодження повітря у вагонах застосовують компресорні холодильні установки з електроприводом.

Холодильна установка складається з компресора, конденсатора, випарника, терморегулюючого вентиля, вентиляторів.

Повітря вентилятором системи вентиляції вагона подається в повітропровід. Між вентилятором і повітропроводом розташовані випарник (повітроохолоджувач), краплевіддільник та калорифер (водяний при водяному і електричний при електричному опаленні вагона).

Біля 75% повітря, яке поступило в повітропровід, забирається із вагона через рециркуляційний канал. Інша частина повітря - зовнішнє повітря

Рідкий фреон поступає у випарник (повітроохолоджувач), кипить при температурі - 30°C і відбирає тепло від повітря. Випарник представляє собою батарею, конструктивно виконану із ребристих мідних або сталевих оцинкованих труб. Повітря, яке подається у вагон, охолоджується. Пари фреону відсмоктуються компресором, який приводиться в обертання електродвигуном, стискаються (до 1,2-1,5 МПа) і нагнітаються в конденсатор. Тут вони конденсуються за рахунок

охолодження їх повітрям, яке продувається через батарею конденсатора вентилятором. Рідкий фреон збирається в ресивері і по трубопроводу поступає в фільтро-сушильний апарат. Далі він направляєється в повітроохолоджувач через дросельне обладнання, яке зменшує тиск фреону до тиску випаровування. Далі цикл роботи холодильної установки повторюється.

У повітроохолоджувачі разом з охолодженням відбувається і осушування повітря за рахунок конденсації парів вологи, які утримуються в теплому повітрі, при його контакті з холодними трубами та ребрами. Попадання крапель води в повітропровід запобігається краплевіддільником.

Повітроохолоджувач, як сказано вище, розміщується в повітропроводі між дахом і стелею котлового кінця вагона. Компресорний і конденсаторний агрегати розміщуються під вагоном. Усі агрегати функціонально зв'язані в загальну систему, режим якої задається, як правило, вручну. Керування холодильною системою в заданому режимі здійснюється системою автоматики і контролюється за допомогою датчиків температури, які встановлені в різних частинах вагона.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ОСНОВНИХ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

При виборі електрообладнання вагона необхідно в першу чергу орієнтуватися на те, що серійно виробляється промисловістю, за умов, що воно відповідає безпеці руху на залізничному транспорті. Уніфікація електрообладнання дає змогу підвищити якість обладнання і пристроїв, зменшити витрати на експлуатацію і ремонт, забезпечити регулярне постачання запасними частинами, удосконалювати якість електрообладнання.

4.1 Визначення потужності електродвигунів вентиляторів та насосів

У пасажирських вагонах застосовується велика кількість різних механізмів з електричним приводом. У вагонах без кондиціонування повітря використовують електродвигуни для приводу вентиляторів, циркуляційних насосів опалення, водяного насоса калорифера, компресора холодильної шафи, перетворювачів для люмінесцентного освітлення та електропостачання змінним струмом радіовузла. У вагонах з кондиціонуванням повітря використовуються також електродвигуни компресора і вентилятора конденсатора.

Потужність електродвигуна для приводу вентилятора системи вентиляції вагона визначається за формулою, кВт

$$P_B = \frac{k_B \cdot V_B \cdot H_B}{0,102 \cdot \eta_B}, \quad (1)$$

де k_B – коефіцієнт запасу потужності (приймається $k_B = 1,15 \div 1,5$);

V_B – розрахункова подача (продуктивність) вентилятора, м³/с;

H_B – сумарний напір вентилятора, м;

η_B – К.К.Д. вентилятора (приймається $\eta_B = 0,6 \div 0,8$).

Якщо продуктивність вентилятора не задана, то її слід визначити. Продуктивність вентилятора системи вентиляції вагона (м³/с) в літній період

$$V_{ВЛ} = \frac{V_{П} \cdot n_{П}}{k_{PB}}, \quad (2)$$

де $V_{П}$ – розрахункова норма подачі зовнішнього повітря на одного пасажира в літній період, м³/с;

k_{PB} – коефіцієнт рециркуляції вентиляційного повітря ($k_{PB} = 0,25$);

$n_{П}$ – розрахункове число пасажирів у вагоні.

Потужність електродвигуна для вентилятора конденсатора установки кондиціонування повітря визначається за формулою

$$P_{BK} = \frac{k_{BK} \cdot V_{BK} \cdot H_{BK}}{0,102 \cdot \eta_{BK}}, \quad (3)$$

де η_{B} – К.К.Д. вентилятора конденсатора (приймається $\eta_{B} = 0,4 \div 0,5$).

При водяному та електроводяному опаленні потрібно визначити потужність електродвигуна циркуляційного насоса системи опалення

$$P_{ЦН} = \frac{k_{ЦН} \cdot V_{ЦН} \cdot H_{ЦН}}{0,102 \cdot \eta_{ЦН}}, \quad (4)$$

де $k_{ЦН}$ – коефіцієнт запасу потужності (приймається $k_{B} = 1,1 \div 1,3$);

η_{B} – К.К.Д. насоса (приймається $\eta_{B} = 0,4 \div 0,6$).

4.2 Визначення потужності електродвигуна компресора установки кондиціонування повітря

Розрахункова потужність електродвигуна компресора визначається за формулою, кВт

$$P_{ДК} = k_{K} \cdot Q_{O} \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

де k_{K} – коефіцієнт, який враховує частковий характер роботи компресора (для електродвигуна компресора пасажирського вагона приймається $k_{K} = 0,35 \div 0,5$);

Q_{O} – загальний (повний) тепловий потік, який повинен бути відведений повітроохолоджувачем, Вт.

Загальний (повний) тепловий потік складається із шести теплових потоків.

4.2.1 Тепловий потік, який надходить через поверхню кузова вагона, Вт

$$Q_1 = F_{B} \cdot k \cdot (t_{НЛ} - t_{ВЛ}), \quad (9)$$

де F_{B} – поверхня кузова вагона, через яку виникають втрати тепла (приймається $F_{B} = 270,5 \text{ м}^2$);

$t_{НЛ}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря влітку, °С;

$t_{ВЛ}$ – розрахункова температура усередині вагона влітку, °С;

k – середній коефіцієнт теплопередачі поверхні вагона, $\frac{Вт}{\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{с}}$, (приймається

$$k_{K} = 1,3 \div 1,4 \frac{Вт}{\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{с}}).$$

4.2.2 Тепловий потік від інфільтрації для літнього періоду експлуатації, Вт

$$Q_2 = 0,3 \cdot Q_1. \quad (10)$$

4.2.3 Тепловий потік, який принесений зовнішнім повітрям при вентиляції вагона

$$Q_3 = V_{II} \cdot n_{II} \cdot C_B \cdot (t_{нл} - t_{вл}), \quad (11)$$

де V_{II} – розрахункова норма подачі зовнішнього повітря на одного пасажера в літній період, м³/с;

$$C_B = 1220 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}} - \text{теплоємність повітря.}$$

4.2.4 Тепловий потік за рахунок сонячної радіації, Вт

$$Q_4 = F_P \cdot k \cdot (t_M - t_{вл}) \cdot \frac{Z_p}{24}, \quad (12)$$

де F_P – розрахункова поверхня кузова вагона, яка опромінюється сонцем, м² (приймається $F_P = (0,3 \div 0,4)F_6$);

t_M – розрахункова (максимальна) температура поверхні кузова вагона (приймається $t_M = 50^\circ\text{C}$);

Z_p – тривалість сонячного опромінювання вагона протягом доби, год;

4.2.5 Тепловий потік, що виділяється пасажиром вагона, Вт,

$$Q_5 = q \cdot n_n, \quad (13)$$

де q – потужність теплового потоку, що виділяється одним пасажиром, Вт.

4.2.6 Тепловий потік від роботи електродвигунів, які розташовані усередині вагона, освітлювальних та інших електроприладів, Вт

$$Q_6 = (1200 \div 2100) \text{ Вт.}$$

Загальний (повний) тепловий потік у вагон

$$Q_0 = \sum_1^6 Q_i. \quad (14)$$

4.3 Вибір двигунів за каталогом

При виборі типу електродвигуна для приводу вагонних механізмів необхідно орієнтуватися на рід струму, вказаний у завданні (постійний, трифазний, змінний). Необхідно також мати на увазі, що ряд механізмів (вентилятори конденсатора та випарника, компресор) мають регульовану продуктивність і для їх приводів вибираються двигуни з регульованою частотою обертання.

За величиною розрахованої потужності вибирають тип двигуна за каталогом (табл. 2 та 3) так, щоб потужність вибраного двигуна не відрізнялась від розрахованої величини більше ніж на 5%. Якщо за каталогом такий двигун підібрати не можна, тоді вибирають двигун ближчої потужності.

Таблиця 2 – Технічні дані двигунів постійного струму

Тип двигуна	Номинальна частота обертання n, об/хв					
	1000		1500		2200	
	P ₂ , кВт	η , %	P ₂ , кВт	η , %	P ₂ , кВт	η , %
1	2	3	4	5	6	7
2ПН90М	0,25	67,5	0,37	66,0	0,71	75,5
2ПН90L	0,34	72,0	0,55	72,0	0,90	78,0
2ПН100М	0,50	73,0	0,75	76,0	1,2	78,0
2ПН100L	-	-	1,1	78,5	-	-
2ПН112М	0,85	77,0	1,5	80,5	2,5	82,0
2ПН112L	1,25	82,0	2,2	85,5	3,4	85,0
2ПН132М	2,5	78,0	4,0	81,0	7,0	84,0
2ПН132L	3,0	81,0	5,5	82,5	8,5	85,5
2ПН160М	4,5	83,0	7,5	85,0	13,0	88,0
2ПН160L	6,3	85,0	11,0	86,5	16,0	89,5
2ПН180М	8,0	87,0	15,0	88,5	26,0	90,5
2ПН180L	10,0	87,0	18,5	85,0	30,0	86,0
2ПН200М	13,0	87,0	22,0	87,5	36,0	88,0
2ПБ132L	1,90	78,0	3,2	85,0	-	-
2ПБ160М	2,5	81,0	4,2	84,0	6,0	84,0
2ПБ160L	3,2	82,0	5,3	82,5	7,5	85,5
2ПБ180М	4,5	83,0	7,1	85,0	9,5	86,0
2ПБ180L	5,6	85,0	8,5	86,0	11,0	88,0
2ПБ200М	8,0	87,0	11,0	86,5	15,0	89,5
2ПБ200L	9,8	87,0	13,0	88,5	17,2	89,5

Примітка. Кратність пускового струму для двигунів постійного струму $\lambda=2$.

Таблиця 3 – Технічні дані асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором серії 4А

Тип двигуна	Номинальна потужність, кВт	Частота обертання n, об/хв	Cos ϕ	η_n	Кратність пускового струму, λ
1	2	3	4	5	6
4АА63А4У3	0,25	1380	0,65	0,68	4,0
4АА63В4У3	0,37	1365	0,69	0,68	4,0
4А71А4У3	0,55	1390	0,70	0,705	4,5

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6
4А71В4У3	0,75	1390	0,73	0,72	4,5
4А80А4У3	1,1	1420	0,81	0,75	5,0

4A80B4Y3	1,5	1415	0,83	0,77	5,0
4A90L4Y3	2,2	1425	0,83	0,80	6,0
4A100L4Y3	3,0	1435	0,83	0,82	6,0
4A100S4Y3	4,0	1430	0,84	0,84	6,0
4A112M4Y3	5,6	1445	0,85	0,855	7,0
4A132S4Y3	7,5	1455	0,86	0,875	7,5
4A132M4Y3	11,0	1460	0,87	0,875	7,5
4A160S4Y3	15,0	1465	0,88	0,895	7,0
4A180M8/6/4	8,0	730	0,73	0,78	6,5
	10,0	970	0,81	0,835	6,5
	12,0	1460	0,92	0,83	6,5
4A200M8/6/4	11,0	730	0,69	0,82	6,0
	12,0	975	0,71	0,825	7,0
	18,5	1465	0,91	0,85	7,5
4A100S8/6/4	0,71	700	0,62	0,59	4,0
	0,90	935	0,71	0,65	4,5
	1,30	1435	0,82	0,69	5,0
4A100L8/6/4	0,90	700	0,63	0,61	4,0
	1,20	940	0,71	0,68	5,0
	1,7	1430	0,83	0,71	5,0
4A112MA8/6/4	1,1	710	0,69	0,65	7,5
	1,0	945	0,77	0,62	7,5
	1,5	1430	0,89	0,72	7,5
4A112MB8/6/4	1,4	720	0,69	0,635	7,5
	1,2	950	0,77	0,685	7,5
	2,1	1440	0,89	0,71	7,5
4A132S8/6/4	1,9	725	0,72	0,695	7,5
	2,2	950	0,77	0,735	7,5
	3,2	1440	0,90	0,74	7,5
4A132M8/6/4	2,6	725	0,72	0,725	7,5
	2,8	955	0,78	0,75	7,5
	4,5	1445	0,90	0,745	7,5
4A160S8/6/4	4,0	725	0,63	0,745	5,5
	4,5	965	0,75	0,76	6,0
	7,5	1450	0,90	0,805	6,0

Продовження таблиці 3

4A160M8/6/4	5,0	730	0,62	0,765	5,5
	6,3	970	0,73	0,77	6,0
	10,0	1455	0,90	0,82	6,5

Вибір електродвигунів за каталогом зручно звести до таблиці, складеної за формою таблиці 4.

Таблиця 4 – Електродвигуни, які встановлюються у вагоні

Найменування двигуна	Потужність, яка одержана розрахунком, кВт	Потужність за каталогом, кВт	Тип	Номинальний струм, А	Номинальний ККД	Номинальний cosφ	Кратність пускового струму $\lambda = \frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
1	2	3	4	5	6	7	8

4.4 Визначення потужності електричних пристроїв опалення

Для розрахункового режиму роботи опалювальних пристроїв пасажирського вагона береться зимовий період експлуатації.

На пасажирських вагонах застосовуються в основному системи індивідуального водяного опалення з водонагрівним котлом, на твердому паливі і системи водяного опалення з комбінованим електровугільним котлом.

У пасажирських вагонах з кондиціонуванням повітря поряд з основною водяною системою опалення з комбінованим електровугільним котлом використовується і електрична, як допоміжна при низьких зовнішніх температурах в перехідні періоди року (весна, осінь).

При конвекційно-циркуляційній системі опалення потужність нагрівальних елементів калорифера визначається з формули, кВт

$$P_K = V_B \cdot C_B \cdot (t_{B3} - t_{H3}) \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

де $V_B = V_{\Pi} \cdot n_{\Pi}$ – об'єм зовнішнього повітря, яке подається в вагон, м³/с;

V_{Π} – розрахункова норма подачі зовнішнього повітря на одного пасажира в літній період, м³/с;

$C_B = 1220 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}}$ – теплоємність повітря;

t_{B3} – температура повітря усередині вагона в розрахунковий (зимовий) період, °С;

t_{H3} – температура зовнішнього повітря в зимовий період, °С.

Потужність електропечей вагона визначається з формули, кВт

$$P_{EP} = Q_1 + Q_2 = 1,1 \cdot F_B \cdot k \cdot (t_{B3} - t_{H3}) \cdot 10^{-3}, \quad (16)$$

де $Q_1 = F_B \cdot k \cdot (t_{B3} - t_{H3})$ – втрата тепла через поверхню кузова вагона, Вт;

Q_2 – втрата тепла на інфільтрацію (в зимовий період для суцільнометалевих вагонів $Q_2 = 0,1 \cdot Q_1$);

F_B – поверхня кузова вагона, через яку виникають втрати тепла (приймається $F_B = 270,5 \text{ м}^2$);

k – середній коефіцієнт теплопередачі з урахуванням порушень щільності конструкції вагона, усадки і збільшення вологості теплоізоляційного матеріалу (приймається $k = 1,3 \div 1,35 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{с}}$).

При електроводяному опаленні потужність електронагрівачів котла визначається з формули, кВт

$$P_{EB} = (1,1 \cdot F_B \cdot k + V_{ЛЗ} \cdot n_{Л} \cdot C_B) \cdot (t_{B3} - t_{H3}) \cdot 10^{-3}. \quad (17)$$

4.5 Визначення потужності освітлювального навантаження

Для визначення потужності освітлювального навантаження використовується метод питомої встановленої потужності на одиницю площі. Цей метод достатньо простий, має необхідну точність і знайшов широке застосування на практиці. Цей метод передбачає спочатку визначення потужності освітлювального навантаження для кожного приміщення вагона окремо, а потім сумарну для всього вагона. Окремо визначається потужність ламп люмінесцентного освітлення і потужність ламп розжарювання. Це необхідно для визначення потужності перетворювача люмінесцентного освітлення, а також для вибору дротів, захисних і комутаційних апаратів.

Потужність освітлювального навантаження для кожного з приміщень вагона обирають за формулою, Вт

$$P_{оп} = p \cdot F_{п}, \quad (18)$$

де p – питома потужність освітлювального навантаження для даного виду приміщення, тобто потужність на одиницю площі цього приміщення, (Вт/м², див. таблицю 5);

$F_{п}$ – площа приміщення, для якого визначається потужність освітлювального навантаження, м² (визначається за кресленням вагона).

Таблиця 5 – Питома потужність освітлювального навантаження для приміщень пасажирського вагона

Приміщення вагона	Питома потужність освітлювального навантаження, Вт/м ²	
	Ламп розжарювання	Люмінесцентних ламп
Купе жорсткого вагона	12 ÷ 18	10 ÷ 20
Купе м'якого вагона	18 ÷ 22	10 ÷ 20
Відділення плацкартного вагона, салон міжобласного вагона	10 ÷ 15	6 ÷ 10
Коридори, проходи	8 ÷ 10	6 ÷ 10
Туалет	10 ÷ 12	—

Продовження таблиці 5

Тамбури	8 ÷ 11	—
Інші приміщення	8 ÷ 10	—

Якщо в вагоні є освітлення з лампами розжарювання і люмінесцентні лампи, то освітлювальне навантаження вагона визначається окремо для кожного виду ламп.

Потужність освітлювального навантаження всього вагона

$$P_{OB} = \sum P_{оп} . \quad (19)$$

Визначивши потужність освітлювального навантаження вагона від люмінесцентних ламп, визначають потужність перетворювача для люмінесцентних ламп вагона

$$P_{ПЕР} = \frac{P_{OB..ЛЮМ}}{\eta_{ПЕР}} , \quad (20)$$

де $\eta_{ПЕР} = 0,7 \div 0,8$, якщо перетворювач статичний напівпровідниковий,

$\eta_{ПЕР} = 0,5 \div 0,6$, якщо перетворювач електромашинного типу.

Якщо обраний перетворювач для живлення люмінесцентних ламп електромашинного типу, то за потужністю $P_{пер}$ за каталогом обирається електродвигун перетворювача.

Потужність сигнальних, службових та інших спеціальних ламп можливо прийняти рівною $300 \div 400$ Вт.

Таблиця 6 – Технічні дані залізничних ламп розжарювання

Тип лампи	Номінальна потужність, Вт	Номінальна напруга, В	Світловий потік, ЛМ
1	2	3	4
Ж-54-10	10	54	65
Ж-54-25	25	54	230
Ж-54-40	40	54	430
Ж-54-50	50	54	550
Ж-54-60	60	54	720
Ж-75-50	50	75	525
Ж-54-15	15	54	108
Ж-220-40	40	220	336
Ж-220-60	60	220	540
Ж-220-75	75	220	671
Ж-220-100	100	220	1000
Ж-127-40	40	127	380
Ж-127-60	60	127	645
Ж-127-75	75	127	881
Ж-127-100	100	127	1275

Примітка. Тип цоколя 2Ш-22-2 для всіх типів ламп, крім Ж-54-15 (тип цоколя СФ-19).

Таблиця 7 – Технічні дані люмінесцентних ламп

Тип лампи	Номинальна потужність, Вт	Номинальна напруга, В	Світловий потік, лм	Довжина лампи, мм
ЛБ 15	15	127	630	440
ЛТБ 15	15	127	600	440
ЛБ 20	20	127	980	590
ЛТБ 20	20	127	900	590
ЛБ 30	30	220	1740	900
ЛТБ 30	30	220	1500	900
ЛБ 40	40	220	2480	1200
ЛТБ 40	40	220	2200	1200

4.6 Перелік споживачів електроенергії пасажирського вагона та їх характеристика

Після того, як будуть визначені потужності всіх заданих для визначення споживачів електроенергії вагона, вони заносяться в таблицю 4. В цю таблицю заносяться всі споживачі вагона, включаючи ті, потужність яких визначалась, і ті, потужність яких задана.

Таблиця 8 – Споживачі електроенергії пасажирського вагона

Споживачі вагона	Характеристика споживача вагона						
	Номинальна або встановлена потужність, кВт	Номинальний А струм	Номинальна напруга, В	д. Номинальний	Номинальний $\cos\varphi$	Коефіцієнт використання	Кратність струму, λ
Електродвигун компресора							
Електродвигун конденсатора							

Продовження таблиці 6

Електродвигун вентилятору системи вентиляції							
--	--	--	--	--	--	--	--

Електродвигун циркуляційного насоса							
Електрокип'ятильник							
Електроохолоджувач питної води							
Електронагрівачі зливних і наливних труб							
Лампи розжарювання							
Люмінесцентні лампи							
Ланцюги керування							

Таблицю необхідно розмістити на кресленні під однолінійною принциповою електричною схемою пасажирського вагона.

5 ПРИНЦИПОВА ОДНОЛІНІЙНА ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

У пасажирських вагонах енергія, вироблена генератором або акумуляторною батареєю, надходить спочатку до розподільного пристрою (обладнання), а потім до окремих споживачів по власній лінії, така система називається централізованою.

На розподільному пристрої (обладнанні) розташована комутаційна і захисна апаратура для управління споживачами та джерелами електричної енергії і захисту її від перенавантажень і аварійних режимів. В пасажирських вагонах розподільне обладнання називається розподільним щитом чи пультом управління. Винятком може бути лише освітлювальне навантаження, де інколи застосовується змішана система електропостачання окремих світильників. Однак група однорідних світильників, яка живиться від однієї лінії (як один груповий споживач), можливо вважати централізованою системою. Система цього типу досить надійна. Пошкодження лінії приводить до відключення лише того споживача, лінія електропостачання якого пошкоджена і не порушує роботи решти споживачів електроенергії. Система дозволяє відключити для ремонту пошкоджену ділянку електропостачання без відключення всієї мережі.

Недоліки централізованої системи – громіздкість центрального розподільного устаткування і велика маса дротів електричної мережі, особливо при великій кількості споживачів.

Принципова схема електропостачання пасажирського вагона виконується з дотриманням вимог ЄСКД на умовні позначки окремих елементів електричних схем.

Принципова електрична схема електропостачання вагона виконується однолінійною. На ній вказуються всі апарати захисту і апарати керування споживачами.

6 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахункові навантаження дозволяють визначити перетин дротів мережі електропостачання вагона, вибрати захисні апарати і апаратуру керування.

Під розрахунковим навантаженням розуміють деяке незмінне навантаження (струму, потужності), яке викликає такий же нагрів дротів електродвигунів, що і дійсне навантаження, яке безперервно змінюється за величиною і часом. Розрахункове навантаження визначається для найбільш навантажених в електричному відношенні періодів роботи електрообладнання. Для пасажирських вагонів споживання електроенергії в зимовий і літній періоди експлуатації неоднакове. Споживання залежить і від типу вагона (вагон з кондиціонуванням повітря або без кондиціонування, є електричне опалення або відсутнє), і від умов, в яких вагон експлуатується. Визначають розрахункові навантаження для зимового і літнього періодів експлуатації вагона і приймають для наступних розрахунків більші. В теперішній час згідно з «Вказівками щодо визначення електричних навантажень» основним є метод упорядкованих діаграм, який і рекомендований для вживання при визначенні навантажень в мережах електропостачання низької та високої напруги.

Цей метод дає можливість розрахувати максимальну потужність групи електроприймачів і визначається так:

- розрахункове активне навантаження, кВт,

$$P_P = \sum P_H ; \quad (18)$$

- розрахункове реактивне навантаження, кВАр,

$$Q_P = \sum (P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H) . \quad (19)$$

Таблиця 9 – Значення коефіцієнта використання k_B та орієнтовні значення $\cos \varphi$ і $\operatorname{tg} \varphi$ споживачів пасажирських вагонів

Споживачі електроенергії	k_B	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
Електродвигун компресора	0,6-0,75	0,8	0,75
Електродвигун вентилятора конденсатора	0,73-0,8	0,75	0,88
Електродвигун вентилятора системи вентиляції	0,84-0,9	0,75-0,8	0,85-0,75
Електродвигун циркуляційного насоса	0,3	0,65-0,7	1,17-1,02
Електродвигун перетворювача люмінесцентного освітлення	0,7-0,75	0,8-0,85	0,75-0,62
Електрокип'ятильник	0,27	1	0

Продовження таблиці 7

Перетворювач електрообригив	0,15-0,2	0,6-0,65	1,33-1,17
Електроохолоджувач питної води	0,35	0,6-0,7	1,33-1,02
Електронагрівачі зливних і наливних труб	0,06-0,18	1	0
Електричні печі	0,9	1	0

Електрокалорифер	0,85-0,9	1	0
Лампи розжарювання	0,8-0,85	1	0
Люмінесцентні лампи	0,8-0,85	0,9	0,48
Електронагрівачі котла опалення вагона	0,8-0,9	1	0
Перетворювач для живлення радіопристроїв	0,75-0,78	0,7-0,75	1,02-0,88
Ланцюги керування	0,9-0,95	0,8-0,85	0,75-0,62

Для систем електропостачання постійного струму реактивна потужність $Q_p = 0$, є тільки активна потужність, тобто, для мереж постійного струму $S_p = P_p$.

Загальна розрахункова потужність для мереж перемінного струму, кВА

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} . \quad (20)$$

Розрахунковий коефіцієнт потужності групи споживачів електроенергії визначають через розрахункові потужності

$$\cos \varphi_p = \frac{P_p}{S_p} . \quad (21)$$

Розрахунковий струм, А:

- для електроприймачів трифазного струму

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_p} , \quad (22)$$

- для однофазного перемінного струму

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_H \cdot \cos \varphi_p} , \quad (23)$$

- для групи споживачів при системі електропостачання на постійному струмі

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_H} , \quad (24)$$

де U_H – номінальна напруга мережі електропостачання.

6 ВИЗНАЧЕННЯ ПІКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Пікове навантаження – це найбільше навантаження впродовж не більш 5-10 с. Пікові струми виникають, наприклад, при пуску електродвигуна найбільшої потужності при працюючих інших споживачах електроенергії.

Піковий струм групи споживачів електроенергії в мережах напругою до 1000 В, а також в мережах постійного струму з достатньою для практичних їх розрахунків точністю визначається

$$I_{\text{ПСК}} = I_{\text{ПУСК.НАИБ}} + (I_P - k_I \cdot I_{I.\text{НАИБ}}), \quad (25)$$

де I_P – розрахунковий струм навантаження всієї групи приймачів;

$I_{I.\text{НАИБ}}$ – номінальний струм електродвигуна, у якого найбільший пусковий струм;

k_I – коефіцієнт використання електродвигуна, у якого найбільший струм,

$I_{\text{ПУСК.НАИБ}}$ – пусковий струм електродвигуна найбільшої потужності

$$I_{\text{ПУСК.НАИБ}} = \lambda \cdot I_{I.\text{НАИБ}}, \quad (26)$$

де $\lambda = \frac{I_{\text{ПУСК}}}{I_H}$ – кратність пускового стуму по відношенню до номінального (для

електродвигунів постійного струму $\lambda=2 \div 2,5$; для асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором приводиться в каталогах; для асинхронних електродвигунів з фазним ротором, при відсутності в каталозі $\lambda=2,5 \div 3$).

Повний струм одиночного електродвигуна дорівнює його пусковому струму.

7 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

При індивідуальній системі електропостачання пасажирського вагона джерело електроенергії – вагонний генератор, при централізованій системі – генератор вагона – електростанції або генератор, встановлений на тепловозі, або спеціальна обмотка силового трансформатора електровоза перемінного струму, або інший спеціально призначений для електропостачання пасажирських вагонів пристрій.

Перш ніж визначити потужність джерела електропостачання вагона, необхідно вибрати розрахунковий режим і визначити розрахунковий та піковий струми для цього режиму. Для вагонного генератора розрахунковим струмом буде розрахунковий струм тільки одного вагона, а для генератора вагона – електростанції необхідно знати навантаження від усіх вагонів поїзда, тобто знати, які вагони будуть у поїзді, коли споживання електроенергії буде максимальним.

Якщо визначити час експлуатації вагона, коли максимальне споживання електроенергії буде неможливим, то знаходять розрахункові навантаження для літнього і зимового режимів роботи. Аналогічно поступають і при визначенні пікового струму.

За знайденим більшим розрахунковим струмом знаходять необхідну потужність джерела електроенергії (генератора або перетворювача).

Потужність визначається з тотожності:

- генератор постійного струму, кВт,

$$P_G = U_H \cdot I_P \cdot 10^{-3}, \quad (27)$$

- генератор однофазного перемінного струму, кВА,

$$S_G = U_H \cdot I_P \cdot 10^{-3}, \quad (28)$$

- генератор і трансформатор перетворювача трифазного перемінного струму, кВА,

$$S_G = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_P \cdot 10^{-3}. \quad (29)$$

Потужність джерела електроенергії за умов навантаження його піковим струмом:

- генератор постійного струму, кВт,

$$P_G = \frac{U_H \cdot I_{ПК}}{k_{ПЕР}} \cdot 10^{-3}, \quad (30)$$

- генератор однофазного перемінного струму, кВА,

$$S_G = \frac{U_H \cdot I_{ПК}}{k_{ПЕР}} \cdot 10^{-3}, \quad (31)$$

- генератор трифазного перемінного струму, кВА,

$$S_G = \frac{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{ПК}}{k_{ПЕР}} \cdot 10^{-3}, \quad (32)$$

де $k_{пер} = 1,5 \div 2$ – коефіцієнт короточасного навантаження для генераторів.

З двох значень потужності, знайдених розрахунком, вибирають більше і округляють його до цілого числа в бік збільшення.

Режим, для якого потужність буде максимальною, є розрахунковим режимом.

Потужність трансформатора-перетворювача знаходять тільки за розрахунковим струмом.

8 ВИБІР ДРОТІВ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

Дроти вибираються відповідно до вимог, які пред'являються до мережі електропостачання пасажирських вагонів. Ці вимоги будуть виконані, якщо перетин дротів обрано з урахуванням таких чотирьох умов:

а) нагрів дротів не повинен перевищувати допустимого значення.

Це буде виконано, якщо $I_{ДРОТ.Н} \geq I_P$, тобто, якщо номінальний струм дроту дорівнює або більше розрахункового струму. Знаючи розрахунковий струм, вибирають перетин дроту;

б) при коротких замиканнях або великих навантаженнях, коли відбувається спрацювання захисного апарата, не повинна порушуватись термічна стійкість дротів. Ця вимога буде виконана, якщо номінальний струм дроту відповідає струму захисного апарата, тобто, якщо $I_{ДРОТ.Н} \approx k_3 \cdot I_3$,

де I_3 – струм захисного апарата. Для електричних мереж вагонів – це номінальний струм плавкої вставки запобіжника або номінальний струм установки автоматичного вимикача;

k_3 – коефіцієнт захисту або кратність довгочасного допустимого струму плавкої вставки, або номінальний струм вставки автоматичного вимикача.

Таблиця 10 – Значення коефіцієнта захисту

Тип захисного апарата	k_3

Автоматичний вимикач з миттєводіючим вимикаючим пристроєм	1,25
Автоматичний вимикач з тепловим розчіплювачем	1,0
Плавка вставка	1,25

Дозволяється брати ближчий менший перетин дроту, що задовольняє умові, викладеній нижче;

в) втрата напруги в дротах не повинна перевищувати допустимого значення $\Delta U_{л} \leq \Delta U_{доп}$ / у відсотках $\Delta U_{доп} \leq 10\%$ /.

Для дротів із немагнітних матеріалів (мідь, алюміній) для мереж електропостачання вагонів на постійному струмі втрата напруги в лінії

$$\Delta U_{л} = \frac{200}{U_H} \cdot I_{пик} \cdot r_{л} . \quad (33)$$

Для мережі електропостачання однофазного перемінного струму

$$\Delta U_{л} = \frac{200}{U_H} \cdot I_{пик} \cdot (r_{л} \cdot \cos \varphi_P + x_{л} \cdot \sin \varphi_P) . \quad (34)$$

Для трифазних мереж перемінного струму

$$\Delta U_{л} = \frac{100 \cdot \sqrt{3}}{U_H} \cdot I_{пик} \cdot (r_{л} \cdot \cos \varphi_P + x_{л} \cdot \sin \varphi_P) , \quad (35)$$

де $I_{пик}$ – сумарний піковий струм дроту, якщо по ньому одержує енергію група споживачів, А;

U_H – номінальна напруга мережі електропостачання, В;

$r_{л}$ – активний (омічний для мереж постійного струму) опір лінії, Ом;

$x_{л}$ – індуктивний опір лінії електропостачання, Ом;

$\cos \varphi_P, \sin \varphi_P$ – розрахункові значення $\cos \varphi$ і $\sin \varphi$.

Активний опір лінії електропостачання, Ом

$$r_{л} = \frac{l_{л}}{\gamma_{л} \cdot F_{л}} , \quad (36)$$

де $l_{л}$ – довжина лінії, м;

$F_{л}$ – перетин дроту даної ділянки ліній електропостачання, мм²;

$\gamma_{л}$ – питома провідність дротів (для мідних дротів $\gamma_{л} = 57 \frac{м}{Ом \cdot мм^2}$; для алюмінієвих $\gamma_{л} = 35,8 \frac{м}{Ом \cdot мм^2}$).

Індуктивний опір ділянок лінії електропостачання, Ом, для кабелів і дротів, прокладених в сталених трубах або металевих рукавах, можливо прийняти рівним

$$x_{л} = 7 \cdot 10^{-5} \cdot l_{л}$$

Розрахунок ведуть в наступному порядку. Визначають втрати напруги на ділянці мережі електропостачання для більшого перетину дроту, одержаного з перших двох умов. Якщо втрата напруги в лінії при цьому перевищує допустиму, тоді вибирають більший перетин дроту і розрахунок повторюють, доки втрата не буде менше 10%;

г) дроти повинні бути обрані так, щоб їх механічна міцність була достатня. Це буде виконано, якщо перетин дротів буде взято не менше зазначеного у таблиці 12.

Таблиця 11 – Тривало допустимі струмові навантаження (А) на дроти і кабелі в мережах напруги до 1000 В для мідних/алюмінієвих дротів

Вид кабелю, дроту	Спосіб прокладки	Переріз дроту або однієї жили кабелю, мм ²												
		2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
Дроти з резиновою і поліхлорвініловою ізоляцією	Відкрито прокладені	$\frac{30}{24}$	$\frac{41}{32}$	$\frac{50}{39}$	$\frac{80}{60}$	$\frac{100}{75}$	$\frac{140}{105}$	$\frac{170}{130}$	$\frac{215}{165}$	$\frac{270}{210}$	$\frac{330}{255}$	$\frac{385}{295}$	$\frac{440}{340}$	$\frac{510}{390}$
	В одній трубі	$\frac{25}{19}$	$\frac{25}{28}$	$\frac{42}{32}$	$\frac{60}{47}$	$\frac{80}{60}$	$\frac{100}{80}$	$\frac{125}{95}$	$\frac{170}{130}$	$\frac{210}{165}$	$\frac{255}{200}$	$\frac{290}{220}$	$\frac{330}{255}$	-
Трижильні кабелі з резиновою або пластмасовою ізоляцією	В повітрі	$\frac{25}{19}$	$\frac{35}{27}$	$\frac{42}{32}$	$\frac{55}{42}$	$\frac{75}{60}$	$\frac{95}{75}$	$\frac{120}{90}$	$\frac{145}{110}$	$\frac{180}{140}$	$\frac{220}{170}$	$\frac{260}{200}$	$\frac{305}{235}$	$\frac{350}{270}$
Чотирижильні кабелі з паперовою просоченою ізоляцією	В повітрі	-	$\frac{37}{28}$	$\frac{45}{35}$	$\frac{60}{45}$	$\frac{80}{65}$	$\frac{100}{80}$	$\frac{125}{95}$	$\frac{150}{120}$	$\frac{15}{145}$	$\frac{215}{165}$	$\frac{255}{195}$	$\frac{300}{230}$	$\frac{340}{230}$

Примітка. Чисельник – мідні дроти, знаменник – алюмінієві дроти.

Таблиця 12 – Мінімальний перетин дротів мережі електропостачання вагонів

Характеристика дротів і умов прокладки	Найменший перетин дротів, мм ²	
	Мідних	Алюмінієвих

Ізольовані дроти для освітлювальної апаратури	0,5	—
Дроти для переносних приладів	0,75	—
Незахищені ізольовані дроти для стаціонарної прокладки у трубах і металевих рукавах, групові лінії силових і освітлювальних мереж при відсутності штепсельних роз'ємів	1	2,5
Групові дроти силової мережі, мережі освітлення зі штепсельними роз'ємами	1,5	2,5

9 ВИБІР КОМУТАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ

До комутаційних апаратів, які служать для вмикання і вимикання ланцюгів, відносяться рубильники, контактори і реле. Рубильники служать для ручного вмикання і вимикання ланцюгів, контактори і реле — дистанційного, автоматичного і неавтоматичного вмикання ланцюгів і споживачів електроенергії. Рубильники, реле, контактори захисних пристроїв від струмів перенавантажень і струмів короткого замикання не мають. Для цього послідовно з ними вмикають захисні апарати.

Найбільше розповсюдження одержали рубильники з центральною і боковою рукояткою на номінальні струми: 100, 200, 400, 600 і 1000 А і номінальну напругу до 600 В.

При виборі рубильників, контакторів, реле повинні бути виконані такі умови:

а) номінальна напруга рубильника, контактів реле і контактора повинна дорівнювати або бути більшою за напругу мережі, тобто

$$U_{н.апарата} \geq U_{н.мережі};$$

б) для контакторів і реле номінальна напруга котушок керування повинна бути рівною номінальній напрузі мережі, тобто

$$U_{н.кат} = U_{н.мережі};$$

в) номінальний струм рубильника, контактів реле і контактора повинен дорівнювати або бути більшим розрахункового струму ділянки мережі, який цим комутаційним апаратом вмикається або вимикається, тобто

$$I_{н.ап} \geq I_p.$$

Таблиця 13 – Технічні дані контакторів постійного струму

□

□

Тип контактора	Тривалий струм головних контакторів, А	Номинальна напруга, В	
		Головних контакторів	Включаючої котушки
1	2	3	4
КМ-12А-1	150	50 – 70	45 – 75
2КМ-002-1	60	50 – 70	45 – 75
2КМ-002-5	160	50 – 70	45 – 75
КН1, КНУ1	25	60 – 320	24 – 320
КН2, КНУ2	60	60 – 320	24 – 320
КН3, КНУ3	100	60 – 320	24 – 320
КН4, КНУ4	200	60 – 320	24 – 320
КН5, КНУ5	400	60 – 320	24 – 320

Таблиця 14 – Технічні дані контакторів змінного струму

Тип контактора	Номинальна напруга головних контакторів, В	Тривалий струм головних контакторів, А
КТФ(1)	380	15
КТФ(2)	380	25
ТМ-1А	380	26
ТМ-2	380	50
ТМ-3	380	100
КМ-2000 (2)	380	50
КМ-2000 (4)	380	150

10 ВИБІР ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ

До захисної апаратури, що застосовується на пасажирських вагонах, належать запобігачі та автоматичні вимикачі.

Запобігачі застосовуються для захисту від струму короткого замикання або дуже великих перенавантажень, які діють значний час (запобігачі не повинні вимикати ділянки мережі електропостачання при пікових струмах, дія яких короткочасна). Автоматичні вимикачі призначаються для захисту як від струму короткого замикання (за допомогою миттєводіючих електромагнітних розчіплювачів), так і від струму перенавантажень (за допомогою теплових або іншого типу розчіплювачів).

Час відключення струмів короткого замикання за допомогою запобігачів залежить від величини струму, він менший при великих струмах короткого замикання. Час відключення струмів короткого замикання за допомогою автоматичних вимикачів (автоматів) не залежить від величини струму короткого замикання. Для того, щоб спрацював миттєводіючий електромагнітний розчіплювач автомата і дав команду на відключення автомата, потрібно, щоб струм у мережі перевищив струм вставки миттєводіючого розчіплювача автомата.

Тепловий розчіплювач автомата застосовується для захисту ланцюгів і споживачів від струмів перенавантажень. Час, через який спрацює тепловий розчіплювач автомата, залежить від величини струму перенавантаження. Час спрацювання теплового розчіплювача приблизно зворотно пропорційний величині струму перенавантаження.

Автоматичні вимикачі випускаються трьох типів: тільки з миттєводіючим розчіплювачем; тільки з тепловим розчіплювачем (цей тип автомата від струмів короткого замикання мережу та прилади не захищає); з комбінованим розчіплювачем, який має зазначені вище типи розчіплювачів.

При виборі запобігачів повинні бути виконані такі умови:

а) номінальна напруга запобігача повинна бути рівною або більшою номінальної напруги мережі, тобто

$$U_{н.зап} \geq U_n;$$

б) плавка вставка не повинна плавитися при розрахунковому струмі, тобто

$$I_{н.встав} > I_p;$$

в) плавка вставка не повинна плавитися (згорати) при короткочасних пікових струмах

$$I \geq \frac{I}{\alpha}.$$

Коефіцієнт a залежить від числа споживачів, які захищає запобігач. Якщо споживач – одиночний електродвигун, тоді $a = 2,5$; якщо група електродвигунів, тоді $a = 1,6 \div 2$. Меншими є значення a при більшій кількості електродвигунів у групі.

При виборі автоматичних вимикачів повинні бути виконані такі умови:

а) номінальна напруга автоматичного вимикача повинна бути рівною або більшою номінальної напруги мережі, тобто

$$U_{н.авт.} \geq U_{н.мер};$$

б) номінальний струм миттєводіючого розчіплювача (вставка, струму) повинна бути рівним або більшим розрахункового струму, тобто

$$I_{ел.магн} \geq I_p;$$

в) номінальний струм теплового розчіплювача повинен бути рівним або більшим розрахункового струму, тобто

$$I_{тепл} \geq I_p;$$

-
- -
 -
 -

г) струм вставки миттєводіючого електромагнітного розчіплювача автомата повинен бути рівним або більшим пікового струму, тобто

$$I_{ел.магн} \geq I_{пик} k_{авт},$$

де $k_{авт}$ – коефіцієнт запасу на неточність спрацювання автомата $k_{авт}$ залежить від типу автомата і надається у каталогах на автоматичні вимикачі. При виконанні курсового проекту приймають $k_{авт} = 1,25$.

Таблиця 15 – Технічні дані запобіжників

Назва запобіжників	Тип запобіжника	Номинальний струм, А	Номинальний струм плавкої вставки, А	Найбільший струм, що відключається запобіжником, А
Без наповнювача (розбірні, струмо-обмежуючі) напругою 500 В	ПР-2-15	15	6; 10; 15	7,0
	ПР-2-60	60	15; 20; 25 35; 45; 60	3,6
	ПР-2-100	100	60; 80; 100	10
	ПР-2-200	200	100; 125 160; 200	10
	ПР-2-350	350	200; 225 260; 300 350	11
	ПР-2-600	600	350; 450 500; 600	20
С наповнювачем напругою 500 В	НПН2-15	15	6; 10; 15	50
	НПН2-60	60	15; 20; 25 30; 40; 60	50
	НПН2-100	100	30; 40; 60 80; 100	50
Однополюсні напругою 400 В	ПРС-6	6	1; 2; 4; 6	50
	ПРС-2	20	10; 16; 20	50

Таблиця 16 – Технічні дані автоматичних вимикачів типу А300 з комбінованим розчеплювачем

□

Тип вимикача	Струм теплового розчеплювача, А	Струм електромагнітного розчеплювача, А	Найбільший струм, що відключається автоматом, кА
A3110 I=100A	15	150	3,2
	20	200	4,0
	25	250	5,0
	30	300	7,0
	40	400	10
	50	500	10
	60	600	11
	80	800	12
A3120 I=100A	100	1000	12
	15;20	430	5; 6
	15;30		9; 10
	40;50	600	13; 19
	60		20
A3130 I=250A	80;120	800	22; 23
	120	840	19
	150	1050	23
	200	1400	30
A3140 I=600A	250	1750	30
	300	2100	32
	400	2800	35
	500	3500	40
	600	4200	50
			50

Таблиця 17 – Технічні дані автоматичних вимикачів типу АП50

Струм автоматичного вимикача, А	Межа регулювання струму теплового розчеплювача, А	Струм електромагнітного розчеплювача, А		Найбільший струм, що відключається автоматом, кА	
		змінний	постійний	змінний	постійний
1,6	1,0 – 1,6	11	14	0,3	1,0
2,5	1,6 – 2,5	17,5	22	0,4	1,0
4,0	2,5 – 4,0	23	36	0,6	1,0
6,4	4,0 – 6,4	45	57	0,8	1,5
10	6,4 – 10	70	90	1,5	1,5
25	16 – 25	175	220	1,5	1,5
40	25 – 40	280	352	1,5	1,5
50	40 – 50	350	440	1,5	1,5

ЛІТЕРАТУРА

- 1 *Электрическое* оборудование вагонов / Под ред. д.т.н., проф. А.Е. Зороховича - М: Транспорт, 1982.
- 2 *Зорохович А.Е.,* Либман А.З. Электро- и радиооборудование пассажирских вагонов. - М: Транспорт, 1965.
- 3 *Зорохович А.Е.,* Либман А.З. Ремонт электрооборудования пассажирских вагонов. - М: Транспорт, 1974.
- 4 *Кальмулин Ю.М.,* Просин И.А., Болотин З.М. Электрическое отопление пассажирских вагонов. - М: Транспорт, 1977.
- 5 ГОСТ 22265-76. Материалы проводниковые. Термины и определения. -М: 1978.
- 6 Электротехнический справочник. В 3-х томах -М: Энергия , 1980.
- 7 *ГОСТ 183-74.* Машины электрические вращающиеся. Общие технические требования. - М: 1977.
- 8 *Справочник* по проектированию электроснабжения / Под ред. Е.И. Круповича Ю.П. Барыбина, Л.М. Самовера/ - 3-е изд., перераб. и доп. - М: Энергия, 1980, -456с.
- 9 *СниП ГМ-79* Естественное и искусственное освещение. - М: Стройиздат, 1980.
- 10 *Кноррин Г.М.* Осветительные установки. - Л: Энергоиздат, 1981.
- 11 *ГОСТ 27И-75ЕСКД* Правила выполнения электрических схем.
- 12 *Никитин О.Ф.* и др. Электрооборудование пассажирских вагонов модели 61.425 (ЦМВСМ56). - М: Транспорт, 1977.
- 13 *Васильев В.Н.,* Скрипник ВВ Устройство и ремонт электрооборудования рефрижераторного подвижного состава - М: Транспорт, 1974.
- 14 *Вагоны* пассажирские магистральных железных дорог. Инструкция по техническому обслуживанию оборудования № 104/ПКБ ЦЗ. - М: Транспорт, 1986.

Додаток А

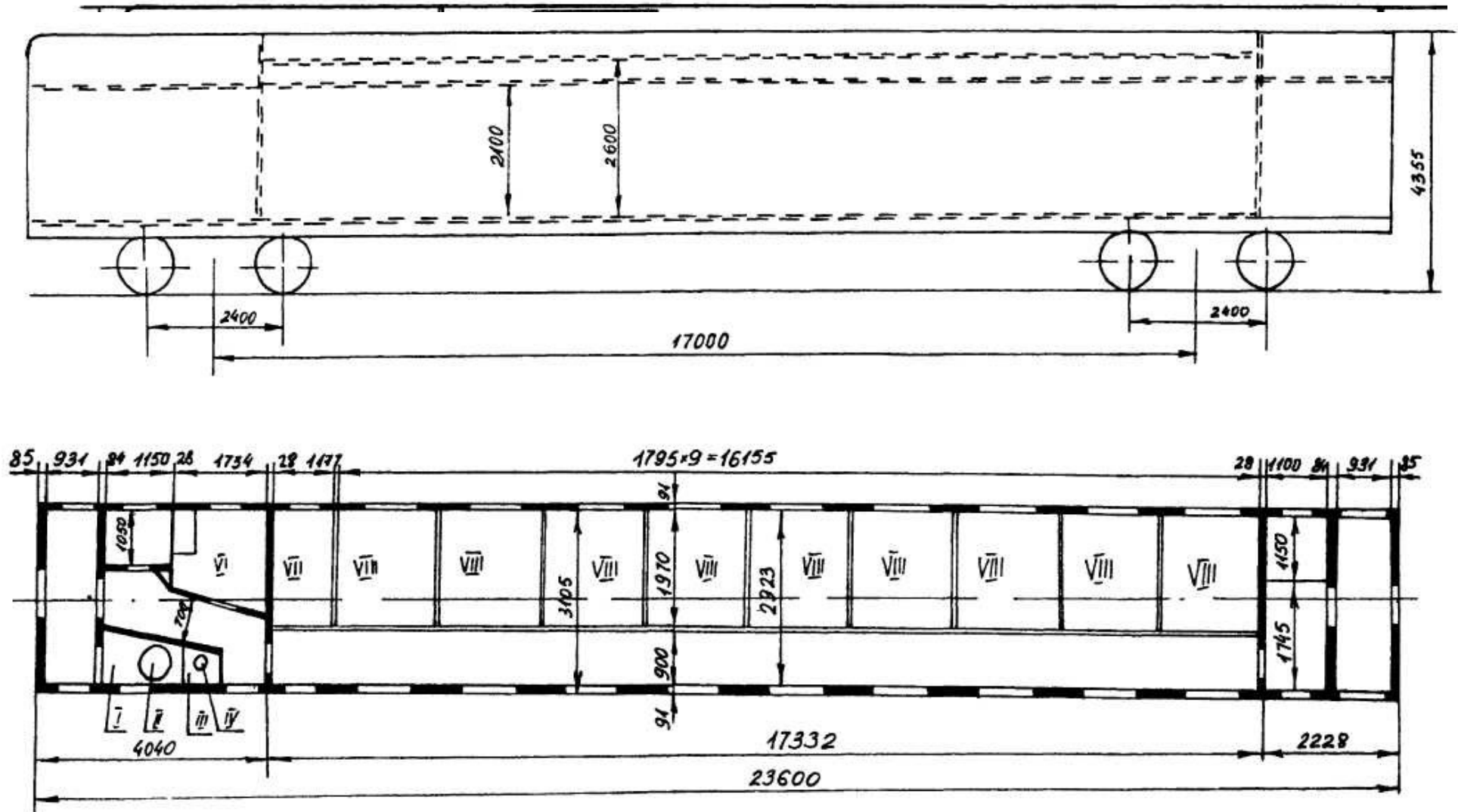


Рисунок А.1 – Планування некупейного (відкритого) пасажирського вагона

Рисунок А.2 – Планування твердого купейного пасажирського вагона

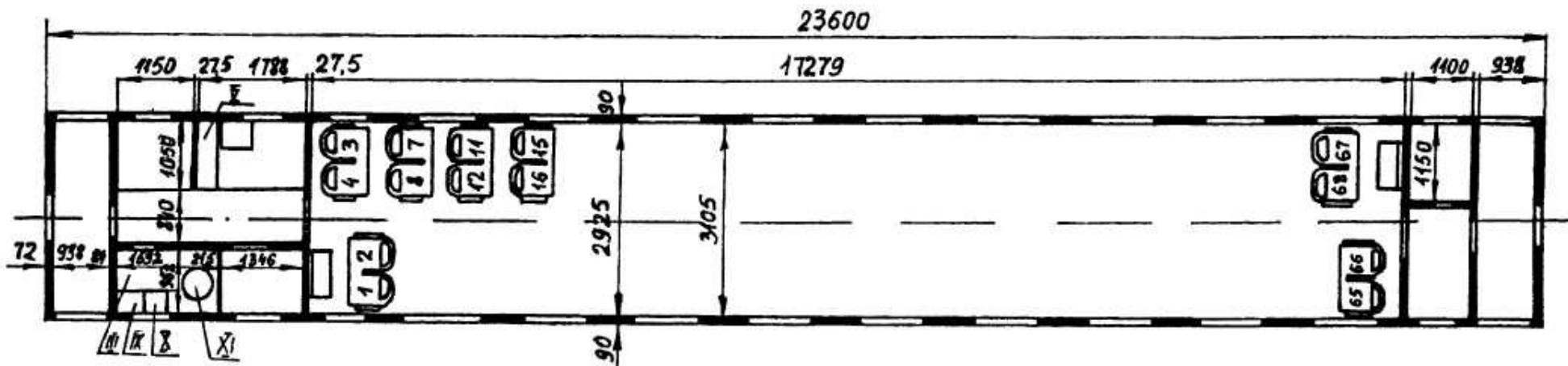
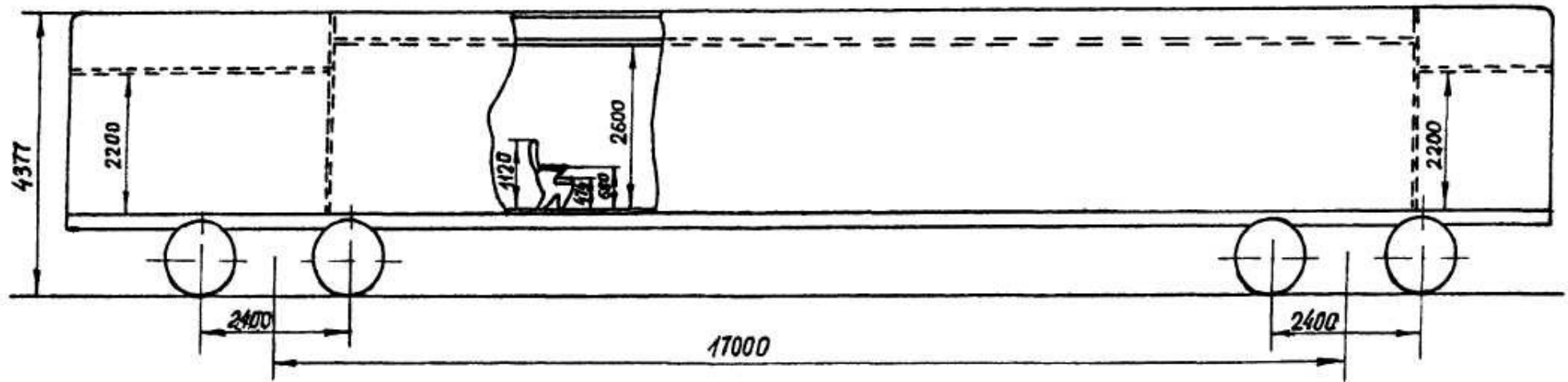
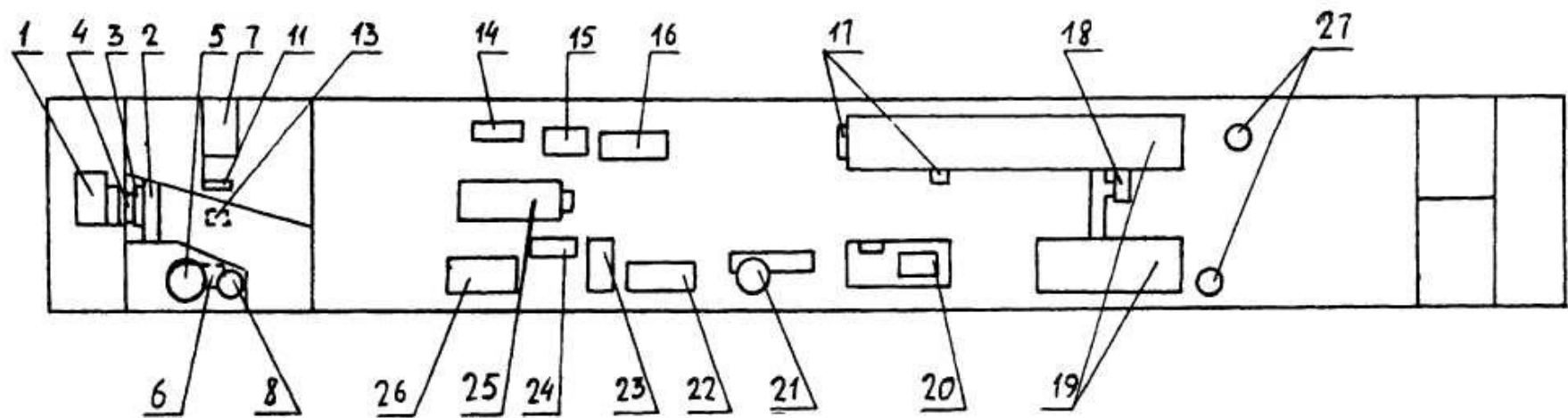
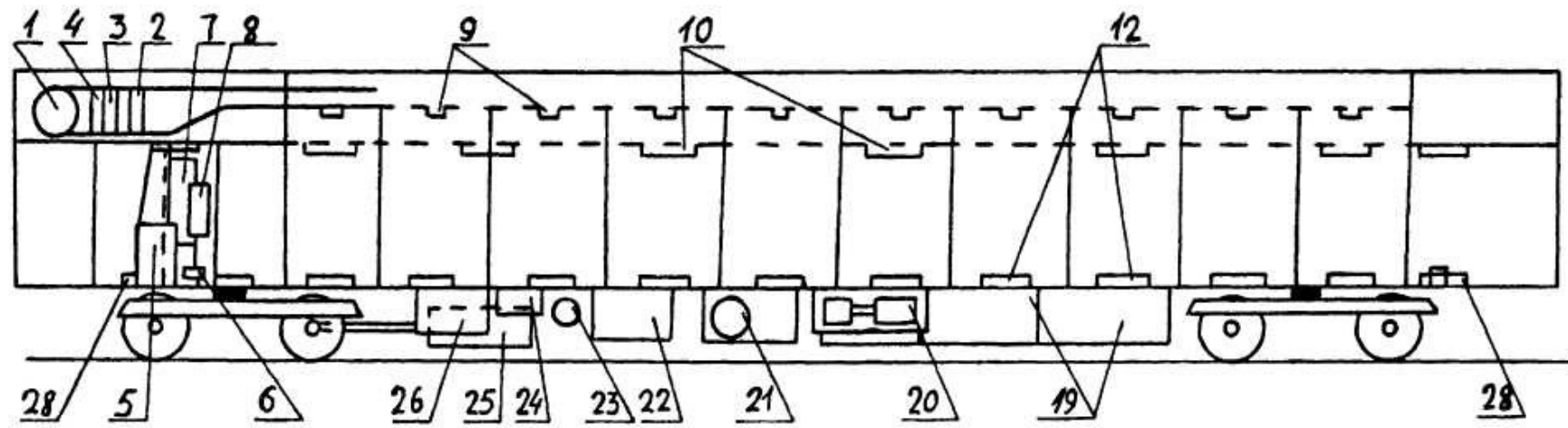


Рисунок А.3 – Планування міжобласного пасажирського вагона



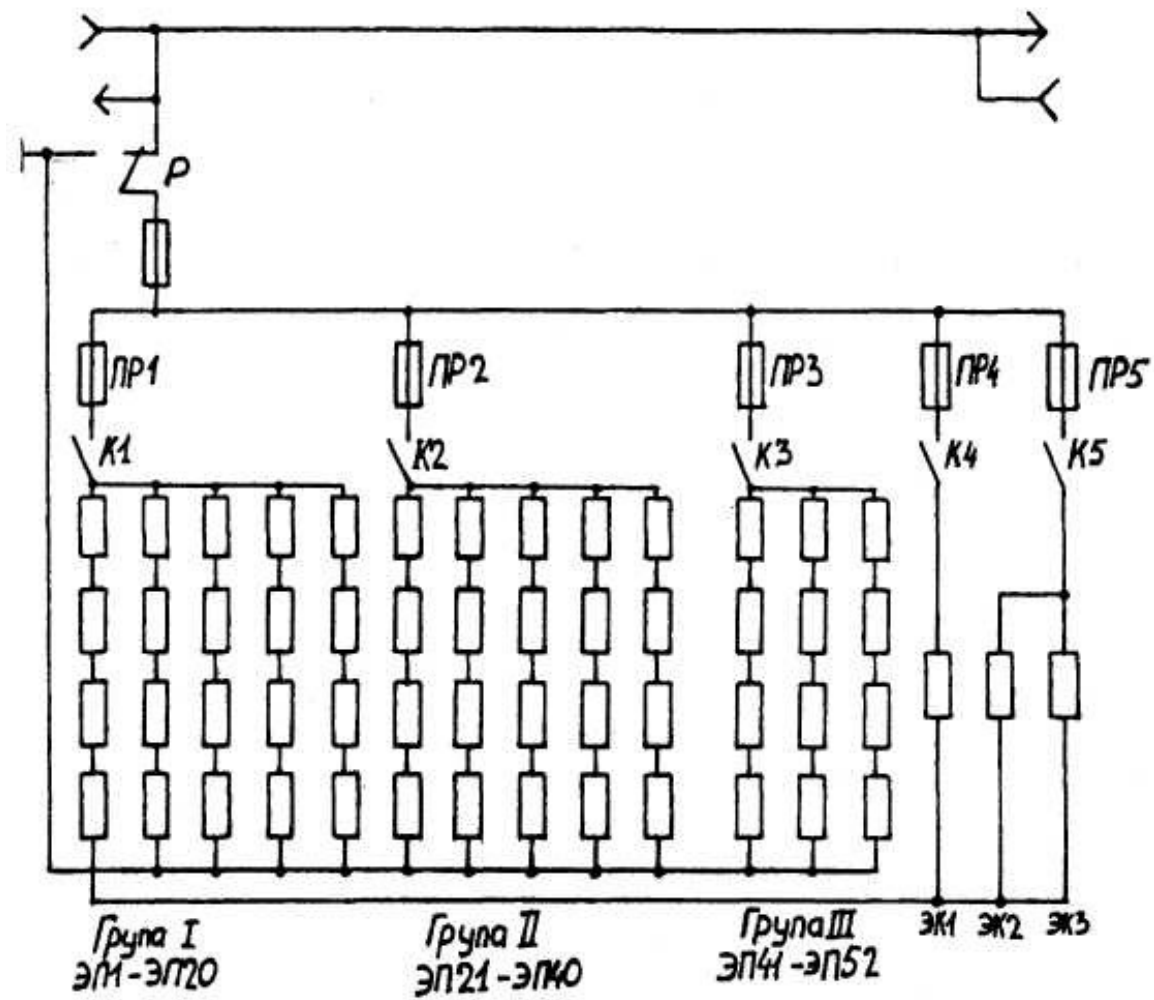


Рисунок А.4 – Приблизний план розташування електрообладнання вагона з електроводяним опаленням

**Рисунок А.6 – Принципова схема електричного опалення
пасажирського вагона**

Навчально-методичне видання

***ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
ВАГОНІВ***

Методичні вказівки

до виконання курсового проекту з дисципліни “Технічне обслуговування та ремонт електрообладнання вагонів” для студентів спеціальності “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту” усіх форм навчання.

Частина II

Укладач: Обуховський Володимир Віталійович

Редактор: О.Д. Дьордійчук

Підписано до друку 24.05.05р. Формат 60x84/16. Папір – офсетний. Спосіб друку – ризографія. Зам. № 157-05. Наклад 100 прим.

Видавництво КУЕТТ, 03049, м. Київ-049, вул. Миколи Лукашевича, 19