

**В. В. Бондаренко, В. В. Обуховський,
В. М. Шатаєв**

**ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ
ВАГОНІВ**

Навчальний посібник

Харків 2016



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТУ

В. В. Бондаренко, В. В. Обуховський, В. М. Шатаєв

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ВАГОНІВ

Навчальний посібник

Харків 2016

УДК 629.45(075)

ББК 39.24:39.16я7

Б 811

Рекомендовано вченою радою Українського державного університету залізничного транспорту як навчальний посібник (витяг з протоколу № 4 від 24 травня 2016 р.)

Рецензенти:

д-р техн. наук, професор В. М. Бубнов (Директор-Генеральний конструктор ГСКБ вагонобудування ім. В.М. Бубнова),

д-р техн. наук, професор В. Г. Маслієв (НТУ «ХП»),
канд. техн. наук, доцент Ю. М. Черних (ДЕТУТ)

Б 811 Електричне обладнання вагонів: Навч. посібник / В.В. Бондаренко, В.В. Обуховський, В.М. Шатаєв. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 258 с, рис. 112, табл. 36. ISBN 978-617-654-050-2

У навчальному посібнику авторами було систематизовано матеріал для ефективного вивчення студентами електрообладнання вагонів. Розглянута класифікація систем електрообладнання, способи передачі та розподілу електричної енергії у вагонах, типи розподільних щитів, електронні блоки, системи автоматики, джерела електроенергії, перетворювачі та споживачі електроенергії вагонів. Викладена методика розрахунку та вибору електрообладнання вагонів при проектуванні. Посібник призначений для студентів навчальних закладів залізничного транспорту, а також може бути корисним науково-технічним працівникам, які пов'язані з експлуатацією та ремонтом електрообладнання вагонів.

УДК 629.45(075)
ББК 39.24:39.16я7

ISBN 978-617-654-050-2

© Українська державна академія залізничного транспорту, 2016.
© Державний економіко-технологічний університет транспорту, 2016.

Навчальний посібник

**Бондаренко В'ячеслав Володимирович,
Обуховський Володимир Віталійович,
Шатаєв Віктор Миколайович**

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ВАГОНІВ

Відповідальний за випуск Бондаренко В.В.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 16.12.15 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 14,25. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту

61050, Харків - 50, майдан Фейєрбаха, 7

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ЗМІСТ

Вступ	5
.....	
1. Загальні відомості про електрообладнання вагонів	7
.....	
1.1. Призначення та розташування електричного обладнання	7
.....	
1.2. Умови роботи та вимоги до електричного обладнання .	8
2. Системи електропостачання пасажирських вагонів	14
.....	
2.1. Системи автономного електропостачання	16
.....	
2.2. Системи централізованого електропостачання	30
.....	
2.3. Системи змішаного електропостачання	37
.....	
3. Паралельна робота джерел електричної енергії	43
.....	
3.1. Паралельна робота генератора постійного струму з акумуляторною батареєю	43
.....	
3.2. Паралельна робота генератора змінного струму з акумуляторною батареєю	51
.....	
4. Передача і розподіл електричної енергії у вагонах	53
.....	
4.1. Будова системи передачі та розподілу електричної енергії і вимоги, що ставляться до неї	53
.....	
4.2. Поїзні електромагістралі	56
.....	
4.3. Електричні проводи та вибір перетину проводів	60
.....	
5. Генератори пасажирських вагонів	64

.....	
5.1. Генератори постійного струму	64
.....	
5.2. Генератори змінного струму	76
.....	
5.3. Силові випрямлячі	85
.....	
6. Приводи генераторів пасажирських вагонів	92
.....	
6.1. Плоскопасовий привід	93
.....	
6.2. Редукторно-карданний привід	95
6.3. Пасово-редукторно-карданний привід	98
.....	
6.4. Пасово-карданний привід	100
.....	
7. Акумуляторні батареї	104
.....	
7.1. Призначення, принцип дії та експлуатаційні показники	104
.....	
7.2. Будова та різновиди вагонних акумуляторів	115
.....	
8. Розподільні щити та системи вагонної автоматики	125
.....	
8.1. Розподільні щити комплексів електрообладнання	125
.....	
8.2. Система регулювання напруги генератора	131
.....	
8.3. Система керування реле частоти	143
.....	
8.4. Система керування опаленням вагона	149
.....	
8.5. Система зарядки акумуляторної батареї	155
.....	
8.6. Система автоматичного захисту електрообладнання	159
...	

8.7. Система контролю нагрівання букс	166
8.8. Система контролю замикання на корпус вагона	169
8.9. Система протиюзного захисту	170
8.10. Система пожежної сигналізації	172
9. Перетворювачі електричної енергії	176
9.1. Перетворювачі частоти для живлення електричних споживачів пасажирських вагонів.....	176
9.2. Електромашинні перетворювачі	178
9.3. Статичні високовольтні перетворювачі для живлення низьковольтних вагонних споживачів	180
10. Електричне освітлення вагонів	189
10.1. Способи та види електричного освітлення вагонів ...	189
10.2. Основні поняття світлотехніки та методи розрахунку	190
10.3. Лампи та світильники вагонів	196
.....	
10.4. Схеми живлення електричних ламп	208
11. Електричне опалення вагонів	212
11.1. Класифікація систем електричного опалення	212
11.2. Будова електронагрівальних приладів	222
11.3. Автоматичне керування системою електричного опалення	229

12. Розрахунки та вибір електричного обладнання пасажирського вагона	234
.....	
12.1. Визначення потужності споживачів електроенергії	234
12.2. Визначення розрахункових навантажень	240
.....	
12.3. Визначення пікових навантажень	243
.....	
12.4. Визначення потужності джерела електроенергії	244
.....	
12.5. Вибір проводів мережі електропостачання	245
.....	
12.6. Вибір комутаційної апаратури	248
.....	
12.7. Вибір захисної апаратури	249
.....	
13. Види і обсяги технічного обслуговування та ремонту	252
Список літератури	257
.....	

ВСТУП

Електрообладнання сучасного пасажирського вагона є різнотипним та складним за своєю будовою. Постійне удосконалення електрообладнання, яке пов'язане з підвищенням безпеки руху та комфортних умов пасажирів, призвело до збільшення кількості споживачів електроенергії та ускладнення систем регулювання, контролю, захисту та сигналізації пасажирських вагонів.

Робота вагонного електрообладнання має ряд характерних особливостей. Воно працює у складних умовах та знаходиться під дією вібрації, змінних температурних режимів, атмосферних опадів, вітру, конденсату та вологи. Експлуатація, пошук відмов та відновлення працездатного стану електрообладнання вимагає значних часових та матеріальних витрат. Тому знання конструкції та принципу дії електрообладнання пасажирських

вагонів – це один з напрямків гарантування безпеки руху та ефективності експлуатації рухомого складу залізниць України.

Електричне обладнання вагонів різних типів принципово не відрізняється між собою та має багато спільного, але конструктивно воно дуже різноманітне та існує багато різних комплексів електрообладнання вітчизняного та закордонного виробництва.

Авторами було систематизовано матеріал для ефективного вивчення студентами конструкції та принципу дії електрообладнання вагонів, технічного обслуговування та контролю технічного стану в експлуатації. Розглянута класифікація систем електрообладнання, способи передачі та розподілу електричної енергії у вагонах, типи розподільних щитів, електронні блоки, системи автоматики, джерела електроенергії, перетворювачі та споживачі електроенергії вагонів. Викладена методика розрахунку та вибору електрообладнання вагонів, яка може бути використана студентами при виконанні курсового проектування.

У розробленні посібника брали участь співробітники кафедри «Вагони» УкрДУЗТ та кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДЕТУТ.

Посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальністю 7.07010502 «Вагони та вагонне господарство» (спеціалісти та магістри) та за напрямом підготовки 6.070105 «Рухомий склад залізниць» (бакалаври) денної і заочної форм навчання, а також може бути корисним науково-технічним працівникам, які пов'язані з експлуатацією та ремонтом електрообладнання вагонів, у тому числі для їх перепідготовки та підвищення кваліфікації.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВАГОНІВ

1.1. Призначення та розташування електричного обладнання

Електричне обладнання, яке застосовується в сучасних пасажирських вагонах, використовується для створення пасажирам необхідних комфортних умов, приготування та зберігання їжі у вагонах-ресторанах, радіомовлення та роботи пристроїв зв'язку, полегшення праці поїзної бригади та гарантування безпеки руху поїздів.

За призначенням вагонне електрообладнання можна розподілити на такі основні групи: джерела електричної енергії (генератори та акумуляторні батареї); перетворювачі, які змінюють напругу або струм та перетворюють один рід струму в інший або частоту змінного струму; електричні приводи вентиляторів, насосів, компресорів та ін.; електронагрівальні пристрої; електричне освітлення вагонів з лампами розжарювання, люмінесцентними або світлодіодними; апаратура автоматичного керування та регулювання для вмикання і вимикання різних споживачів електроенергії та регулювання температури, напруги та інших параметрів; пристрої захисту джерел електроенергії та споживачів; апаратура автоматичного контролю з датчиками, сигнальними лампами, індикаторами та електровимірювальними приладами; телерадіоапаратура; вагонна електрична мережа. Електричне обладнання розміщується всередині та зовні вагона (рис. 1.1, 1.2) [1].

Всередині вагона встановлені споживачі електричної енергії, апаратура управління, захисту, контролю та сигналізації. Це освітлювальні пристрої, двигун вентиляційного агрегату, нагрівальні елементи кип'ятильника, електричних печей та калорифера, двигун циркуляційного насоса, розподільний щит та ін. В розподільному щиті (шафі) встановлена захисна і регульовальна апаратура, а також електровимірювальні прилади (амперметри, вольтметри), індикатори, дисплеї та сигнальні лампи, функціональні блоки апаратури і автоматична пожежна сигналізація з елементами пожежогасіння.

Під вагоном розміщені джерела електричної енергії, а також обладнання, яке за своїми габаритними розмірами та умовами роботи не може бути розміщене всередині вагона. Це генератор, акумуляторна батарея, перетворювач люмінесцентного освітлення, двигуни компресора та вентилятора конденсатора установки охолодження повітря, високовольтні контактори та запобіжники та електричні мережі і міжвагонні з'єднання.

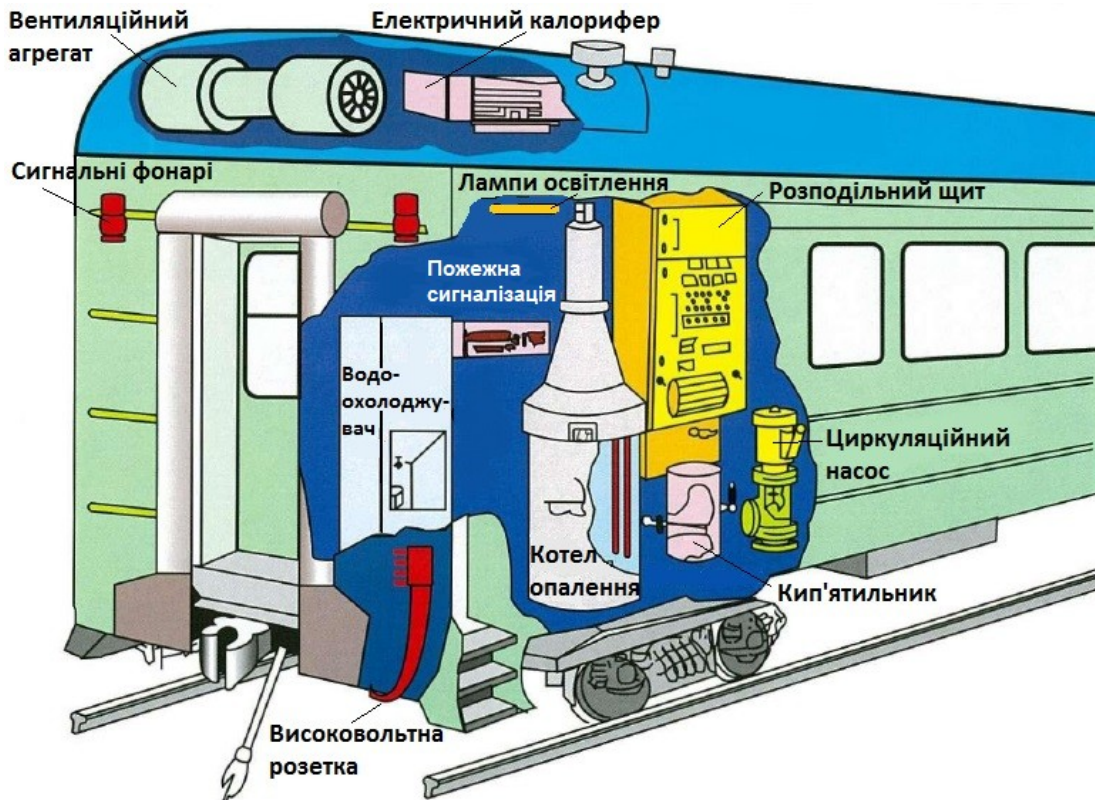


Рис. 1.1. Внутрішнє електрообладнання пасажирського вагона

1.2. Умови роботи та вимоги до електричного обладнання

Електричне обладнання пасажирських вагонів працює в складних умовах. У процесі експлуатації на нього діють значні динамічні зусилля, які виникають в результаті вібрації та поштовхів, особливо при великих швидкостях руху та при маневрових роботах. Динамічні сили, що діють на електрообладнання, можуть привести до обриву проводів і обмоток (особливо в місцях їх з'єднань), появи тріщин і псування

електроізоляційних матеріалів, прискороного зносу осей і підшипників в електромеханізмах і приладах, порушення нормальної роботи пружних і рухливих елементів (пружин, якорів електромагнітів і т.п.).

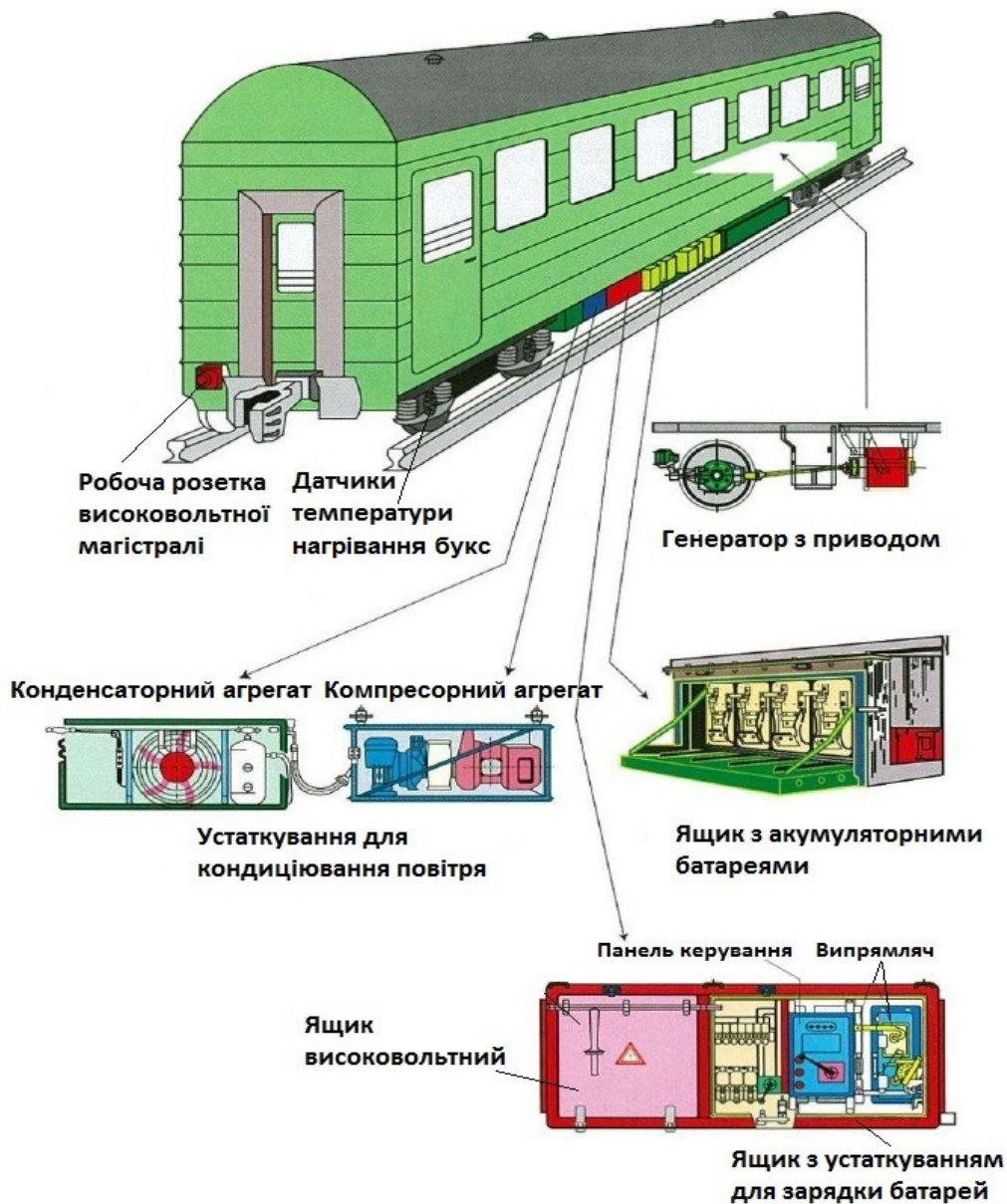


Рис. 1.2. Зовнішнє електрообладнання пасажирського вагона

Широкий діапазон температур, сильний вітер, дощ, сніг, ожеледь, бруд, пил також значно ускладнюють роботу електрообладнання та його обслуговування в експлуатації.

На вагоні значна кількість різного електрообладнання встановлена ззовні кузова вагона. Тому взимку, при низьких температурах (до -50°C), знижується механічна міцність окремих деталей електричних машин, апаратів та приладів. Внаслідок підвищення в'язкості мастила виникають значні моменти опору, які ускладнюють роботу електричних машин та механізмів, знижують коефіцієнт їх корисної дії. При низьких температурах більшість ізоляційних матеріалів стають крихкими, у них з'являються тріщини. Зменшується також ємність акумуляторних батарей. Літом при підвищених температурах (особливо в південних районах) робота електрообладнання також утруднена: погіршуються умови охолодження електричного обладнання.

Встановлене у вагоні електрообладнання повинне мати якомога меншу масу та габаритні розміри, так як ці параметри впливають на економічні показники роботи рухомого складу. Особливо жорсткі вимоги ставляться до розмірів електрообладнання, встановленого ззовні та під вагоном, так як воно обов'язково повинне вписуватись в габаритні розміри рухомого складу.

На розподільній шафі вимикачі і перемикачі, електровимірювальні прилади, сигнальні лампи, дисплей та інше монтується так, щоб рукоятки вимикачів, шкали приладів, дисплей і головки сигнальних ламп розташовувалися на лицьових панелях. Це забезпечує спостереження за режимами роботи обладнання і дозволяє здійснювати необхідні перемикання. Пакетні вимикачі встановлюють безпосередньо на панелі або на кронштейнах. Широко використовуються рейки для установлення елементів. Елементи управління, які рідко використовуються, зазвичай встановлюють всередині шафи. Користування ними здійснюється при відкритих дверях.

Внутрішня проводка виконується проводами, які групуються в джгути, що укладаються в спеціальні монтажні жолоби. З'єднання зовнішніх проводів вагона в шафі здійснюється через пружинні затискачі. Всі проводи мають чітке і довготривале маркування. Для гарантування безпеки обслуговуючого персоналу апарати та прилади, а також всі металеві конструкції шафи мають бути заземлені, тобто мати електричне з'єднання з корпусом вагона.

У системі електрозабезпечення вагонів повинна передбачатись апаратура для захисту джерел електроенергії, споживачів та електричної мережі від перевантажень та коротких замикань, недопустимого підвищення або зниження напруги. Захист від коротких замикань повинен бути швидкодіючим, а від перенавантажень – з витримкою часу, який залежить від перевантаження. Захист від недопустимого підвищення напруги запобігає несправності електрообладнання від дії значних напруг, які можуть виникати при відмовах регулювальної апаратури генератора та обриві кола акумуляторної батареї. Захист від недопустимого зниження напруги запобігає глибоким розрядкам батареї, її пошкодженню, а також нестійкій роботі комутуючої апаратури при напругах, суттєво менших номінальних.

Крім того, повинні бути блокувальні пристрої, які запобігають виходу з ладу основних елементів електрообладнання при неправильних діях обслуговуючого персоналу, та апарати, які забезпечують можливість живлення основних споживачів (освітлення, вентиляція) від резервного джерела електричної енергії (акумуляторної батареї) або від сусідніх вагонів у разі несправності основного джерела енергії на даному вагоні.

Електричні машини, апарати та прилади повинні встановлюватись на вагоні так, щоб полегшити їх обслуговування, перевірку, монтаж, демонтаж та ремонт на шляху слідувань та на короткочасних зупинках. Для прискорення виявлення несправностей в розгалуженій електричній мережі вагона та забезпечення її ремонту мережу розподіляють на окремі ділянки шляхом встановлення розпаєчних коробок. У деяких вагонах для швидкої перевірки несправності генератора та акумуляторної батареї встановлюють спеціальні затискачі для роз'єднання цих елементів з мережею та вмикання до них контрольно-вимірювальних приладів.

Схема електрозабезпечення вагонів виконується двопровідною із встановленням захисних апаратів у плюсовому та мінусовому колах кожного джерела електричної енергії, споживача або групи споживачів.

Неприпустимі витрати струму через ізоляцію струмоведучих частин електричного обладнання, так як це може

привести до пожежі або дії електричного струму на пасажирів. Опір у вагонних електричних колах наведений у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Необхідний опір ізоляції у електромережах вагона

№ п\п	Характеристика опору	Вимоги	Примітки
1		Електрообладнання напругою до 1000 В	
1.1	Мінімальний опір ізоляції електрообладнання напругою 110 В - нормальні кліматичні умови - підвищена вологість від 110 до 1000 В - нормальні кліматичні умови - підвищена вологість	0,5 МОм 0,3 МОм 1 МОм 1 МОм	
1.2	Опір ізоляції акумуляторних батарей - нормальні кліматичні умови - підвищена вологість	50 кОм 30 кОм	Див. також пункт 2.1
2		Електрообладнання напругою більше ніж 1000 В	
2.1	Опір ізоляції складу з 24 вагонів	Не менше ніж 1,2 МОм	
2.2	Опір ізоляції в одному вагоні	Не менше ніж 20 МОм	
2.3	Опір ізоляції нагрівальних елементів котла після планового виду ремонту	Не менше ніж 8 МОм	
2.4	Те саме – для вагонів, які перебувають в експлуатації	Не менше ніж 3 МОм	
2.5	Опір ізоляції одного нагрівального елемента котла	Не менше ніж 100 МОм	
2.6	Опір ізоляції магістралі після ТО-3	Не менше ніж 30 МОм	

У кожному системі електрозабезпечення включають сигналізацію замикання (неприпустимого витоку) електромережі на корпус вагона.

З метою обмеження перенапруг при комутаційних та аварійних режимах у всіх системах електрозабезпечення застосовують захист від перенапруги, який спрацьовує в залежності від швидкості наростання напруги.

Електричний провід повинен мати міцну морозостійку ізоляцію, стійку проти загорання та дії нафтопродуктів (дизельне паливо, мастила та їх пари, бензин).

Монтаж проводів повинен бути таким, щоб при русі поїзда ізоляція їх не перетиралась і не порушувалась внаслідок дії підвищеної вологи. Для цього застосовується провід з підвищеним опором ізоляції, просочений протигнильним складом, а прокладення проводів здійснюється в металевих трубах, металевих кожухах та металорукавах. Світильники, вимикачі, розетки та розпаєчні коробки встановлюють в ізольовані металеві коробки, під які при монтажі до конструкцій вагона підкладаються прокладки із азбесту. Місця встановлення електричних апаратів також захищають від конструкцій вагона, які можуть загорітися, шаром азбесту. У вагонах з високовольтним обладнанням передбачається встановлення швидкодіючого вимикача, який знімає високу напругу з вагонної мережі при аварійних ситуаціях.

Питання для самоконтролю

1. За якими групами розподіляється електрообладнання пасажирських вагонів?
2. В яких умовах працює електрообладнання вагонів?
3. Які вимоги висуваються до електрообладнання пасажирських вагонів?

2. СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Існуючі системи електропостачання пасажирських вагонів у залежності від розташування джерел електричної енергії та їх використання поділяються на основні групи: системи автономного, централізованого та змішаного електропостачання [2, 3]. Застосування тієї або іншої системи зумовлене споживанням електроенергії в пасажирських вагонах та швидкістю їх руху.

Значення сумарної потужності, яка припадає на один вагон, при наявності на ньому різноманітних електричних споживачів подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Сумарна потужність, яка припадає на один вагон

Найменування споживачів							Потужність, яка споживається, кВт
система освітлення	електропобутові прилади	кола сигналізації	електрокип'ятильники	примусова вентиляція	кондиціонування	електроопалення	
+	+	+					2,5 – 4
+	+	+	+	+			6,5 – 10
+	+	+	+	+	+		20 – 30
+	+	+	+	+	+	+	>50

Отже, по мірі оснащення пасажирських вагонів різноманітним електрообладнанням значно зростає потужність електричних споживачів вагона, що вимагає відповідного збільшення потужності системи електропостачання.

У пасажирському вагоні із системою автономного електропостачання є власні джерела електричної енергії (генератор та акумуляторна батарея), які забезпечують живлення споживачів електроенергії при русі та на зупинках. Генератор приводиться в обертання від осі колісної пари вагона. Перевагою

системи автономного електропостачання є повна її незалежність від зовнішнього джерела живлення, що дозволяє експлуатувати вагони в будь-якому поїзді, на будь-якому напрямку, при будь-якому виді локомотивної тяги. Проте в цьому випадку в кожному вагоні необхідно встановлювати генератор з приводом, акумуляторну батарею та регулювальні пристрої, що істотно збільшує масу поїзного електрообладнання та ускладнює його експлуатацію та ремонт.

В системах централізованого електропостачання живлення споживачів у всіх вагонах поїзда здійснюється від локомотива або спеціального вагона-електростанції. Джерелами електроенергії є дизель-генераторні агрегати тепловоза або вагона-електростанції, або контактна мережа електрифікованої залізниці, енергія від якої надходить споживачам безпосередньо за допомогою струмоприймача електровоза та поїзної електромагістралі або через відповідні перетворювачі. При централізованому електрозабезпеченні всі споживачі в поїзді живляться від одного або декількох джерел електроенергії великої потужності. Це суттєво зменшує масу, вартість, габаритні розміри джерел, які припадають на 1 кВт потужності, та підвищує їх ККД. Пасажирські вагони при цьому звільняються від значної частини електрообладнання, що зменшує масу поїзда, спрощує експлуатацію електрообладнання та знижує затрати на ремонт. Недоліки системи централізованого електропостачання полягають в погіршенні експлуатаційної маневреності кожного вагона. Переформування поїздів та передача вагонів з одного поїзда в інший без порушення нормального електропостачання в цьому випадку значно обмежуються. При несправності, а також відчепленні вагона-електростанції або локомотива, який живить состав, пасажирські вагони практично залишаються без електроенергії.

В пасажирських поїздах, які використовуються на електрифікованих напрямках, широко застосовується також комбінована (змішана) система електропостачання, при якій в одному вагоні деякі споживачі (низьковольтні) живляться від власного джерела електричної енергії, а інші (високовольтні) – від локомотива.

2.1. Системи автономного електропостачання

Вагони з системою автономного електропостачання найбільш ефективно використовуються на неелектрифікованих ділянках залізниці. При цьому енергозабезпечення всіх споживачів вагона (у тому числі системи опалення) здійснюється тільки за рахунок власних джерел енергії (генератора, акумуляторної батареї, твердого палива). Автономне електропостачання застосовується на малій кількості пасажирських вагонів ранніх років побудови.

В системах електропостачання, які розглядаються, застосовується постійний струм. Це пояснюється тим, що на вагоні встановлюється акумуляторна батарея, яка є резервним та аварійним джерелом живлення. Акумуляторна батарея виробляє постійний струм, тому споживачі також повинні бути розраховані на роботу на постійному струмі. Крім того, в системах з приводом від осі колісної пари генератор працює зі змінною частотою обертання, яка пропорційна швидкості руху поїзда. При використанні генератора постійного струму стабілізувати його напругу при зменшенні частоти обертання простіше, ніж частоту струму. Постійний струм для живлення системи електропостачання може бути отриманий не тільки від генератора постійного струму, а й від генератора змінного струму. Проте в цьому випадку споживачів та акумуляторну батарею підключають до джерела через випрямляч.

Джерела електричної енергії. Основним джерелом енергії є генератор, що зв'язаний з колісною парою вагона за допомогою спеціального привода. Під час руху поїзда обертання передається від колісної пари генератору, який виробляє електричну енергію. У вагонах без установок кондиціонування повітря потужність генератора звичайно не перевищує 10 кВт, а в вагонах з кондиціонуванням вона досягає 20-30 кВт.

Умови роботи генератора в системах з приводом від осі колісної пари значно відрізняються від стаціонарних: частота обертання генератора і відповідно його напруга змінюється в залежності від руху поїзда; потужність генератора при малій швидкості руху поїзда значно зменшується і може не забезпечити живлення споживачів; полярність генератора постійного струму

змінюється при зміні напрямку руху вагона; генератор не тільки живить споживачів, але і заряджає акумуляторну батарею. У зв'язку з цим генератор повинен мати таку систему автоматичного регулювання, яка забезпечила б отримання електричної енергії необхідної якості.

Існують різні варіанти системи, яка розглядається, з генераторами постійного і змінного струму різної потужності: з генератором постійного струму з паралельним або змішаним збудженням та з індукторним генератором змінного струму з напівпровідниковим випрямлячем.

Як резервне або аварійне джерело енергії використовується акумуляторна батарея, яка живить основні споживачі поїзда з непрацюючим генератором (при його несправності, на стоянці), а також при малій швидкості руху поїзда, коли генератор не розвиває необхідної потужності. Крім цього, акумуляторна батарея сприймає піки навантаження, які виникають при одночасному ввімкненні декількох споживачів великої потужності, запуску електричних двигунів, короточасних перевантажень та ін. Це дозволяє зменшити потрібну потужність генератора, а отже, його габаритні розміри та масу.

На пасажирських вагонах встановлюють лужні та кислотні акумуляторні батареї. Ємність батареї у вагоні з порівняно невеликою витратою електроенергії (освітлення, вентиляції) складає 250 – 300 А*год. Вибирається вона з таким розрахунком, щоб було забезпечення живлення основних споживачів протягом декількох годин перебування вагона в пунктах обертання та відстою. Для вагонів з установками кондиціонування повітря, для яких характерна велика витрата енергії, використовувати громіздкі батареї для електропостачання споживачів протягом декількох годин нерационально. Тому сучасні вагони з потужними споживачами обладнують генератором постійного або змінного струму, зчленованим з трифазним асинхронним двигуном, а на станціях, де планується тривала стоянка вагонів, цей двигун підключають до місцевої електричної мережі. Ємність акумуляторної батареї вибирають в цьому випадку також (300 – 450 А*год), щоб можна було забезпечити енергією споживачів при малій швидкості руху, на проміжних станціях та при аварійному режимі зі зменшеним навантаженням. На час відстою

вагона двигунно-генераторний агрегат подає живлення основним споживачам та підзаряджає акумуляторну батарею.

Паралельна робота джерел електроенергії декількох вагонів звичайно не передбачається. Проте всі вагони обладнані підвагонною електромагістраллю та міжвагонними з'єднаннями, які дозволяють при виході з ладу генератора на будь-якому вагоні здійснювати живлення частини споживачів, які знаходяться на ньому, від джерел електричної енергії сусідніх вагонів.

Електричні споживачі. В залежності від вимог електроспоживачів до якості електричної енергії їх можна розділити на три групи: а) споживачі, які живляться постійною напругою (це головним чином джерела світла), лампи розжарювання, дуже чутливі до зміни напруги (при зниженні напруги на 10 % світловий потік їх зменшується на 20 %, а термін служби при підвищенні напруги на 10 % скорочується на 30-50 %). В люмінесцентних лампах відхилення напруги на 1 % викликає зміну світлового потоку на 2-2,5 %, а при зменшенні напруги більше ніж на 10 % в порівнянні з номінальною ці лампи повністю гаснуть; б) споживачі, для яких несуттєво строге підтримання постійної напруги (електродвигуни вентиляторів, компресорів, насосів, пирососів, електронагрівальні прилади та ін.). Проте при зниженні напруги у електродвигунах постійного струму зменшується частота обертання, в електродвигунах змінного струму – значення найбільшого моменту, а в електронагрівальних приладах – кількість тепла, яке віддається; в) акумуляторні батареї в режимі зарядки, які повинні живитися постійною напругою або напругою, яка змінюється в залежності від ступеня зарядки батареї.

Для заряджання акумуляторної батареї необхідна більш висока напруга, ніж для живлення споживачів. Наприклад, номінальна напруга в мережі освітлення з лампами розжарювання у вітчизняних вагонах без установок кондиціонування повітря складає 50 В, в той же час як кінцева напруга вагонної батареї при її підзарядженні дорівнює 65-72 В залежно від типу батареї та кількості акумуляторів у ній. У вагонах з установками кондиціонування повітря номінальна напруга в мережі освітлення складає 110 В, а кінцева напруга при підзарядженні – 140-150 В. У зв'язку з цим багато систем

електропостачання має постійну напругу для живлення споживачів та напругу, яка змінюється в процесі зарядки та розрядки акумуляторної батареї, яку підключають паралельно генератору. Для живлення споживачів першої групи служить окрема електромережа (мережа освітлення) із стабілізованою напругою. Споживачі другої групи із значно більшою потужністю в більшості випадків підключаються паралельно акумуляторній батареї та генератору і працюють при напрузі, яка змінюється в деяких межах.

Регулювання джерел електричної енергії. Для того, щоб створити необхідні умови для надійної роботи споживачів електричної енергії, в систему електропостачання пасажирських вагонів вводяться перемикальні та регулювальні пристрої, які автоматично стабілізують її за заданим законом незалежно від швидкості поїзда та змінювання навантаження; обмежують потужність, яка віддається генератором, забезпечують постійну його полярність незалежно від напрямку руху поїзда; вмикають та вимикають генератор при досягненні визначеної швидкості руху поїзда; змінюють напругу зарядки батареї в міру підвищення її ЕРС, а також в залежності від навколишньої температури; стабілізують напругу, яка подається споживачам першої групи; підтримують напругу при навантаженні якомога ближче до номінального значення при живленні від акумуляторної батареї; забезпечують можливість живлення споживачів та зарядки акумуляторної батареї від стаціонарної електричної мережі.

Система з генератором постійного струму. Ця система застосовується на пасажирських вагонах без установок кондиціонування повітря (типів 47-Д, 47-БД, 47-Д/ед) та з кондиціонуванням повітря (типів 47-К, 47-К/р), виготовлених раніше за кордоном, які експлуатуються на залізницях України [13]. На вагонах без кондиціонування повітря основним джерелом електричної енергії є генератор G паралельного збудження типу 23/07.21 потужністю 5 кВт (рис. 2.1, а), який зв'язаний з колісною парою вагона приводом ПР. Паралельно генератору включена акумуляторна батарея АБ, яка заряджається від генератора, коли він працює. Отже, струм зарядки батареї $I_{АБ}$ є однією із складових струму навантаження I_n генератора. В коло

паралельної обмотки ОЗ генератора увімкнений регулятор напруги РНГ, який автоматично змінює струм збудження I_3 так, щоб напруга генератора $U_r = U_1$ не залежала від швидкості поїзда та навантаження і підтримувалась на рівні, який забезпечує необхідну зарядку встановленої на вагоні акумуляторної батареї.

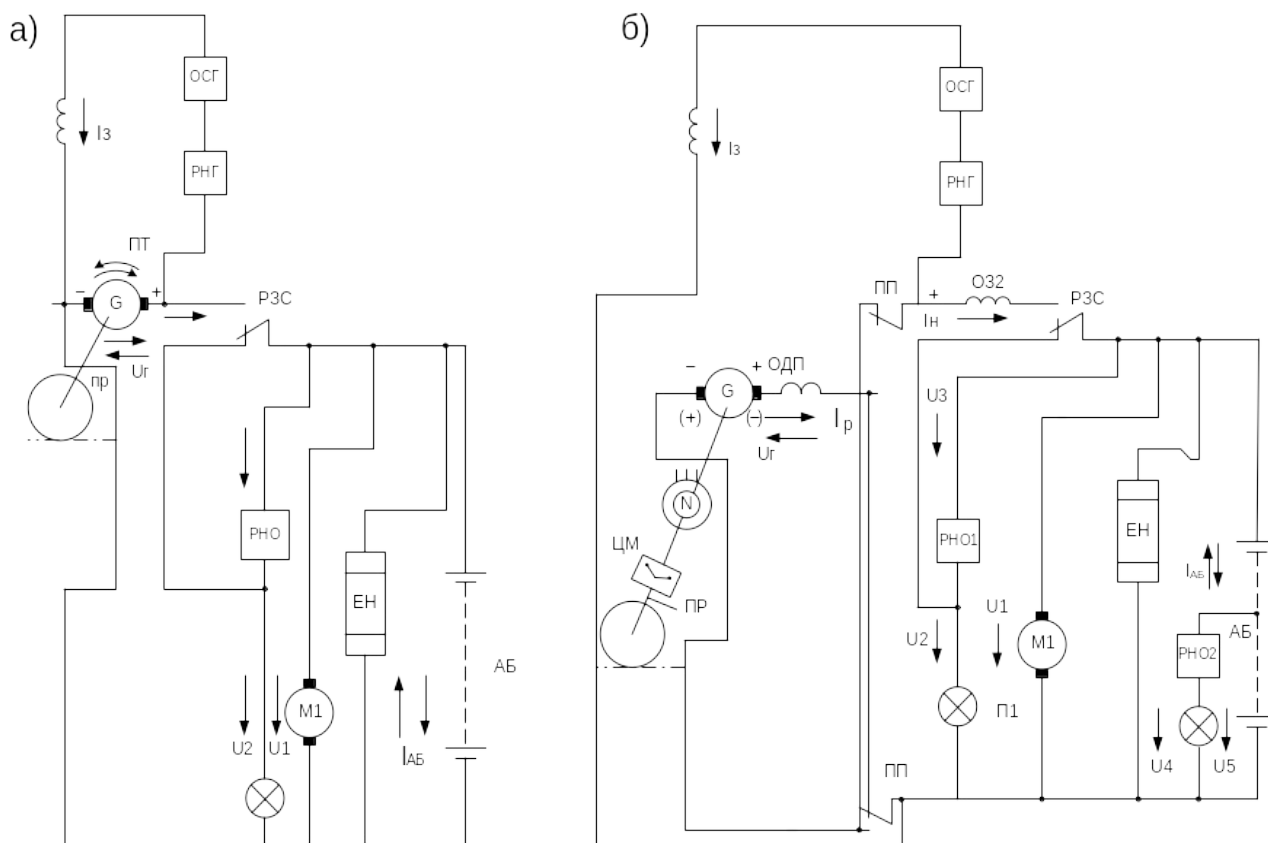


Рис. 2.1. Спрощені схеми автономного електропостачання пасажирських вагонів з генераторами постійного струму

Постійна полярність напруги, яка подається до споживачів та на акумуляторну батарею, підтримується за допомогою поворотної щіткової траверси ПТ, яка встановлена на генераторі. Ця траверса при зміні напрямку обертання якоря переміщує щітки по колектору на одну полюсну поділку, в результаті чого полярність щіток залишається незмінною.

Силкові навантаження другої групи – електродвигуни М1 (в тому числі перетворювач, який живить люмінесцентні лампи) та електронагрівальні прилади ЕН – вмикаються безпосередньо до кола генератор-батарея і живляться напругою U_1 , яка при працюючому генераторі складає 67-72 В (в залежності від типу

аккумуляторної батареї). Електричні лампи розжарювання Л та інші споживачі першої групи живляться від кола стабілізованої напруги U_2 , яка автоматично підтримується на заданому рівні регулятором напруги кола освітлення РНО, в якому гаситься частина U_3 напруги генератора U_1 . В системі, яка розглядається, напруга кола освітлення складає 54 В. Потужність і коефіцієнти її використання для основних споживачів у вагонах без установок кондиціонування повітря наведені в табл. 2.2. Регулятор напруги генератора РНГ стабілізує його напругу тільки у визначеному діапазоні зміни частоти обертання. При малій частоті обертання (мала швидкість руху поїзда) напруга генератора зменшується і регулятор РНГ не може стабілізувати її на заданому рівні. Якщо ЕРС генератора менша ЕРС аккумуляторної батареї, то буде відбуватися розрядка аккумуляторної батареї на якір генератора з перетіканням по колу зворотного струму із батареї в генератор, внаслідок чого батарея може швидко розрядитися. Для запобігання цьому режиму між генератором і аккумуляторною батареєю встановлюють реле зворотного струму РЗС, яке автоматично відключає батарею від генератора при виникненні зворотного струму. При збільшенні швидкості руху поїзда до 30-35 км/год, при якому напруга генератора досягає встановленого значення (близько 60 В), РЗС автоматично вмикає батарею до генератора.

Коли генератор не працює, електродвигуни та нагрівальні прилади живляться від аккумуляторної батареї (див. штрихову стрілку I_{AB}), а лампи розжарювання Л вмикаються безпосередньо до батареї через розмикаючі контакти реле зворотного струму РЗС, які шунтують регулятор РНО, оскільки напруга аккумуляторної батареї в режимі розрядки значно нижча, ніж в режимі зарядки. В цьому режимі вона може змінюватися в залежності від навантаження та ступеня зарядженості батареї в межах від 55 до 40 В.

Для запобігання перенавантаженню генератора в системі електропостачання передбачені пристрої, які регламентують одночасне вмикання визначених навантажень, і в коло обмотки збудження ОЗ генератора вмикається допоміжний регулятор – обмежувач струму генератора ОСГ, який не дозволяє збільшити струм навантаження генератора I_n більше 70 А.

Таблиця 2.2

Потужність та коефіцієнт використання напруги основними споживачами

Споживач	Потужність , кВт	Коефіцієнт використання потужності	
		влітк у	взимк у
Коло освітлення лампами розжарювання, службове освітлення та сигнальні ліхтарі	1,5 – 1,7	0,3	0,6
Перетворювач люмінесцентного освітлення	1,2 – 1,3	0,7	0,85
Електродвигун вентилятора загальної вентиляції	0,9 – 1,0	0,9	0,7
Електрокип'ятильник	2,2 – 2,4	0,25	0,35
Електроохолоджувач питної води	0,25 – 0,30	0,9	-
Електродвигун насоса системи опалення	0,15 – 0,20	-	0,7
Перетворювач струму для електробритв	0,15 – 0,20	0,1	0,1
Електронагрівач головок водоналивних та зливних труб	0,35 – 0,40	-	0,1
Електропобутові прилади	0,5 – 0,7	0,25	0,2
Кола сигналізації та керування	0,4 – 0,6	0,5	0,5

Якщо цей струм перевищує 70 А, що звичайно відбувається при підключенні до генератора розрядженої акумуляторної батареї, то обмежувач ОСГ зменшує струм в обмотці збудження і, отже, напругу U_r генератора до тих пір, доки його струм навантаження не зменшиться до 70 А. Тому в міру зарядки акумуляторної батареї та зменшення струму навантаження напруга U_r , а отже, і U_1 збільшується. В кінці зарядки напруга генератора досягає сталого значення 67-72 В і струм зарядки батареї зменшується до 5-10 А. Для захисту генератора та акумуляторної батареї від коротких замикань встановлені плавкі запобіжники, номінальний струм яких вибраний так, що при коротких замиканнях та аварійних перевищеннях напруги генератора, які супроводжуються збільшенням струму зарядки,

спочатку перегорів би плавкий запобіжник генератора, а потім запобіжник батареї. Це викликане тим, що при вмиканні акумуляторної батареї паралельно генератору суттєво обмежуються аварійні перенапруги, тому доцільно мати деяку витримку часу при її відключенні до закінчення аварійного режиму.

В пасажирських вагонах з установками кондиціонування повітря потужність споживачів електроенергії досягає великих значень. Для зниження струму в електричній мережі, а отже, маси проводів та апаратури номінальна напруга в системі електропостачання цих вагонів збільшена до 110 В. У них застосовуються генератори потужністю 21-28 кВт (К694L, DUGG-28B), в яких для нормальної комутації необхідні додаткові полюси. Як відомо, при зміні напрямку обертання генератора постійного струму змінюється не тільки полярність напруги щіток, а і напрямок струму в обмотці якоря. В машинах з додатковими полюсами при цьому необхідно змінювати і напрямок струму в обмотках додаткових полюсів. Поворотна щіткова траверса, яка встановлюється на генераторах малої потужності, для цієї мети не придатна, так як при повороті траверси обмотка додаткових полюсів підключається до щітки тієї ж полярності і напрямок струму в ній залишається незмінним. В системі, яка розглядається, застосовується контактний перемикач полярності ПП (рис. 2.1, б), який автоматично вмикає електричну мережу вагона до вихідних затискачів генератора визначеної полярності. Обмотка додаткових полюсів ОДП залишається в цьому випадку ввімкненою послідовно з обмоткою якоря, і напрямок струму в ній автоматично змінюється відповідно до зміни напрямку струму в якорі.

Генератори постійного струму, які застосовуються на вагонах з кондиціонуванням повітря типу 47-К та ін., мають дві обмотки збудження: паралельну OZ_1 та послідовну OZ_2 . Остання призначена для компенсації розмагнічуючої дії реакції якоря, в результаті чого створюються більш сприятливі умови для роботи регулятора напруги. При збільшенні струму навантаження реакція якоря спрямована на зменшення магнітного потоку генератора, але одночасно зростає магніторушійна сила (МРС) послідовної обмотки OZ_2 , внаслідок чого результуючий потік

машини змінюється незначно. При зміні напрямку руху поїзда напрямком струму в послідовній обмотці збудження OZ_2 повинен залишатися незмінним, так як її МРС повинна завжди збігатися з напрямком магніторушійної сили паралельної обмотки OZ_1 . Тому обмотка OZ_2 ввімкнена після перемикача полярності ПП.

Для того, щоб не збільшувати ємності і без того великої акумуляторної батареї, у вагоні з установками кондиціонування повітря обмежують живлення споживачів на короткочасних зупинках. Для цього введені блокувальні пристрої. На довгочасних стоянках у парках формування та відстою електроенергією споживачів забезпечують від стаціонарної мережі за допомогою власного генератора. Для цього співвісно з генератором G встановлюють привідний електродвигун M трифазного змінного струму, який на стоянках підключається до стаціонарної електромережі.

Двигун-генераторний агрегат являє собою електромашинний перетворювач змінного струму в постійний; він може бути виконаний у вигляді двох окремих електричних машин або в спільному корпусі. Привід генератора має спеціальну відцентрову муфту BM , яка автоматично з'єднує або роз'єднує двигун-генераторний агрегат і колісну пару відповідно на час руху поїзда або на стоянках.

Регулюється напруга генератора автоматично регулятором напруги РНГ, який змінює струм I_3 в обмотці паралельного збудження OZ_1 . Обмежувач струму генератора ОСГ обмежує потужність, яка віддається генератором, а реле зворотного струму РЗС запобігає можливості розрядження акумуляторної батареї на генератор при малій частоті його обертання та на стоянках. На даний час замість реле зворотного струму встановлюють напівпровідниковий діод.

Електричні споживачі другої групи – двигуни $M1$ (в тому числі і перетворювачі люмінесцентного освітлення) та електронагрівальні прилади ЕН (електропечі і електрокалорифери) – підключаються паралельно акумуляторній батареї АБ і живляться напругою U_1 , яка змінюється. Електропечі і електрокалорифери в цих вагонах працюють сумісно із системою водяного опалення і тому мають обмежену потужність. Електронагрівальні прилади застосовують для компенсації

теплової інерції системи водяного опалення, а весною та восени, коли водяне опалення не працює, вони служать для опалення вагона та підігрівання повітря, яке в нього подається. Використовувати в таких вагонах тільки електричне опалення недоцільно, так як тоді необхідно надмірно збільшувати потужність та габаритні розміри генератора.

Для живлення мереж освітлення напругою 110 та 54 В стабілізованою напругою U_2 та U_4 застосовані регулятори напруги РНО1 та РНО2. В цих регуляторах гасяться частини U_3 та U_5 напруги U_1 , в результаті чого напруга на лампах розжарювання Л1 та Л2 та на інших споживачах першої групи підтримується на заданому рівні. Якщо генератор не працює, електричні споживачі вагона живляться від акумуляторної батареї так само, як і в системі електропостачання з постійним струмом без кондиціювання повітря.

У вагонах з установками кондиціювання повітря, крім основних електричних споживачів, встановлені додаткові споживачі, потужність яких та коефіцієнти її використання вказані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Потужність додаткових споживачів

Споживач	Потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	
		влітку	взимку
1	2	3	4
Пасажирські вагони з кондиціюванням повітря			
Електродвигун компресора	11-13	0,7	-
Електродвигун вентилятора конденсатора	1,1-1,7	0,7	-
Електропечі	8-7	-	0,8
Електрокалорифер	5,5-12	-	0,85
Вагони-ресторани без кондиціювання повітря			
Устаткування для охолодження продуктів споживання	4,5-5,5	0,85	-
Витяжна вентиляція на кухні	0,15	0,9	0,8

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4
Вагони з відділенням для буфету			
Холодильники	0,8	0,85	0,7
Водонагрівач	1,0-1,7	0,3	0,35
Електроплитка	0,8	0,3	0,35
Електрососисковарка	0,8-1,7	0,3	0,35
Кавоварка	2,0-3,0	0,3	0,35
Вагони з радіо-купе			
Перетворювач для живлення радіоапаратури	0,45-0,6	0,8	0,8

У вагонах-ресторанах без установок кондиціонування повітря, вагонах з відділеннями для буфету та в вагонах з радіокупе є додаткові споживачі електричної енергії. Тому в них встановлюють додатковий генератор потужністю 5 кВт із своїм комплектом регулювальної апаратури, а у вагонах-ресторанах – допоміжну акумуляторну батарею номінальною напругою 50 В.

Недоліки системи з генератором постійного струму. Рухомий контакт між щітками та колектором генератора постійного струму знижує надійність системи електропостачання та ускладнює його обслуговування (необхідно систематично наглядати за колекторно-щітковим вузлом, замінити щітки, очищати колектор та ін.). Стабілізація напруги в мережі освітлення здійснюється шляхом гасіння в регуляторі РНО частини електричної енергії, яка виробляється генератором. Тому цей регулятор повинен мати достатньо велику поверхню охолодження, а також розміри та масу.

В сучасних вагонах здійснюється перехід до системи електропостачання з генератором змінного струму.

Система з генератором змінного струму. Система автономного електропостачання з генератором змінного струму застосовується на пасажирських вагонах без установок кондиціонування повітря: (ЦМВО-66, 61-505), поштових (61-516, 22сб), вантажно-поштових (24сб), для перевезення спецконтингенту (61-512); та з кондиціонуванням повітря (61-504) [13].

При електрозабезпеченні вагонів від генераторів змінного струму генератор та основна регулювальна апаратура не мають ковзких або електричних контактів, які переключаються. Це сприяє підвищенню надійності системи, збільшенню строку служби електрообладнання та спрощенню його обслуговування.

На пасажирських вагонах без установок кондиціонування повітря найбільшого поширення набула система електропостачання комплексу електрообладнання ЭВ-10 (рис. 2.2, а). Основним джерелом електроенергії є індукторний генератор G потужністю 8 кВт (2ГВ-003 або ГСВ-8).

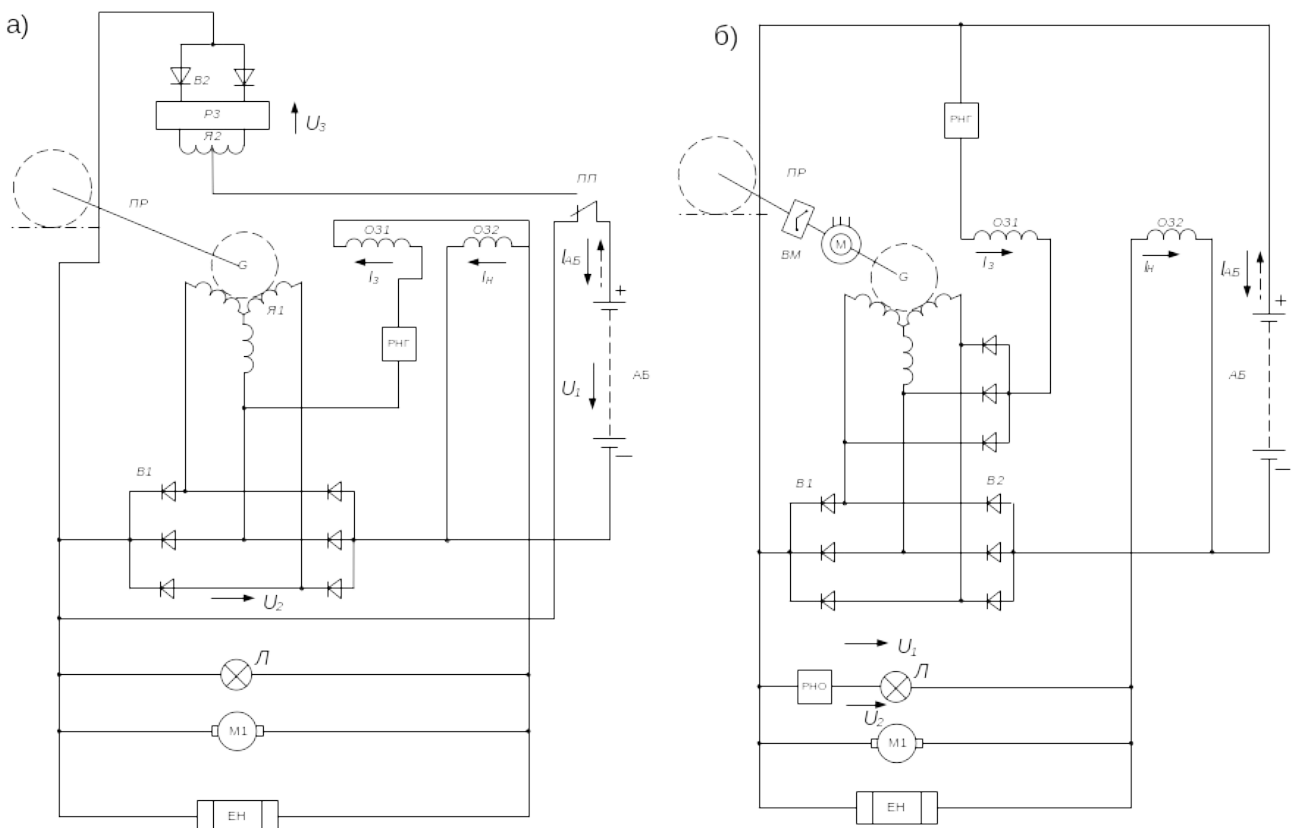


Рис. 2.2. Спрощені схеми автономного електропостачання пасажирських вагонів з генераторами змінного струму

Генератор має дві вихідні напруги: стабілізовану $U_2 = 50$ В для живлення навантажень та допоміжну $U_3 = 10 - 20$ В, яка в сумі з основною забезпечує підвищену напругу U_1 , необхідну для зарядження акумуляторної батареї АБ. У генератора є дві обмотки якоря: основна трифазна Я1 та вольтододаткова однофазна Я2 з виводом від середньої точки. Основна обмотка

Я1 забезпечує живлення всіх електричних споживачів вагона (лампи Л, електродвигунів М1 та електронагрівальних приладів ЕН) через випрямляч В1. Вольтододаткова обмотка Я2 підключена до другого випрямляча В2. Обидва випрямлячі виконані на напівпровідникових діодах; оскільки вони з'єднані послідовно, то їх вихідні напруги U_2 та U_3 складаються і на батарею АБ подається сумарна напруга U_1 більше, ніж U_2 на 20-30 %. Тому вона забезпечує повну зарядку батареї. Регулюється зарядний струм регулятором струму зарядки РЗ, який виконано у вигляді магнітного підсилювача, що включений послідовно з вольтододатковою обмоткою Я2 генератора. Регулятор зарядки батареї в залежності від пори року (температури) та характеру руху поїзда підтримує необхідний рівень напруги U_3 , тобто зарядної напруги U_1 шляхом зміни підмагнічування магнітного підсилювача.

При швидкості руху поїзда менше 30 км/год живлення електричних споживачів здійснюється від акумуляторної батареї. При більш високій швидкості руху вони за допомогою перемикального пристрою ПП переводяться на живлення від генератора, а батарея підключається на зарядку до сумарної вихідної напруги U_1 випрямлячів В1 та В2. В системі з генератором змінного струму не потрібні пристрої, які забезпечують постійну полярність при зміні напрямку обертання генератора, в цьому випадку змінні ЕРС, які індукуються в обмотках якоря Я1 та Я2 генератора, зсуваються по фазі на 180° , а полярність напруги на виході випрямлячів В1 та В2 залишається незмінною.

Генератор змінного струму, який застосовується в комплексі електрообладнання ЭВ-10, має дві обмотки збудження, які діють узгоджено (паралельну ОЗ1 та послідовну ОЗ2). Паралельна обмотка збудження ОЗ1 підключена через частину випрямляча В1 до основної обмотки якоря Я1. В коло обмотки ОЗ1 ввімкнутий тиристорний регулятор напруги РНГ, який, змінюючи струм збудження $I_B(I_3)$, забезпечує стабілізацію напруги U_2 на навантаженнях Л, М1, ЕН при зміні частоти обертання генератора та його струму навантаження. Послідовна обмотка збудження ОЗ2, через яку проходить струм навантаження I_n ,

компенсує розмагнічуючу дію реакції якоря генератора, полегшуючи цим роботу генератора напруги РНГ.

На пасажирських вагонах з установками кондиціонування повітря застосовується система електропостачання ЭВ-13. Основним джерелом живлення в ній є індукторний генератор змінного струму потужністю 30 кВА з однією трифазною обмоткою якоря Я1 (рис. 2.2, б); від неї через випрямляч В1 живляться силові електричні споживачі вагона М1 та ЕН. До виходу випрямляча В1 підключена акумуляторна батарея АБ, яка заряджається від генератора, а при непрацюючому генераторі – живить електричні споживачі. Регулюється напруга генератора автоматично тиристорним регулятором напруги РНГ, який підключений до генератора через випрямляч В2 та змінює струм I_3 в паралельній обмотці збудження генератора ОЗ1. Регулятор РНГ знижує також напругу генератора при перенавантаженнях, забезпечуючи обмеження його струму. Послідовна обмотка збудження ОЗ2 увімкнена в коло навантаження і через неї протікає струм навантаження I_n . Лампи Л мережі освітлення живляться від генератора через регулятор РНО, який стабілізує напругу в мережі освітлення на рівні 110 В. На тривалих стоянках в парках формування та відстою генератор приводиться в обертання від електродвигуна М трифазного змінного струму, який підключається до стаціонарної мережі. В приводі генератора передбачена відцентрова муфта ВМ, яка відключає двигун-генераторний агрегат від колісної пари на стоянках.

Переваги та недоліки системи електропостачання з приводом генератора від осі колісної пари. Основною перевагою системи електропостачання з приводом генератора від осі колісної пари є те, що живлення електричних споживачів у кожному вагоні не залежить від зовнішніх джерел електричної енергії. Внаслідок цього забезпечується високе експлуатаційне маневрування пасажирських вагонів (можливість передачі вагонів із одного поїзда в інший та їх відчеплення від локомотива та від поїзда без порушення нормального електропостачання, легкість переформування поїздів та ін.).

До недоліків цієї системи можна віднести те, що енергія, яка необхідна для обертання генераторів, що застосовуються на вагонах, відбирається від локомотива при низькому ККД і якщо

сумарна потужність споживачів у всьому поїзді досягає декількох сотень кіловат, то це може привести до достатньо суттєвого зниження сили тяги локомотива (до 10 %). Другим недоліком системи, яка розглядається, є висока ціна електроенергії, яка виробляється генераторами вагонів, що в 5-10 разів вище, ніж при централізованому електрозабезпеченні від локомотивів та вагонів-електростанцій.

2.2. Системи централізованого електропостачання

В залежності від способу передачі енергії споживачам, розташованим в пасажирських вагонах, розрізняють системи централізованого електропостачання з живленням: від вагона-електростанції з дизель-генераторними агрегатами; від локомотива з надходженням у вагони високої напруги для живлення пристроїв електричного опалення та встановленням на кожному вагоні генератора для живлення інших споживачів (комбінована система); від локомотива з надходженням у вагони тільки високої напруги та встановленням у кожному вагоні перетворювача для живлення низьковольтних споживачів; від локомотива з надходженням у вагони високої та низької напруги.

Рід струму та напруга. При централізованому електрозабезпеченні рід струму та номінальна напруга в системі залежить від умов електропостачання поїзда. Від вагона-електростанції з дизель-генераторними агрегатами в пасажирські вагони звичайно надходить трифазний змінний струм напругою 220/380 В, з частотою 50 Гц. За кордоном є поїзди, в яких використовується напруга 440, 500 та 600 В. Якщо споживачі в пасажирських вагонах живляться від електровоза, то рід струму (змінний або постійний) в системі визначається родом струму в контактній мережі електрифікованої залізниці. Номінальна напруга в системі електропостачання вагонів від електровоза на залізницях не залежить від роду струму і дорівнює 3 кВ. Така номінальна напруга і в контактній мережі на електрифікованих залізницях постійного струму. Напруга в контактній мережі електрифікованої залізниці, яка працює на змінному струмі, дорівнює 25 кВ. Ця напруга зменшується до 3 кВ за допомогою спеціальної обмотки, яка знаходиться на головному

трансформаторі електровоза змінного струму. На закордонних залізницях в системах електропостачання пасажирських вагонів від тепловоза звичайно застосовують змінний однофазний струм напругою 1; 1,5; 3 кВ.

Система з вагоном-електростанцією. На вагоні-електростанції 13 (рис. 2.3) встановлені дизель-генераторні агрегати, необхідна комутаційна, регулювальна апаратура, допоміжні пристрої для пуску, охолодження дизелів та подачі до них палива.

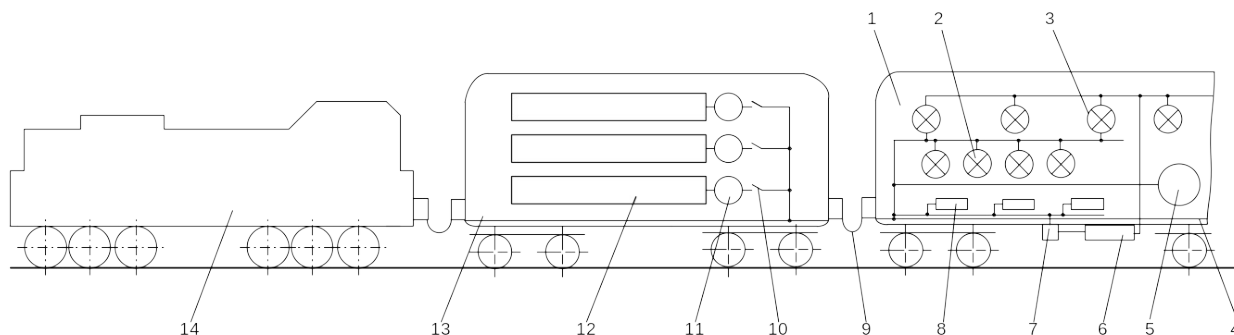


Рис. 2.3. Схема електропостачання пасажирського вагона від вагона-електростанції

Вагон-електростанція розміщується в головній за локомотивом 14 або в хвостовій частині поїзда, щоб не перекривати пасажиром шлях до вагона-ресторану. Робота споживачів пасажирських вагонів залежить від пори року та кліматичних особливостей місцевості, якою рухається поїзд, тому режим завантаження вагона-електростанції може змінюватися в широких межах. У зв'язку з цим у вагоні-електростанції, як правило, встановлюють декілька дизель-генераторних агрегатів. Це дозволяє в залежності від навантаження включати в роботу один або декілька дизелів 12 і мати необхідний резерв при виході з ладу одного з агрегатів. Зараз у вагонах-електростанціях встановлюють три дизель-генераторних агрегати потужністю по 200 кВт кожен. Загальний запас дизельного палива розрахований на 40 год безперервної роботи одночасно всіх трьох дизелів.

Основні джерела електроенергії на вагоні-електростанції – це синхронні генератори 11, які виробляють трифазний змінний струм напругою 220/380 В, частотою 50 Гц. Усі генератори вагона-електростанції працюють паралельно на загальний розподільний пристрій 10, від якого електрична енергія через

підвагонну електромагістраль 4 та міжвагонні з'єднання 9 подається до пасажирських вагонів 1 (схема електропостачання поїзда подана в однолінійному виконанні). У коло кожного генератора встановлена регулювальна, захисна та комутаційна апаратура. Розподільний пристрій можна також підключати на стоянках до стаціонарної електричної мережі через розетки. До підвагонної електромагістралі 4 в пасажирських вагонах підключені: пристрої електричного опалення 8 (електропечі, електрокалорифери), електродвигуни 5 приводів вентиляторів, компресорів, перетворювачі люмінесцентного освітлення, лампи розжарювання 2 та інші споживачі. Для живлення мережі аварійного освітлення 3 в кожному вагоні є акумуляторна батарея 6 невеликої ємності (80-100 А*год) та зарядний пристрій 7, який складається з трансформатора та випрямляча. Мережа аварійного освітлення звичайно живиться постійним струмом напругою 50 В.

Умови роботи більшої частини споживачів пасажирських вагонів при централізованому електрозабезпеченні та їх потужності приблизно такі ж, як і у вагонів з автономною системою електропостачання. Проте в цьому випадку можна використовувати більшу кількість електричної енергії для опалення вагонів, збереження продуктів харчування та приготування їжі у вагонах-ресторанах та буфетах. Основні характеристики призначених для цієї мети електричних пристроїв подано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Потужності споживачів

Споживач	Потужність , кВт	Коефіцієнт використання потужності	
		влітку	взимку
Електропечі	19-26	-	0.8
Електрокалорифери	20-22	-	0.85
Перетворювач для підзарядки аварійної акумуляторної батареї	2,5-3,2	0.35	0.4
Вагон-ресторан (електроплити та система охолодження повітря, що подається у вагон)	20-30	0.85	0.65

Система з подачею в пасажирські вагони високої напруги від локомотива. При цій системі споживачі в пасажирських вагонах 1 розподіляються на дві групи: високовольтні та низьковольтні (рис. 2.4).

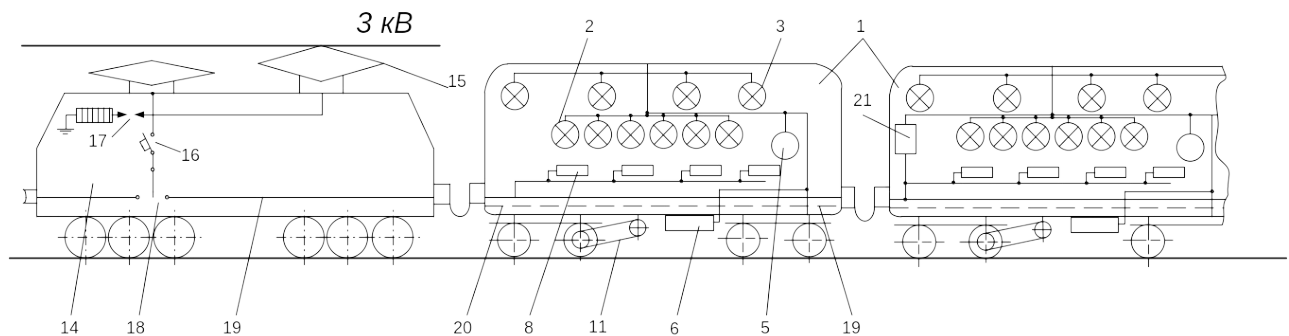


Рис. 2.4. Система електропостачання пасажирських вагонів постійною напругою від електровоза

Пристрої електричного опалення 8 (електропечі, електрокалорифери) або водяні котли з комбінованим (електровугільним) опаленням живляться високою напругою, яка подається до вагонів від локомотива 14 по високовольтній електромагістралі 19. Рід струму для цих споживачів значення не має. Тому високовольтна магістраль може бути підключена до локомотива будь-якого типу, який має спеціальне обладнання для електропостачання вагонів 1. Лампи розжарювання 2, електродвигуни 5 різних приводів (в тому числі перетворювач люмінесцентного освітлення) та електропобутові прилади живляться низькою напругою, яка подається від генератора 11 з приводом від осі колісної пари або ж від акумуляторної батареї 6, які при цій системі повинні встановлюватися в кожному пасажирському вагоні. Система живлення низьковольтних споживачів може мати напругу 50 або 110 В і бути виконана з генераторами змінного або постійного струму відповідно до схем, які подано на рис. 2.1 або 2.2. Пасажирські вагони мають також другу низьковольтну підвагонну магістраль 20 для живлення низьковольтних споживачів від сусідніх вагонів у випадку виходу з ладу власного генератора.

Локомотив 14 пасажирського поїзда при даній системі повинен мати пристрої для подачі напруги до міжвагонної

електромагістралі. На електровозах постійного струму (рис. 2.4) передбачається безпосереднє живлення високовольтної електромагістралі від струмоприймача 15. Для захисту магістралі від перенапруг на електровозі є розрядник 17, а від коротких замикань – автоматичний вимикач 16. Перемикач 18 подає високу напругу 3 кВ на розетки високовольтної магістралі тієї сторони локомотива, до якої причеплений потяг (при цьому розетки протилежної сторони знеструмлені). З метою електробезпеки всі розетки високовольтної магістралі замикаються на ключ, який зберігається у машиніста електровоза. При передачі цього ключа особам, які здійснюють відчеплення вагонів від потяга, переформування його та обслуговування високовольтних пристроїв, машиніст не може подати напругу на високовольтну електромагістраль. З причини застосування в даній схемі як централізованих, так і автономних джерел електричної енергії її можна віднести до систем комбінованого електропостачання споживачів вагона. Деякі комплекси електрообладнання таких систем розглянуті у підрозділі 2.3 .

На електровозі змінного струму (рис. 2.5) електромагістраль живиться однофазним змінним струмом. Для цього на головному трансформаторі 22 передбачена спеціальна обмотка, яка знижує напругу з 25 до 3 кВ.

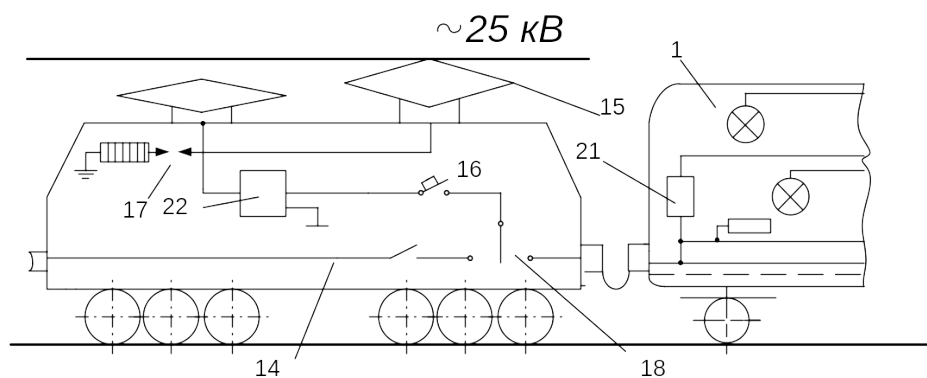


Рис. 2.5. Система електропостачання пасажирських вагонів змінною напругою від електровоза

На тепловозах (рис. 2.6) для живлення високовольтної магістралі може бути встановлений допоміжний генератор 24 змінного струму, який приводиться в обертання від головного

дизеля 23 тепловоза. Для подачі в електромагістраль постійного або змінного струму стабільної частоти на тепловозі встановлюють випрямляч або перетворювач частоти 25.

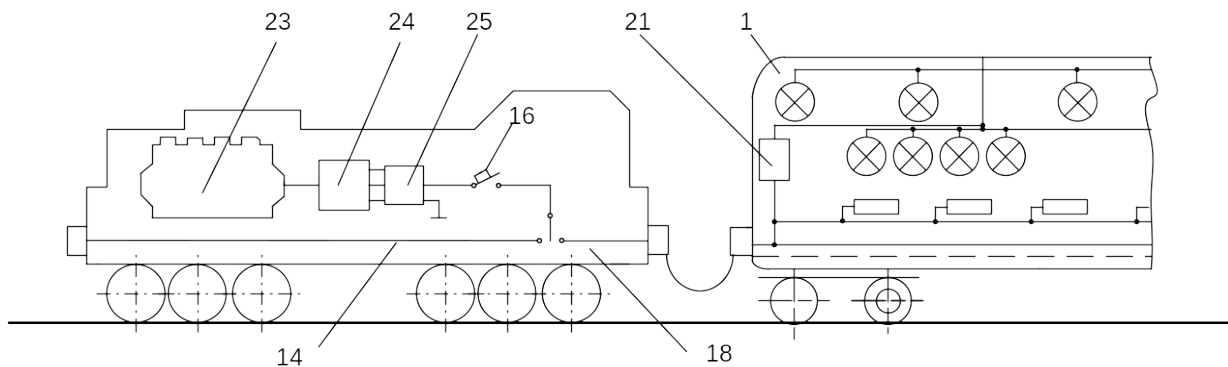


Рис. 2.6. Система електропостачання пасажирських вагонів від тепловоза

Зараз розроблені схеми централізованого електроджерела 21 для живлення всіх високовольтних та низьковольтних електроспоживачів пасажирських вагонів від високовольтної електромагістралі. Таке централізоване енергоджерело може бути створене на основі застосування статичних тиристорних перетворювачів. Воно повинне складатися із вузла зниження напруги, випрямляча для утворення постійного струму напругою 50 або 110 В та перетворювача частоти для отримання трифазного змінного струму напругою 220/380 В і частотою 50 Гц; при необхідності від нього можна також отримати змінний струм високої частоти для живлення ламп люмінесцентного освітлення. Може бути два варіанти подібного централізованого енергоджерела: індивідуальне – для кожного пасажирського вагона і централізоване – встановлене на локомотиві.

При появі централізованого енергоджерела для живлення низьковольтних споживачів пасажирських вагонів електрообладнання пасажирських вагонів суттєво спрощується і його маса зменшується, так як немає необхідності встановлювати на кожному вагоні генератор, його привід, апаратуру для регулювання генератора та акумуляторної батареї, ємність якої можна значно знизити, тільки для живлення мережі аварійного освітлення.

Типова електрична схема централізованого енергозабезпечення вагона подана на рис. 2.7 [1]. Живлення електричною енергією низьковольтних споживачів здійснюється через перетворювач П. Всі низьковольтні споживачі підключаються через розподільний щит. Високовольтні споживачі живляться безпосередньо від високовольтної магістралі.

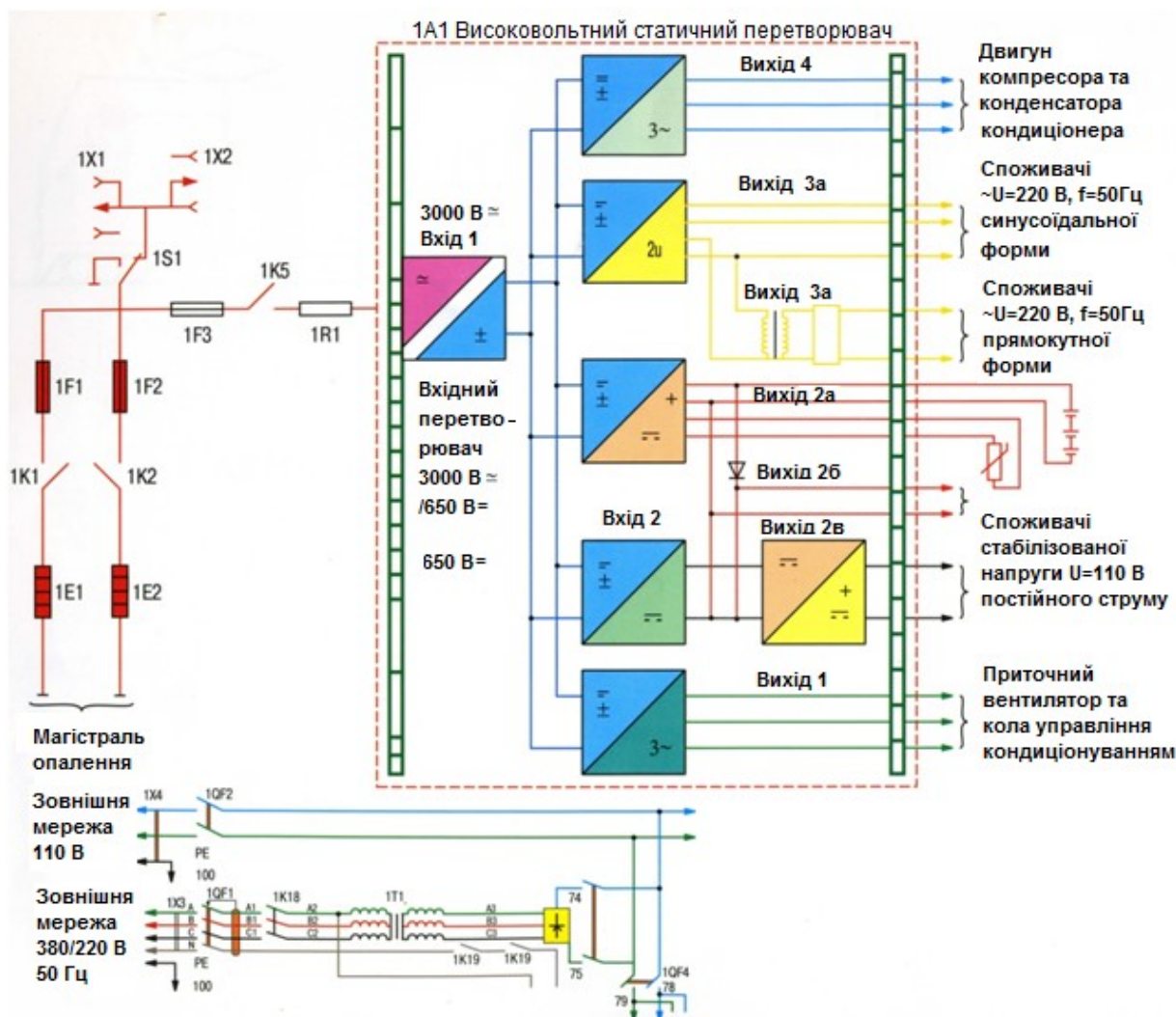


Рис. 2.7. Функціональна схема централізованого електропостачання вагона

Централізоване електропостачання вагонів найбільш раціональне. Основною перевагою його в порівнянні з автономною системою є менша маса та вартість електрообладнання, спрощення його експлуатації та ремонту, а також дешевша енергія. При розгляді різних варіантів

централізованого електропостачання необхідно відмітити, що живлення вагонів від центральної електростанції з дизель-генераторними агрегатами дозволяє: безпосередньо використовувати електроенергію в пасажирських вагонах (без перетворення); застосовувати електрообладнання загального призначення, яке працює при стандартній напрузі 220/380 В і частоті 50 Гц; полегшити виконання вимог техніки безпеки, так як у вагони не подається висока напруга (1.5-3 кВ). Проте потребує наявності високоефективного енергоджерела та вартість електроенергії при цьому значно більша, ніж при живленні вагонів від локомотива, і експлуатація таких поїздів, як було зазначено вище, пов'язана із значними труднощами. Тому зазвичай використовують високовольтну електричну енергію від електровоза тільки для нагрівальних елементів системи опалення вагонів, а систему енергопостачання у такому випадку називають змішаною.

2.3. Системи змішаного електропостачання

На залізницях України найбільш широкого розповсюдження набула система змішаного (комбінованого) електропостачання пасажирських вагонів. Вона використовується на вагонах з мережею електропостачання 3000 В та комбінованим електровугільним котлом. Високоевольтні електронагрівальні елементи котла отримують електроенергію централізовано (від локомотива), а низькоевольтні споживачі – від автономних джерел (генератора та батареї). Такі вагони можуть ефективно експлуатуватись як на електрифікованих ділянках залізниці, так і на неелектрифікованих. Далі розглянуті деякі комплекси електрообладнання вагонів зі змішаним електропостачанням [5].

Склад та особливості комплексу електрообладнання ЕПВ 10.01.03. Комплекс електрообладнання ЕПВ 10.01.03 (рис. 2.8) застосовується на вагонах без кондиціонування повітря. Джерелами електричної енергії на вагоні є:

- підвагонний генератор в (лінія 14-16) типу ЕГВ.01.У1;
- акумуляторна батарея СВ (лінія 14-16);
- низькоевольтна підвагонна магістраль 50 В М-50 (лінія 1);
- високовольтна підвагонна магістраль 3000 В (лінія 2)

М-3000.

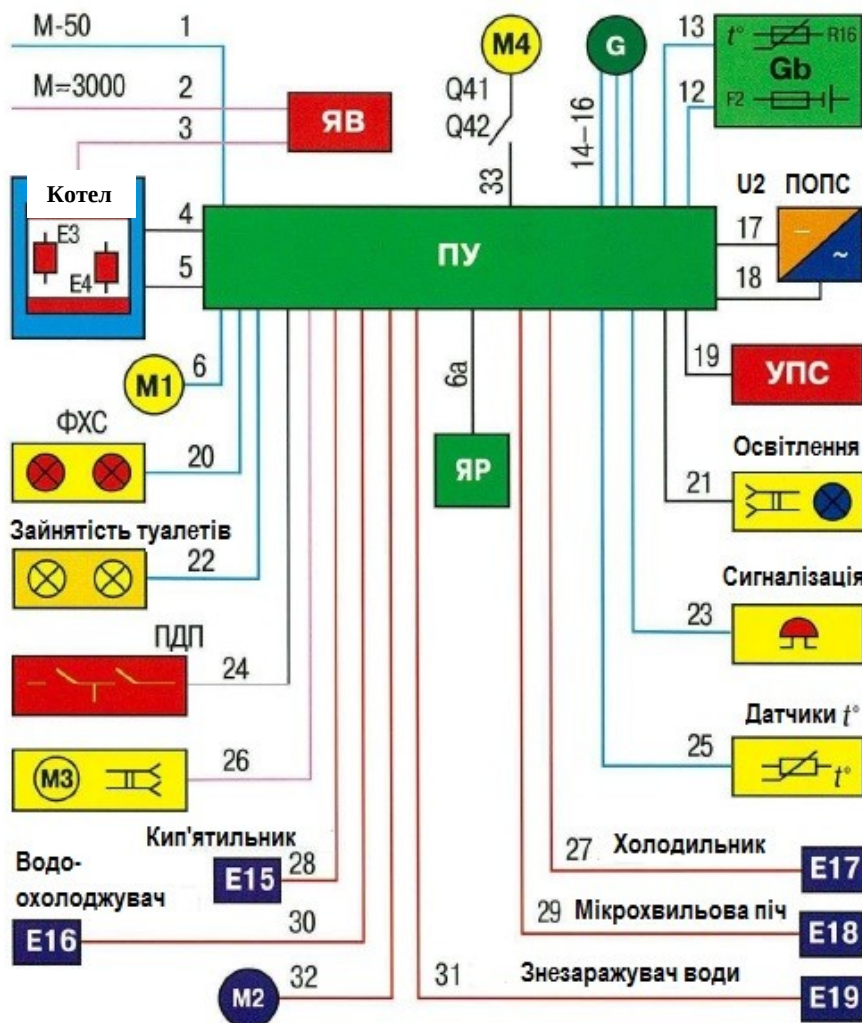


Рис. 2.8. Функціональна схема ЕПВ 10.01.03:

ПДП – пост дистанційного пуску установки газового пожежогасіння;

УПС – установка пожежної сигналізації;

УГП – установка газового пожежогасіння;

ПУ – пульт управління вагонним електрообладнанням;

ЯВ – підвагонний ящик з високовольтним електрообладнанням;

G – синхронний генератор ;

Gb – акумуляторна батарея;

M-50 – підвагонна магістраль постійного струму напругою 50 В;

M-3000 – підвагонна високовольтна магістраль напругою 3000 В;

ПОПС – перетворювач однофазний побутових споживачів;

ЯР – ящик з пускорегулювальною апаратурою вентилятора вагона;

E15 – кип'ятильник (лінія 28);

E16 – водоохолоджувач (лінія 30);

E17 – холодильник (лінія 27);

E18 – мікрохвильова піч (лінія 29);

E19 – знезаражувач води (лінія 31)

Споживачами електроенергії вагона є: котел (лінія 3) з нагрівальними елементами Е3 і Е4, вагонний вентилятор (електродвигун М1, лінія 6), системи освітлення (лінія 21), пожежної сигналізації УПС (лінія 19) та пожежогасіння (пожежний насос – лінія 33, електродвигун М4). Контроль за температурним режимом здійснюють температурні датчики (лінії 5, 11, 13, 25). ПОПС забезпечує живленням електродвигун насоса перекачування води М3 (лінія 26) і електроапаратуру системи санітарної обробки води (ССОВ) Е19 (лінія 31).

Крім системи пожежогасіння вагона, в схемі передбачено пожежогасіння пульта управління. Для цього в ньому розміщена УГП, що працює автоматично за сигналами пожежних сповіщувачів УПС (лінія 19).

Для забезпечення ручного пуску вогнегасної суміші УГП в купе провідників передбачений ПДП (лінія 24). Увімкнення пожежного насоса проводиться автоматичними вимикачами Q41, Q42, встановленими в різних кінцях вагона. При увімкненні електродвигуна М4 (лінія 33) вода із системи водопостачання вагона надходить в пожежну магістраль. В ЯВ знаходиться апаратура керування і захисту високовольтного опалення. Насос опалення М2 (лінія 32) живиться від бортової мережі.

Від ПОПС отримує живлення електродвигун насоса перекачування води М3 (лінія 26) і електроапаратура ССОВ Е19 (лінія 31), що забезпечує знезараження води. Крім пожежної, у вагоні передбачені такі види сигналізації:

- хвостові сигнальні ліхтарі (ФХС) по торцях вагона (лінія 20);
- виклична (дзвінкова), що забезпечує подачу сигналу на виклик провідника;
- сигналізація наливу води (лінія 23);
- сигналізація про зайнятість туалетів (лінія 22);
- сигналізація системи контролю нагрівання букс;
- сигналізація цілісності ізоляції проводів.

Склад та особливості комплексу електрообладнання ЕВ 10.02.26. Комплекс ЕВ 10.02.26 (рис. 2.9) застосовується на пасажирських вагонах ранніх років побудови без установок кондиціонування повітря (близький аналог – комплекс ЕВ 10.02.29 [7]). Комплекс електрообладнання забезпечує:

- стабілізацію напруги постійного струму споживачів на рівні 50 ± 3 В;
- автоматичну зміну режиму зарядки акумуляторної батареї в залежності від швидкості руху вагона та температури електроліту;
- автоматичне обмеження розрядки батареї;
- автоматичне та ручне управління вентиляційною установкою та високовольтним опаленням;
- захист електрообладнання від коротких замикань, струмових перевантажень, підвищеної напруги в системі електрообладнання, обриву фаз і генератора і всіх видів короткочасних (імпульсних) перенапружень.

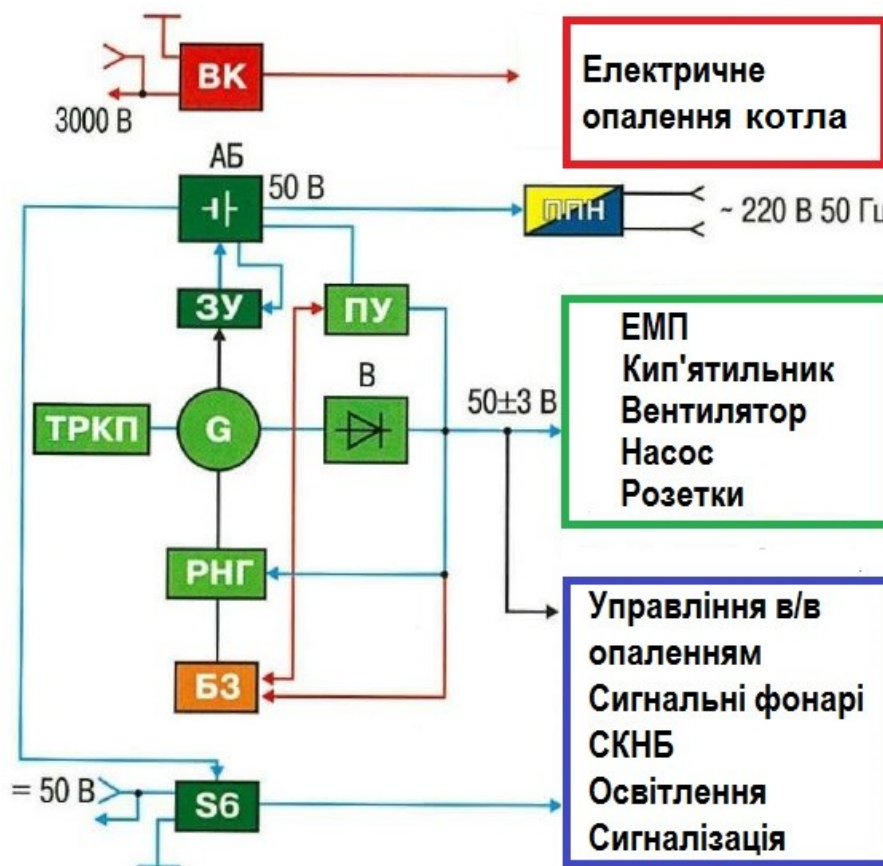


Рис. 2.9. Функціональна схема ЕВ 10.02.26:

ВК – високовольтний контактор; АБ – акумуляторна батарея;
 ЗУ – зарядний пристрій для акумуляторної батареї; G – генератор;
 ТРКП – текстрно-редукторно-карданний привід;
 РНГ – регулятор напруги генератора; БЗ – блок захисту;
 S6 – магістраль аварійного енергопостачання;
 ЕМП – електромашинний перетворювач; В – випрямляч

В склад комплексу входять: генератор змінного струму 2ГВ.003.13.У1, пульт управління 2ПУ.040.4УЗ, підвагонна високовольтна шухляда, акумуляторна батарея 38ТНЖ-350-У2, блок з терморезисторами 2БА.104.2У2.

Енерговузол комплексу дозволяє забезпечувати електричною енергією вагонні споживачі від чотирьох різних джерел: двох власних (підвагонного генератора G і акумуляторної батареї Gb) та двох зовнішніх, що підключаються до вагона через високовольтну і низьковольтну поїзні однопровідні магістралі. Від високовольтної поїзної магістралі через ВК отримують живлення нагрівальні елементи котла опалення, а від низьковольтної – кола мережі освітлення (аварійного, службового і нічного), а також кола технологічного контролю і управління. У свою чергу і сам енерговузол може бути використаний як джерело живлення для сусідніх вагонів, для чого режимний перемикач S6 необхідно встановити в положення «Подача в магістраль».

Підвагонний генератор приводиться в дію від осі колісної пари через ТРКП і є основним джерелом живлення, забезпечуючи живлення споживачів вагона і підзарядку акумуляторної батареї. Генератор виробляє електроенергію трифазного змінного струму, яка основним силовим випрямлячем В перетворюється на енергію постійного струму напругою 50 В. Ця напруга підтримується на постійному рівні регулятором напруги генератора РНГ. Підзарядка акумуляторної батареї здійснюється через ЗУ з урахуванням температури в акумуляторному ящику. За допомогою ПУ здійснюється перемикання споживачів вагона з акумуляторної батареї на генератор і навпаки. Захист енерговузла і споживачів вагона при аварійних режимах здійснюється спеціальними блоками і реле захисту, позначеними на схемі блоком БЗ.

Енергоспоживачі вагона розділені на три групи:

- перша – управління високовольтним опаленням, сигнальні ліхтарі, система контролю нагрівання букс, освітлення аварійне та нічне, посадкові ліхтарі і дзвінкова сигналізація;
- друга – ЕМП (ЕМП) для живлення ламп люмінесцентного освітлення, кип'ятильник, електродвигуни вагонного вентилятора і насоса, розетки;

- третю групу споживачів становлять електронагрівальні елементи котла опалення.

Крім того, у вагоні встановлені два напівпровідникових перетворювачі напруги ППН, що перетворюють постійний струм напругою 50 В в змінний напругою 220 В та частотою 50 Гц.

Системи змішаного електропостачання пасажирських вагонів мають всі переваги автономних, а при наявності централізованого електроживлення системи опалення є ефективнішими, ніж автономні.

Питання для самоконтролю

1. На які групи поділяються системи електропостачання пасажирських вагонів?

2. Який рід струму та напруга в системах електропостачання вагонів?

3. Чим відрізняються системи автономного, комбінованого та централізованого електропостачання пасажирських вагонів?

4. Які джерела електричної енергії використовуються в комбінованій системі електропостачання?

5. Чим конструктивно відрізняються системи з генератором постійного та змінного струму?

3. ПАРАЛЕЛЬНА РОБОТА ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

3.1. Паралельна робота генератора постійного струму з акумуляторною батареєю

Для роботи генератора паралельно з акумуляторною батареєю повинні виконуватися такі ж вимоги, що і при паралельній роботі двох генераторів, тобто необхідна рівність напруги обох джерел та відповідно полярність генератора полярності акумуляторної батареї [12].

При паралельній роботі генератора та акумуляторної батареї (рис. 3.1, а) напруга на навантаженні

$$U = E_G - I_G r_G = E_{AB} \pm I_{AB} r_{AB}; \quad (3.1)$$

струм генератора

$$I_G = I_H \pm I_{AB}, \quad (3.2)$$

де E_G і E_{AB} – ЕРС генератора та акумуляторної батареї; r_G і r_{AB} – їх внутрішні опори; I_G , I_{AB} , I_H – струми генератора, батареї та навантаження. Знак “+” в цих формулах відноситься до режиму зарядки, а знак “–” до режиму розрядки.

Із цих формул слідує, що якщо ЕРС генератора E_G та батареї E_{AB} змінюється, а струм залишається незмінним, то напрямок струму в колі генератор-батарея залежить від відношення між E_G та E_{AB} . При $E_G > E_{AB}$ має місце режим зарядки, при $E_{AB} > E_G$ – режим розрядки. Перехід із зарядки в розрядку настає, коли $E_G = E_{AB} + I_H r_G$. При постійних значеннях E_G та E_{AB} режим роботи акумуляторної батареї залежить від напруги U в системі генератор-батарея – навантаження, котрі у свою чергу визначаються струмом навантаження I_H . При струмі $I_H < I_{H.KP} = (E_G - E_{AB}) / r_G$ напруга $U > E_{AB}$ та відбувається зарядка акумуляторної батареї. При $I_H = I_{H.KP}$ напруга $U = E_{AB}$, тобто батарея працює в режимі холостого ходу. При $I_H > I_{H.KP}$ напруга $U < E_{AB}$, в цьому випадку струм I_{AB} змінює свій напрямок та батарея переходить у режим розрядки. Такий

режим роботи акумуляторної батареї називається буферним. У цьому випадку батарея сприймає на себе всі піки струму навантаження, а при малих навантаженнях підзаряджається.

Однак на вагонах з приводом від осі колісної пари паралельна робота генератора з РНГ та акумуляторною батареєю має деякі особливості. Розподіл струмів між генератором та батареєю при різних режимах навантажень залежить від кута нахилу їх зовнішніх характеристик.

Зовнішня характеристика генератора, який працює разом з регулятором напруги, являє собою пряму 1 (рис. 3.1, б) з невеликим нахилом до осі струмів.

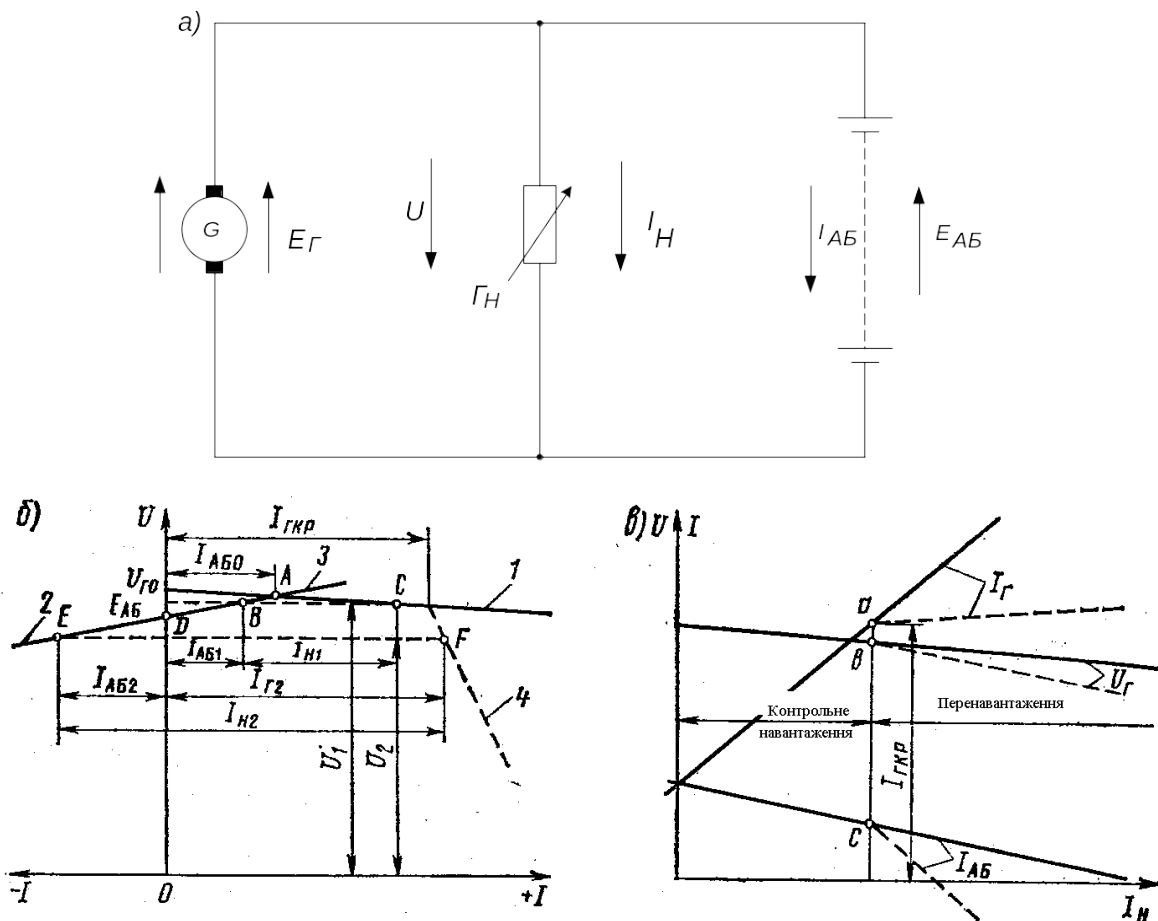


Рис. 3.1. Схема паралельної роботи генератора з акумуляторною батареєю та графіки напруги та струму

Напруга акумуляторної батареї зменшується з ростом струму розрядки (пряма 2) та підвищується зі збільшенням струму зарядки (пряма 3). Звичайно напругу холостого ходу

генератора $U_{Г0}$ вибирають вище $E_{РС}E_{АБ}$ акумуляторної батареї, щоб при відсутності зовнішнього навантаження $r_H = \infty$ отримувати деякий струм $I_{АБ0}$ зарядки акумуляторної батареї (точка А). При ввімкненні навантаження напруга U декілька зменшується, що приводить до зменшення струмів зарядки акумуляторної батареї. Наприклад, при нарузі U_1 , яка відповідає точкам Б та С на характеристиках 1 та 3, струм зарядки батареї зменшується до $I_{АБ1} < I_{АБ0}$, а генератор віддає струм $I_{Г1} = I_{Н1} + I_{АБ1}$. Однак через малий статизм РНГ зовнішня характеристика генератора має невеликий нахил до осі струмів, що приводить до порівняно малої зміни струмів заряду акумуляторної батареї при зміні струмів навантаження. На (рис. 3.1, в) показані суцільними лініями графіки зміни напруги та струмів I_G генератора, а також струмів $I_{АБ}$ акумуляторної батареї в залежності від струму навантаження I_H . Таким чином, при паралельній роботі генератора з РНГ та акумуляторної батареї спостерігаються такі особливості: струм зарядки акумуляторної батареї мало залежить від струму навантаження при зміні його в широких межах; батарея не використовується як буферне джерело електричної енергії, що допомагає генератору живити споживачів; генератор може бути навантажений великими струмами, що перевищують номінальні значення.

Перелічені особливості в багатьох випадках є неприйнятними, тому в системі електропостачання вагонів передбачаються різні пристрої, які змінюють зовнішню характеристику генератора для захисту його від перевантажень та забезпечення буферної роботи акумуляторної батареї.

Для запобігання перевантаженню генератора в РНГ вводять вузол обмеження струмів або ж в системі електропостачання вагона застосовують обмежувач струму генератора. Вони забезпечують різке збільшення нахилу зовнішньої характеристики генератора при перевищенні встановленого струму генератора $I_{Г.кр}$ (штрихова лінія 4 на рис. 3.1, б). В цьому випадку при збільшенні навантаження та зменшенні напруги в системі генератор-батарея-навантаження до $U = E_{АБ}$ (точка D) зарядка акумуляторної батареї припиняється і струм навантаження іде тільки від генератора. При подальшому збільшенні навантаження та зменшенні напруги до значення U_2 ,

відповідно точкам E та F на характеристиках 2 та 4, батарея переходить у режим розрядки, струм навантаження $I_{H2}=I_{Г2}+I_{AB2}$, тобто автоматично забезпечується живленням навантаження від генератора та батареї. Графіки зміни струмів $I_{Г}$, I_{AB} та напруги $U_{Г}$ при зміні навантаження при роботі вузла обмеження струмів показано на рис. 3.1, в штриховими лініями. В цьому випадку відбувається суттєве зменшення росту струму генератора та переведення акумуляторної батареї в буферний режим роботи.

Зовнішня характеристика акумуляторної батареї залежить від ступеня її зарядження. Чим менше ступінь зарядження акумуляторної батареї, тим менше статизм її зовнішньої характеристики, отже, тим більше струм зарядки I_{AB} при даному настроюванні РНГ. Для запобігання зарядці батареї надмірним струмом в регуляторах струму зарядки акумуляторної батареї, а також в деяких РНГ передбачений негативний зворотний зв'язок по струму зарядки батареї, який зменшує напругу, що подається на батарею при збільшенні струму зарядки понад максимально допустимий. Ці регулятори настроюють так, щоб забезпечити віддачу генератора струму, не перевищуючи максимального допустимого, але достатнього для швидкої зарядки акумуляторної батареї. В деяких випадках передбачають регулювання струму зарядки в залежності від навколишньої температури (зимові та літні умови).

Захист генератора від зворотного струму. Напруга генератора стабілізується регулятором РНГ тільки в деякому обмеженому діапазоні зміни частоти обертання від $n_{МИН}$ до $n_{МАКС}$ (рис. 3.2). Однак якщо частота обертання генератора зменшується настільки, що $E_{Г}$ стає менше E_{AB} , то напрямок струму I_{AB} змінюється і через якір генератора буде протікати струм акумуляторної батареї (зворотний струм). При повній зупинці генератора розрядний струм $I_{AB}=E_{AB}/(r_{AB}+r_{Г})$ може виявлятися дуже великим. Це може привести не тільки до швидкої розрядки акумуляторної батареї, але й до пошкодження якоря та колектора генератора внаслідок їх перегріву. Тому генератор повинен включатися у сумісну роботу з батареєю тільки тоді, коли ЕРС $E_{Г}$ стане більше ЕРС E_{AB} . Відключатися від мережі він повинен автоматично, коли через нього починає протікати розрядний струм акумуляторної батареї. Ці функції на ряді вагонів виконує

спеціальний електромагнітний вимикач, який називається реле зворотного струму.

У вагонах без кондиціонування повітря для цієї мети застосовують реле з поворотним якорем. Воно має дві котушки: паралельну $K1$ та послідовну $K2$ (рис. 3.2, а) одна із яких включена паралельно генератору G , а друга послідовно в його якірне коло.

Коли генератор не працює, якір реле знаходиться в положенні, при якому силові контакти 1 розімкнуті і генератор відключений від навантаження r_H та акумуляторної батареї АБ. При вказаному положенні якоря додаткові контакти 2 реле замикають накоротко резистор $R2$, увімкнений у коло паралельної котушки $K1$, що збільшує створене нею електромагнітне зусилля.

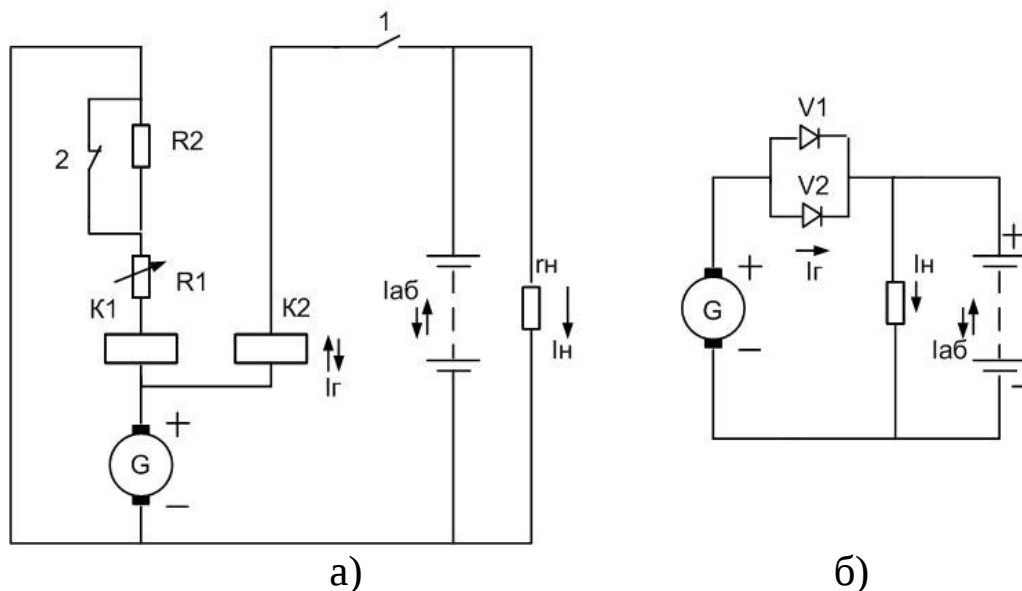


Рис. 3.2. Принципові схеми захисту генератора від зворотного струму

В міру збільшення напруги генератора збільшується струм, що протікає по паралельній котушці, і як тільки напруга досягає 59-61 В, якір реле повертається в положення, при якому замикаються силові контакти 1, внаслідок чого генератор підключається до акумуляторної батареї та навантаження, при цьому по котушці $K2$ протікає струм I_G у напрямку, показаному суцільною стрілкою. При такій напрузі генератор розвиває

достатню потужність, щоб забезпечувати живлення підключеним до нього споживачам. Одночасно розмикаються допоміжні контакти 2, і у коло паралельної котушки К1 вводять резистор R2, який забезпечує послаблення магнітного потоку цієї котушки (для збільшення коефіцієнта повернення та збільшення чутливості реле до зворотного струму).

При ввімкненні реле зворотного струму послідовна котушка К2 діє згідно з паралельною К1, збільшуючи утримуючі зусилля електромагніта. Якщо ЕРС генератора стане менше ЕРС акумуляторної батареї, то по котушці К2 почне протікати зворотний струм акумуляторної батареї I_r (див. штрихову стрілку). Він послаблює результуючий магнітний потік реле і його якір переводиться у вихідне положення, при якому контакти 1 відключають генератор від акумуляторної батареї та навантаження. Зміна напруги, при якій реле підключає генератор до акумуляторної батареї та навантаження, здійснюється зміною натягання пружини реле (грубе настроювання). Більш точне настроювання виконується за допомогою регульовального резистора R1, який одночасно відіграє роль термокомпенсаційного.

В деяких системах з генераторами постійного струму (на вагонах 47К) замість контактного апарату (реле зворотного струму) між генератором та акумуляторною батареєю вмикають безконтактний пристрій у вигляді одного або двох діодів. Діоди V1 та V2 (рис. 3.2, б) безперешкодно пропускають струм від генератора до батареї та навантаження r_H ; зворотний струм від акумуляторної батареї до генератора проходити через них не може.

Робота акумуляторної батареї в пасажирському вагоні характеризується нерівномірним навантаженням з частою заміною часткових розрядок та неповних зарядок (рис. 3.3). Правильний вибір режиму акумуляторної батареї є одним із основних факторів, який визначає термін її служби. Складність створення оптимального режиму зарядки у системах електропостачання вагонів полягає в тому, що інтенсивна зарядка батареї повинна бути здійснена при обмеженій потужності зарядного агрегату, при чому акумуляторну батарею необхідно

однаково заряджати у широкому діапазоні зміни температури навколишнього повітря, отже, температури електроліту.

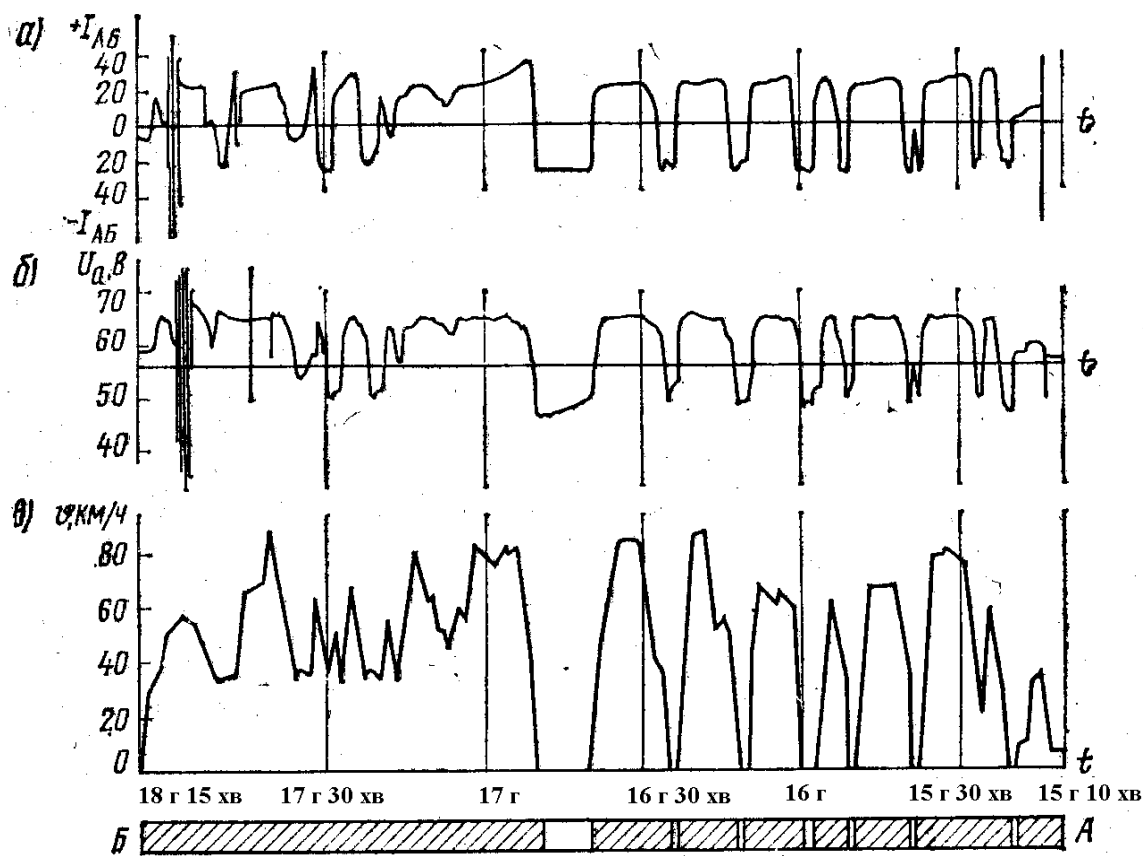


Рис. 3.3. Зміна струму (а), напруги (б) батареї та швидкості поїзда (в) на шляху слідування між пунктами А та Б (заштриховані ділянки – рух поїзда, незаштриховані – стоянки)

В усіх системах електропостачання вагонів акумуляторна батарея, що отримала повну зарядку, не відключається, а залишається приєднаною до генератора та продовжує знаходитися під напругою. Ця напруга вибирається такою, щоб струм зарядки при повністю зарядженій батареї не викликав її перезарядку. У лужних батареях гранична напруга зарядки дорівнює 1,75-1,8 В на акумулятор, 62-72 В – для батареї із 38 акумуляторів та 140-146 В – для батареї із 84 акумуляторів.

У сучасних системах електропостачання вагонів в основному використовується зарядка при напрузі, що зростає зі зменшенням струму зарядки за законом, який може бути заданий двома способами: за допомогою регулювальної апаратури та

ввімкненням у коло зарядки баластного резистора з невеликим опором, який обмежує струм на початку зарядки; напруга генератора при цьому підтримується регулятором постійною. Щоб здійснити зарядку при збільшенні напруги генератора на вагонах, обладнаних генераторами постійного струму, регулятор РНГ постачають вузлом обмеження струму або застосовують обмежувач струму ОТГ. Отже, в регуляторі здійснюється не тільки зворотний зв'язок за напругою, але і негативний зворотний зв'язок за струмом зарядки. При ввімкненні на зарядку розрядженої акумуляторної батареї з пониженим значенням ЕРС струм зарядки, а отже, і струм генератора прагне досягти великих значень. Але вузол обмеження струму зменшує напругу генератора, внаслідок чого зменшується і струм зарядки.

По мірі зарядки батареї та росту її ЕРС струм зарядки зменшується і вузол обмеження струму автоматично збільшує напругу на акумуляторній батареї. Отже, струм I_{AB} зарядки має спадний по мірі зарядки характер, причому закон зміни струму регулюється так, щоб спочатку та в кінці зарядки він знаходився в межах, допустимих для даного типу батареї. В напівпровідниковому РНГ, встановленому на вагонах з кондиціонуванням повітря, є спеціальний вузол обмеження струму зарядки батареї, який автоматично забезпечує зменшення струму зарядки по мірі зростання ЕРС акумуляторної батареї.

Зарядка з обмежуванням струму за допомогою баластного резистора широко розповсюджена у стаціонарних зарядних приладах. При цьому засобі напруга на генераторі підтримується постійною, а для обмеження наявних при цьому великих початкових струмів зарядки у коло послідовно з батареєю вмикається баластний резистор з невеликим опором. По мірі зарядки батареї зменшується струм зарядки та падіння напруги на баластному резисторі, внаслідок цього збільшується напруга на акумуляторній батареї. Доцільно як баластний резистор використовувати нелінійний резистор з температурною залежністю. Він поліпшує характеристику зарядки, підтримуючи величину струму з початку зарядки на високому рівні, довше, ніж при постійному (лінійному) резисторі. Тому зарядка розрядженої батареї протікає більш інтенсивно.

На пасажирських вагонах цей засіб зарядки застосовують в системах з генератором змінного струму 2ГВ-003. В цьому випадку роль баластного резистора в колі зарядки відіграють активні та індуктивні опори обмоток якоря генератора, а також нелінійний опір напівпровідникових випрямлячів. Такий засіб дозволяє живити споживачів постійною напругою, а функції регулювання зарядного струму перенести на пристрій, увімкнений у коло акумуляторної батареї.

3.2. Паралельна робота генератора змінного струму з акумуляторною батареєю

Зарядка акумуляторної батареї. В системах електрозабезпечення вагонів з генератором змінного струму 2ГВ-003, ГСВ та ін. можливість паралельної роботи з акумуляторною батареєю забезпечується тим, що до обмотки якоря генератора підключається випрямляч, внаслідок чого забезпечуються умови, подібні до умов паралельної роботи генератора постійного струму з акумуляторною батареєю. Однак розрядження батареї на генератор, при його зупинці або при невеликій частоті обертання, коли ЕРС генератора стає менше ЕРС батареї, неможливе, так як діоди випрямляча не дають можливості протікати зворотному струму з акумуляторної батареї в генератор.

В системі ЕВ-10 підвищення наруги, яка подається на акумуляторну батарею, у порівнянні з напругою, яка подається на навантаження, досягається завдяки тому, що генератор має дві обмотки якоря змінного струму: основну Я1 та вольтододаткову Я2. Від цих обмоток за допомогою двох випрямлячів В1 і В2 отримують дві вихідні наруги: стабілізовану $U_2 = 50$ В для живлення електричних споживачів вагона і допоміжну $U_3 = (10 \div 20)$ В, яка разом з напругою U_2 дає наругу U_1 , необхідну для зарядки акумуляторної батареї.

Переведення живлення навантаження з батареї на генератор та підключення батареї на зарядку при досягненні встановленої частоти обертання генератора здійснюється з допомогою перемикального пристрою, основним елементом якого є

контактор К1 з двома парами силових контактів. Для автоматичного перемикання контактора застосовується електронне реле.

Залежність зарядки акумуляторної батареї від температури. В зимовий період при низькій температурі виникає небезпека замерзання сильно розрядженої акумуляторної батареї (з низькою щільністю електроліту). Тому в цей час необхідно збільшити струм зарядки. При підвищеній температурі електроліту треба обмежувати струм зарядки, щоб не було недопустимого перегріву акумуляторної батареї. Тому в деяких системах електрозабезпечення вагонів передбачено два режими роботи зарядних пристроїв: літній та зимовий. Так, наприклад, в системах з генератором змінного струму типу ГСВ підвищення рівня найбільшої напруги зарядки (тобто значення зарядного струму) виконується перемиканням вольтододаткової обмотки статора генератора з “трикутника” на “зірку”. В результаті цього підвищується напруга на затискачах вольтододаткового вирівнювача у $\sqrt{3}$ раз.

Режим зарядки акумуляторної батареї в залежності від температури в системі електрозабезпечення ЭВ-10 може змінюватись автоматично з допомогою електронного блоку БУЗ або БРТ (див. розділ 8).

Питання для самоконтролю

1. Які вимоги висуваються до паралельної роботи генератора з акумуляторною батареєю?
2. Які особливості паралельної роботи генераторів постійного та змінного струму з акумуляторною батареєю?
3. Що таке зворотний струм, коли виникає та чому заважає?
4. Яким чином здійснюється захист генератора від зворотного струму?
5. Як змінюються вихідні характеристики акумуляторної батареї у залежності від температури та які існують способи їх регулювання?

4. ПЕРЕДАЧА І РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ВАГОНАХ

4.1. Будова системи передачі та розподілу електричної енергії і вимоги, що ставляться до неї

Від прийнятого способу передачі і розподілення електроенергії залежить надійність і безперебійність електропостачання споживачів, а також електрична і протипожежна безпека вагона. Система передачі і розподілення енергії включає такі елементи: мережу, що складається з електричних проводів; комутаційну апаратуру для увімкнення і вимкнення споживачів і джерел електроенергії; апаратуру, яка виконує захист джерел мережі і споживачів від перенавантаження і аварійних режимів; контактне і встановлювальне обладнання; розподільні шафи і пульти керування, коробки розгалуження, міжвагонні з'єднання і інше допоміжне обладнання [4].

Всі ці елементи виконуються так, щоб були забезпечені надійна і безперебійна передача електроенергії від джерел до споживачів з допустимим падінням напруги в мережі; механічна міцність при нормальних умовах експлуатації проводів апаратури і допоміжних приладів; зручність і безпека обслуговування; можливість швидкого демонтажу мережі при ремонті вагона без пошкодження її елементів; найменша маса і вартість всіх елементів електричної мережі; низький рівень радіоперешкод.

Виконати ці вимоги в сучасних пасажирських вагонах і на рефрижераторному рухомому складі складно, так як на них встановлена велика кількість обладнання, а номінальна напруга в системі електропостачання порівняно невелика. В цей час спостерігається тенденція до підвищення напруги в електричних мережах пасажирських вагонів. При цьому зменшуються струми, які проходять по окремих ділянках електричної мережі, що дозволяє зменшити переріз проводів і приймати найбільш компактну електричну апаратуру. Підвищується також понижена безпека, так як при цьому знижуються перегріву в контактних електричних з'єднаннях.

Системи передачі електричної енергії. На пасажирських вагонах застосовують двопровідну систему передачі електричної енергії (рис. 4.1, а).

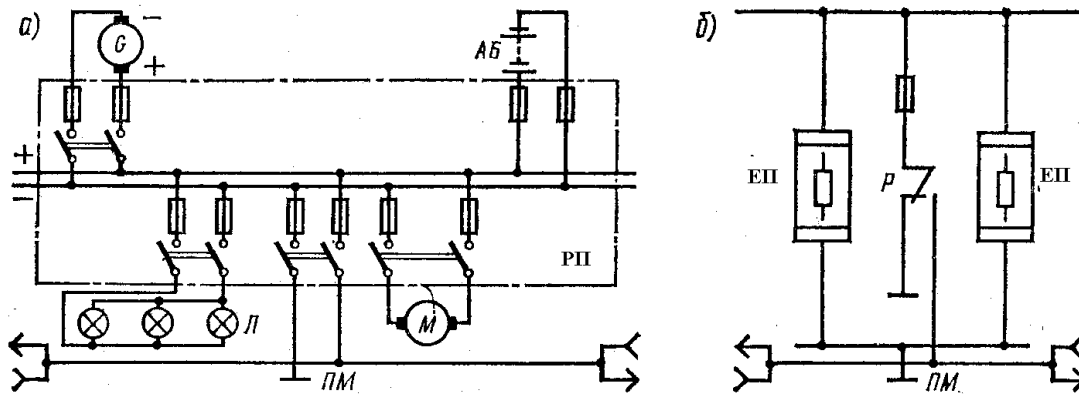


Рис. 4.1. Система передачі електроенергії на пасажирських вагонах

Електрична енергія від генератора G і акумуляторної батареї $АБ$ вагона подається до центрального розподільного пристрою $РП$ і далі, по двох проводах («+» та «-»), передається до споживачів (лампи $Л$, електродвигуни $М$ та ін.). Для підвищення надійності роботи системи захист генератора і акумуляторної батареї виконується як в плюсових, так і в мінусових колах. Крім цього, повинен бути забезпечений надійний електричний контакт між окремими ділянками електричної мережі для запобігання перегріву місць електричних з'єднань.

Міжвагонна магістраль $ПМ$ виконується однопровідною, тому при подачі електричної енергії від розподільного пристрою по міжвагонній магістралі до сусіднього вагона мінусове коло вагонної мережі з'єднується з корпусом вагона. Слід відмітити, що передача електроенергії по електромагістралі у інші вагони, крім сусідніх, не припускається. В цьому випадку струм проходить частково по рейках і при значній відстані від джерела до споживачів в інших вагонах і підвищених струмах витікання через ізоляцію електромагістралі можуть утворюватись умови, що викликають порушення роботи пристроїв залізничного автоблокування. Перевагою двопровідної системи є те, що вона не виходить з ладу при замиканні одного з проводів на корпус вагона. Крім цього використання її знижує рівень радіоперешкод

і електромагнітних полів поміж провідників з струмом, так як прямий і зворотний провід звичайно проходять на невеликій відстані один від одного, і електромагнітні поля, що створюються струмами цих проводів, частково компенсуються.

У вагонах з високовольтним опаленням передача електроенергії від локомотива здійснюється по однопровідній магістралі ПМ при 3000 В (рис. 4.1, б); зворотним проводом служать корпус вагона і рейки. Розведення проводів по електронагрівальних пристроях ЕП виконане за двопровідною системою. Роз'єднувач Р у вимкненому положенні з'єднує всі високовольтні кола (за виключенням магістралі) вагона з корпусом, внаслідок чого забезпечується електробезпечність для обслуговуючого персоналу. Однак при такій системі необхідно вживати спеціальних заходів для виконання надійного електричного контакту між окремими частинами корпусу вагона і запобігання проходженню струму через роликові букси (застосовувати шунти, контакти, що ковзають, та ін.).

В поїздах з централізованим електропостачанням і на рефрижераторному рухомому складі електропостачання електричних споживачів вагонів трифазним змінним струмом (від власного генератора або від вагона-електростанції) виконують за чотиріпровідною системою з заземленою нейтраллю. Перевагою такої системи є можливість увімкнути споживачів як на фазну, так і на лінійну напругу генератора. Крім цього, така система менш небезпечна для обслуговуючого персоналу, так як між струмоведучими проводами і корпусом вагона діє фазна, а не лінійна напруга.

Розподіл електроенергії. Електроенергія, вироблена генератором, надходить спочатку до розподільного пристрою, а потім від нього до окремих споживачів. На розподільному пристрої зосереджена комутаційна та захисна апаратура для управління споживачами і джерелами електричної енергії і захисту їх від перенавантаження і аварійних режимів.

На пасажирських вагонах розподільний пристрій називають розподільною шафою, або пультом управління. Для зручності обслуговування його встановлюють в службовому купе.

До переваг такої системи треба віднести можливість зосередити захист всього електрообладнання вагона і контроль за

ним в одному місці, а також зручність перевірки електричної мережі і знаходження пошкоджень. Недоліком системи є громіздкість центрального розподільного пристрою і велика маса електричної мережі, особливо при великій кількості споживачів.

Електрична мережа вагона в залежності від розміщення її в системі електропостачання підрозділяється на живильну і розподільну. Живильна мережа виконує функції передачі і розподілення енергії від джерел до розподільного пристрою. Розподільна мережа служить для передачі і розподілення енергії від цього пристрою до споживачів.

Дільниця лінії, що живить групу споживачів від розподільного пристрою через один апарат захисту (а також всі розгалуження до цих споживачів), називається фідером.

4.2. Поїзні електромагістралі

Відповідно до прийнятої системи електропостачання уздовж проїзду можуть бути прокладені такі види електромагістралей (рис. 4.2): низьковольтна постійного струму з номінальною напругою 50 чи 110 В, трифазна напругою 220/280 В, високовольтна напругою 3000 В, радіотрансляційна напругою 30 В, магістраль електропневматичного гальма і телефонна лінія. Високовольтну і низьковольтну магістралі виконують однопровідними (зворотним проводом є корпус вагона і рейки), їх прокладають під кузовом вагона. Магістраль електропневматичного гальма є двопровідною і також прокладена під кузовом вагона: по одному проводу подається живлення до електроповітророзподільників, інший провід (контрольний) служить для перевірки цілісності кола електропневматичного гальма, зворотним проводом є корпус вагона. Радіотрансляційна магістраль двопровідна, вона прокладена усередині вагона.

Низьковольтна магістраль. Використовують на вагонах з автономною системою електропостачання для резервування живлення вагонних споживачів від джерел електричної енергії сусідніх вагонів. Магістраль виконують із проводу перетином 25-35 мм і прокладають під кузовом вагона в сталевих трубах. З торцевих сторін на рамі вагона встановлюють кінцеві коробки 4

(рис. 4.2), за допомогою яких проводи 6 електромагістралі з'єднується з проводом 5 міжвагонного з'єднання, які виконують із гнучкого багатожильного проводу, укладеного в брезентовий чохол. На кінці проводу 5 встановлюють головку 8, що являє собою комбінований рознімач з вилкою 1 і гніздом 2. Міжвагонні з'єднання підвішують на ланцюжках 7, щоб під час руху вони не торкались рейок і не розбивалися. Нормальне положення підвагонної магістралі відключене. У цьому положенні головки міжвагонних з'єднань знаходяться в спеціальних холостих кінцевих приймачах 3, а електричні споживачі у вагоні живляться від своїх джерел електроенергії (рис. 4.3). Наявність напруги на підвагонній магістралі контролюється сигнальною лампою.

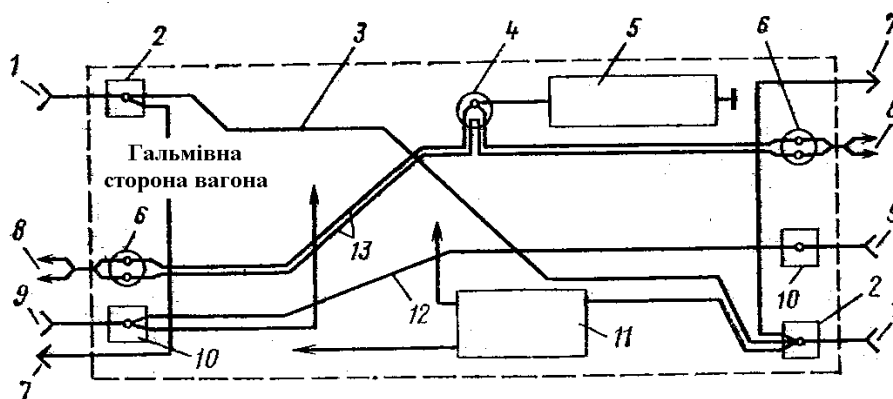


Рис. 4.2. Принципова схема підвагонних електромагістралей вагонів з системою електрозабезпечення EB-10

Трифазна електромагістраль. Прокладають на потягах з централізованим електропостачанням для живлення пасажирських вагонів від вагона-електростанції. Магістраль виконана у вигляді двох трифазних проводів з ізоляцією, розрахованою на 1000 або 3000 В, що містяться у звареному металевому коробі. Загальний поперечний переріз кожної фази $2 \times 185 \text{ мм}^2$.

Для приєднання міжвагонних з'єднань на кінцевій балці вагона-електростанції і на пасажирських вагонах установлені розетки 1 (рис. 4.3) і холостий приймач 4. Розетка 1 з'єднується з магістраллю через розподільну коробку 5. Крім того, на торцевій

частині кожного вагона є по одній штепсельній вилці 3, з'єднаній з підвагонною магістраллю. Вилка закріплена на гнучкому шлангу 2, що дозволяє приєднувати її до розетки сусіднього вагона або при роз'єднаній магістралі встановлювати в холостому приймачі 4. Таким чином, має місце подвійне з'єднання електромагістралі з кожної сторони вагона, що дозволяє зменшити перетини проводів міжвагонного з'єднання (тобто полегшує його обслуговування) і підвищує надійність електропостачання вагонів.

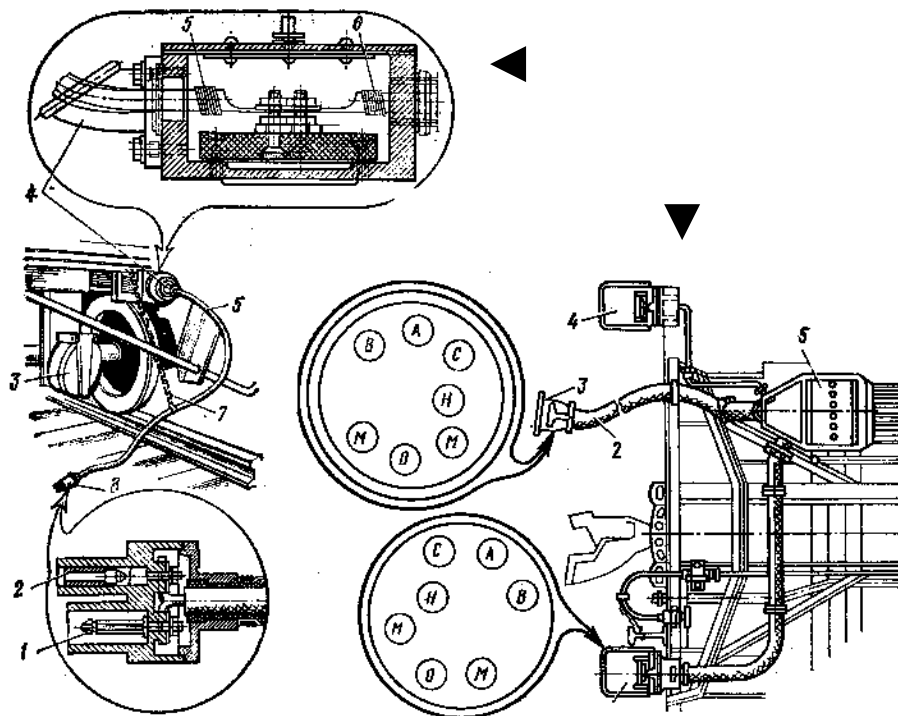


Рис. 4.3. Міжвагонне з'єднання низьковольтної та трифазної електромагістралі

Гнізда в розетці 1 і контакти в штепсельній вилці 3 розташовані так, що при ввімкненому міжвагонному з'єднанні забезпечується приєднання фаз А, В, С трифазної мережі сусідніх вагонів, нульового проводу 0, з'єданого з корпусами вагонів, низьковольтної Н магістралі 50 В і кіл безпеки (контакти М). Останні призначені для відключення автоматичного вимикача вагона-електростанції, коли хоча б одне штепсельне з'єднання в

пасажирських вагонах роз'єднується чи відкривається кришка розетки. Це необхідно за умовами техніки безпеки.

Якщо в якому-небудь штепсельному з'єднанні відбудеться розрив кола безпеки, спрацює проміжне реле і його контакти подають живлення на вимикальну котушку автоматичного вимикача вагона-електростанції. У результаті трифазна електромагістраль відключається від шин розподільного пристрою вагона-електростанції.

Високовольтна електромагістраль. Призначена для живлення пристроїв високовольтного електричного опалення вагонів загальною потужністю 800 кВт від локомотива. Магістраль виконана високовольтним проводом з ізоляцією, розрахованою на напругу 4000 В, перетином 95 мм² і прокладена в алюмінієвій трубі з метою зменшення вихрових струмів, що утворюються при проходженні по електромагістралі змінного струму.

У торцевих частинах кузова вагона знаходяться міжвагонні з'єднання, що складаються з розетки, штепселя з кабелем і холостим приймачем; ці елементи розташовані так само, як і в трифазній електромагістралі. Розетка (рис. 4.4,а) змонтована в корпусі 2, усередині якого встановлена ізоляційна втулка 5 із пружинним контактом 6, латунний затискач 4 для кріплення кабельного наконечника 15 і пристрій, що блокує, 8 (замок), закритий кришкою. Через патрубки 1 у розетку вставляється кабель підвагонної магістралі і відвідний кабель до високовольтного підвагонного ящика. При відсутності штепселя розетка закрита кришкою 9 і пружиною 13, що щільно притискає кришку до корпусу 2. Кришка захищає розетку від проникнення всередину її вологи і бруду. У корпусі розетки передбачене гніздо, куди вставляється блокувальний ключ, що дозволяє відкрити кришку і вийняти або вставити штепсель з кабелем. Для доступу до контакту слід зняти кришку 16. Лужна поверхня 3 корпусу призначена для заземлення розетки.

Штепсель міжвагонного з'єднання має ізоляційну втулку 7, у якій розміщується штепсельний штирьовий контакт 14 із припаяним до нього кабелем 11; ізоляція кабелю заземлена за допомогою кільця 12, з'єданого проводами з кузовом вагона. До ізоляційної втулки 7 прикріплена рукоятка 10 із двома цапфами для підвішування штепселя в холостому приймачі. З метою

електробезпечності рукоятка з'єднана з заземленою ізоляцією кабелю. Кабель штепселя кріпиться за допомогою кронштейна.

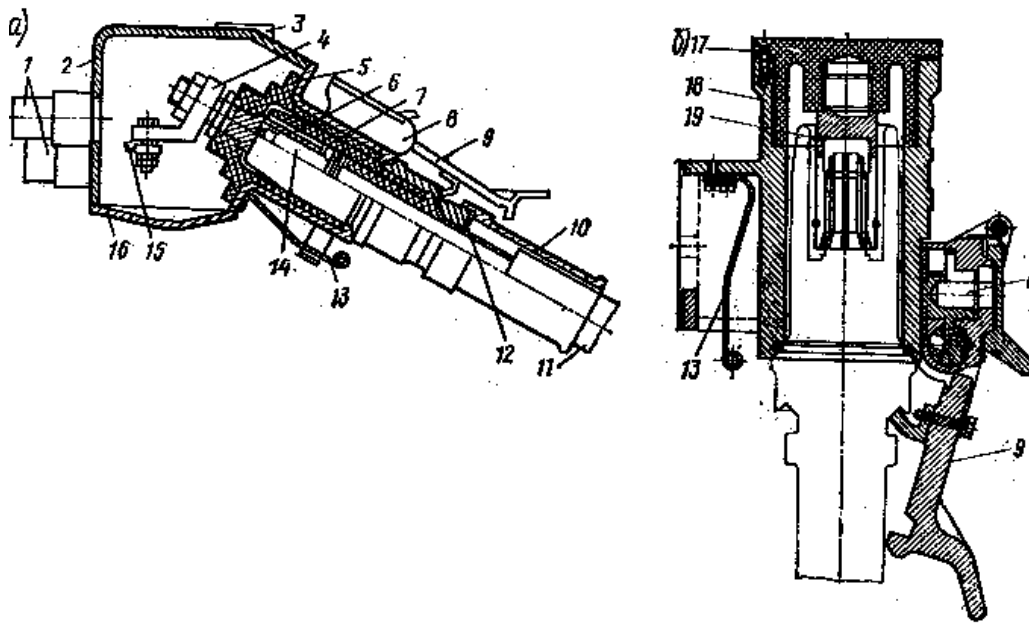


Рис. 4.4. Елементи міжвагонного високовольного з'єднання вагонів

Штепсель хвостового вагона, що не вмикається в розетку, вставляється в холостий приймач (рис. 4.4, б), у корпусі 18 якого, закритого зверху пластмасовою кришкою 17, вмонтований сталевий гніздовий контакт 19, що фіксує штепсель. У нижній частині приймача встановлена кришка 9, блокувальний пристрій 8 і пружина 13, що конструктивно виконана аналогічно відповідним деталям розетки. Міжвагонні з'єднання, що встановлюються на західноєвропейських вагонах, мають деякі конструктивні відмінності від розглянутих вище, але можуть бути використані для з'єднання з вагонами різної будови.

Для забезпечення електробезпеки штепсельні розетки мають замки, що не дозволяють роз'єднати міжвагонне з'єднання без спеціального ключа; цей ключ під час рейсу знаходиться в машиніста локомотива і видається начальнику поїзда тільки після опускання струмоприймача.

4.3. Електричні проводи та вибір перетину проводів

В пасажирських вагонах використовуються спеціальні проводи, які мають збільшені електричні, термічні, механічні

якості і стійкі до руйнівної дії вологи та нафтопродуктів. Для збільшення пожежної безпеки в вагонах використовують одножилінні мідні проводи марок ППСРМ і ППСРВМ з гумовою ізоляцією і полівінілхлоридною або гумовою термо- і морозостійкою оболонкою, номінальна напруга яких складає 660, 1000 і 4000 В.

Провід прокладають переважно в металевих трубах і металевих коробах, захищених вогнестійким матеріалом. У важкодоступних місцях і на ділянках з малим радіусом згину допускається використання гнучких металорукавів. На кінцях металевих труб установлюють ущільнюючі гайки, гумові, капронові втулки, що запобігають проникненню вологи всередину труб і торканню проводів об їх гострі кромки. Місця установлення труб, гнучких металевих рукавів, коробок з затискачами, врізаних штепсельних розеток, вимикачів та іншої апаратури ізолюють від конструкцій вагона, які згорають, азбестовою тканиною товщиною 2-5 мм, а труби, гнучкі рукави, з'єднувальні коробки, розетки, вимикачі ущільнюють від проникнення до них пилу, вологи та снігу. При монтажі на розподільних щитах проводи з'єднують в жмутки та укріплюють за допомогою кілець та рейок з затискачами. На ділянки проводів, де можливе зіткнення з контактними болтами, шпильками і заземленими металевими частинами, надівають лакотканинні або поліхлорвінілові трубки.

З'єднувальні коробки, вимикачі, розетки та більшість освітлювальної апаратури розташовують в замкнених металевих коробках, ізолюваних від займистих елементів кузова азбестовими прокладками. Коробки покривають ізолюючими емалями для уникнення замикання на корпус при виникненні пошкоджень в з'єднаннях. Ніші усіх розподільних щитів, місця установлення пускорегулювальної апаратури повністю ізолюють від дерев'яних конструкцій і покривають металевими листами. З'єднувати проводи можливо тільки на рейках з затискачами, виводах апаратів, приладів, електричних машин, щитів, панелей або в з'єднувальних коробках, тому пошкоджений провід заміняють повністю до найближчої з'єднувальної коробки. Проводи приєднують за допомогою попередньо облужених кабельних наконечників. Закріплюють наконечники гайками з

пружними шайбами, а контакти, які підлягають тепловому впливу – гайками з постановкою контргайок. Не допускається нарощувати проводи, проводити від них відпайки, приєднувати їх до затискачів без наконечників, прокладати в одній трубі, коробці або жмутку високовольтні і низьковольтні проводи. Всі проводи, що підводяться і відводяться від іншого вузла або апарата, а також всередині вузлів і апаратів, повинні мати чітке маркування відповідно до електричної схеми даного вагона.

Вибір перетину проводів. Поперечний перетин проводів визначають на основі нагріву ізоляції. Вибраний перетин перевіряють на вимоги захисту від струмів короткого замикання та перенавантаження, за допустимою утратою напруги в робочому режимі і за умовами механічної міцності. Визначити температуру нагріву ізоляції проводів розрахунковим шляхом важко, так як неможливо урахувати вимоги охолодження частин проводу, що проходить в окремих місцях вагона. Тому практично вибирають перетин проводів за таблицями допустимих довгих струмів навантажень $I_{\text{пр}}$, складеними на базі теоретичних розрахунків і результатів експериментальних досліджень.

При виборі допустимого навантаження на проводи виходять з умов їх тривалої роботи в ході встановленого строку служби в найбільш несприятливих умовах охолодження. Кожній марці проводу відповідають норми струмових навантажень, вказані в довідковій літературі. Для проводів меншого діаметра допускається більша щільність струму, ніж для проводів більшого діаметра. Пояснюється це тим, що зі збільшенням перетину проводу поверхня його охолодження збільшується пропорційно діаметру в першому ступені, в той час як перетин збільшиться пропорційно квадрату діаметра. Тому в проводах більшого діаметра на одиницю поперечного перетину припадає менша поверхня охолодження.

При перевірці вибраного перетину за умовами захисту від струмів короткого замикання та перенавантаження необхідно керуватися такими даними: номінальний струм плавкої вставки запобіжника $I_{\text{пл}} \leq 3I_{\text{пр}}$ ($I_{\text{пр}}$ – припустимий тривалий струм навантаження на провід); номінальний струм теплового розчеплення автоматичного вимикача (з залежною від струму характеристикою) $I_{\text{а}} \leq 1,5I_{\text{пр}}$ та струм уставки (струм

спрацьовування) автоматичного вимикача, що має тільки електромагнітний розчіплювач, миттєвої дії, $I_A \leq 4,5I_{пр}$.

Перевіряють вибраний перетин проводів за втратою напруги зіставленням допустимої втрати напруги з розрахунковою ΔU_L . Для силових мереж допустима втрата напруги від джерела живлення до найбільш віддаленої точки мережі при нормальному режимі не повинна перевищувати 5 % номінальної напруги; зниження напруги у найбільш віддалених електричних ламп повинно бути не більш 2,5 %.

Питання для самоконтролю

1. З яких елементів складається система передачі і розподілу електричної енергії у вагоні та які вимоги до неї ставляться?

2. Як здійснюється передача та розподіл електричної енергії від джерел до споживачів у пасажирському вагоні та яку функцію виконує розподільний пристрій?

3. Як здійснюється передача електричної енергії між вагонами?

4. В чому переваги та недоліки однопровідної та двопровідної систем передачі та розподілу електричної енергії в пасажирських вагонах?

5. Які види електромагістралей прокладені уздовж поїзда та для чого вони використовуються?

6. Які електричні проводи використовуються у пасажирських вагонах, як прокладаються та за якими умовами визначають необхідний поперечний перетин проводів?

5. ГЕНЕРАТОРИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

5.1. Генератори постійного струму

Генератор призначений для перетворення механічної енергії в електричну, яка використовується як для живлення вагонних споживачів, так і для зарядки акумуляторної батареї. Генератор виробляє достатньо електричної енергії для живлення вагонних споживачів, починаючи зі швидкості руху поїзда 30–40 км/год.

У деяких типах пасажирських вагонів закордонного виробництва встановлені генератори постійного струму з паралельним збудженням. На вагонах закордонного виробництва без кондиціонування повітря застосовуються генератори типу 2307/21 та його модифікації, PW-114а, K694L та DUGG-28B. Основні технічні дані генераторів подано в табл. 5.1 [2].

Таблиця 5.1

Технічні характеристики вагонних генераторів постійного струму

Тип генератора	Номінальна тривала потужність, кВт	Діапазон робочої частоти обертання, об/хв	Діапазон робочої напруги, В	Маса, кг
23/07.21	4.9	550 – 2900	53 – 65	185
23/07.11	4.5	650 – 2400	53 – 65	185
PW – 114	4.55	650 – 2600	53 – 65	185
DUGG – 28B	28	600 – 3000	110 –	1200
K694L	21.5	600 – 3000	138 110 – 135	1000

Електричні характеристики вагонних генераторів постійного струму подано на рис. 5.1. Струм навантаження генератора I_n і струм в обмотці якоря $I_a = I_n$ визначаються потужністю підключених до генератора споживачів та струмом зарядки

аккумуляторної батареї. Струм збудження I_3 залежить від роботи регулятора РНГ, який змінює його так, щоб забезпечити стабілізацію напруги генератора.

Електричні та магнітні властивості генераторів постійного струму, які застосовуються на пасажирських вагонах, визначаються, як і для стаціонарних машин, за їх характеристиками (характеристика холостого ходу, зовнішня, регульовальна та швидкісна характеристики). Проте у генераторів з приводом від осі колісної пари частота обертання змінюється, тому на відміну від стаціонарних машин у них характеристики кожного типу – це сімейство кривих для всього діапазону частот обертання. Характеристики звичайно будуються для відносних значень ЕРС, напруги U , струму збудження I_3 та струму навантаження I_n , виражених у відсотках від їх номінального значення. На практиці характеристики вагонних генераторів наводять для трьох значень частоти обертання N : найменшої, середньої та найбільшої.

Характеристики холостого ходу. Цією характеристикою називається залежність ЕРС E генератора (його напруга U_0 при холостому ході) від струму збудження при незмінній частоті обертання (рис. 5.1, а). При підвищенні струму збудження зростає магнітний потік Φ та ЕРС генератора $E = C_E \cdot \Phi \cdot n$. При цьому C_E – постійний коефіцієнт, який визначається конструктивними параметрами даної машини (кількістю провідників обмотки якоря, її паралельних гілок та полюсів), але не залежить від режиму її роботи.

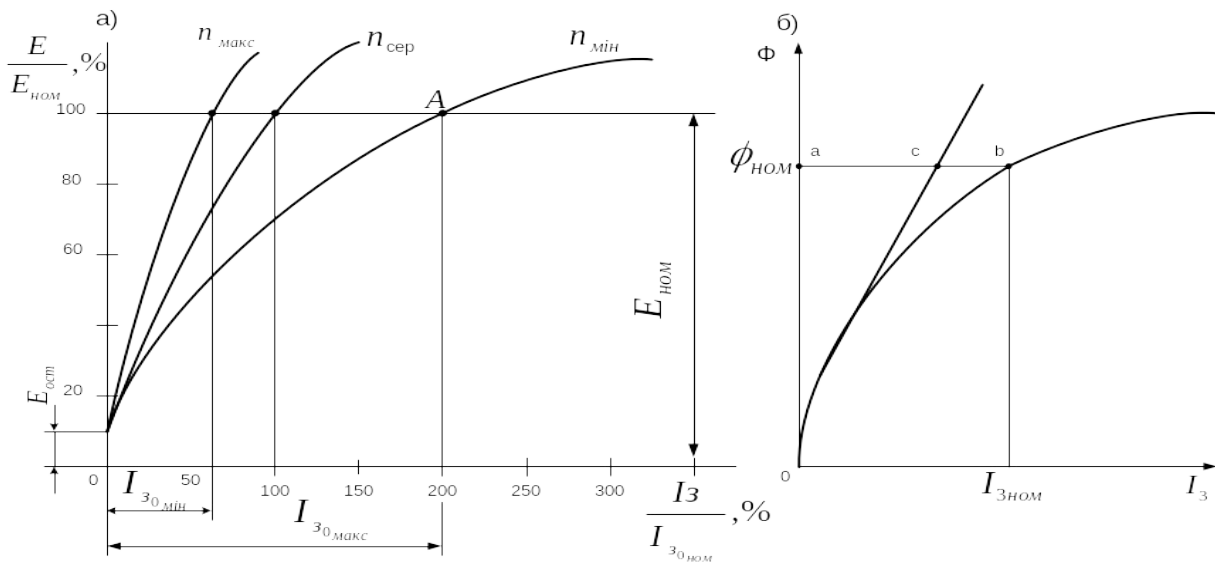


Рис. 5.1. Характеристики холостого ходу (а) та магнітної характеристики (б)

При порівняно невеликих значеннях струму збудження та потоку магнітне коло машини не насичене і залежність $E = f(I_H)$ лінійна. Проте при зростанні струму I_3 та потоку Φ магнітна система насичується і характеристика холостого ходу стає нелінійною. Нелінійність характеристики холостого ходу визначається коефіцієнтом магнітного насичення $K_{нас}$, який являє собою відношення відрізків ab/ac на магнітній характеристиці машини (рис. 5.1, б) при потоці $\Phi_{ном}$, яке відповідає значенням $E_{ном}$ та $n_{ном}$. Звичайно в генераторах постійного струму $K_{нас} = 1.4 \div 2$.

При збільшенні частоти обертання зменшується струм збудження (тобто потік Φ), необхідний для отримання заданої ЕРС. Так, при найменшій частоті обертання $n_{мін}$ для створення ЕРС $E_{ном}$ необхідно мати найбільший струм збудження $I_{3макс}$; при збільшенні частоти обертання до $n_{макс}$ необхідний струм збудження зменшується і становить $I_{3мін}$. При зміні частоти обертання також дещо змінюється залишкова ЕРС $E_{зал}$, яка обумовлена залишковим магнетизмом машини. Характерна особливість генераторів, частота обертання яких змінюється в широких межах, полягає в тому, що, починаючи із середньої частоти обертання $n_{сер}$ та вище, генератори працюють при слабкому або зовсім ненасиченому магнітопроводі. Навіть при

найменшій частоті обертання $n_{\text{мін}}$ ЕРС $E_{\text{ном}}$ (точка А) відповідає приблизно половині магнітної характеристики. Це пояснюється бажанням знизити найбільший струм збудження $I_{\text{змакс}}$, щоб створити найбільш сприятливі умови для роботи регулятора напруги та зменшення його габаритних розмірів.

Генератор з паралельним збудженням є самозбуджуючою машиною. Самозбудження генератора можливе тільки при виконанні наступних умов. Для встановлення їх розглянемо процес зміни струму в контурі обмотки збудження – якір при режимі холостого ходу. Для контура, який розглядається, згідно з другим законом Кірхгофа, можна записати рівняння

$$e + e_L = i_B r_B = U \quad (5.1)$$

або

$$e = i_B r_B + L_B di_B/dt, \quad (5.2)$$

де e та i_B – миттєві значення ЕРС E та струму I_3 ;

e_L – миттєве значення ЕРС самоіндукції, яка індукується в обмотках збудження та якорі при зміні струму i_B , $e_L = -L_B di_B/dt$;

U – миттєве значення напруги генератора, яка прикладена до кола збудження, $U = i_B r_B$;

r_B – сумарний опір кола збудження генератора, тобто обмотки збудження та виконавчого органу регулятора РНГ (опором обмотки якоря та додаткових полюсів можна знехтувати, оскільки вони значно менші опору обмотки збудження);

L_B – сумарна індуктивність кола збудження (обмоток збудження та якоря).

Усі члени, які входять в формулу (5.2), можуть бути зображені графічно. На рис. 5.2, а показані залежності $e = f(i_B)$ – крива ОВ, яка відображає характеристику холостого ходу генератора та вольт-амперну характеристику опору його кола збудження $i_B r_B = f(i_B)$. Остання є прямою ОА₁, яка проходить через початок координат під кутом φ до осі абсцис; при цьому $\text{tg } \varphi$ пропорційний r_B . Із формули (5.2) маємо, що

$$di_B/dt = (e - i_B r_B)/L_B. \quad (5.3)$$

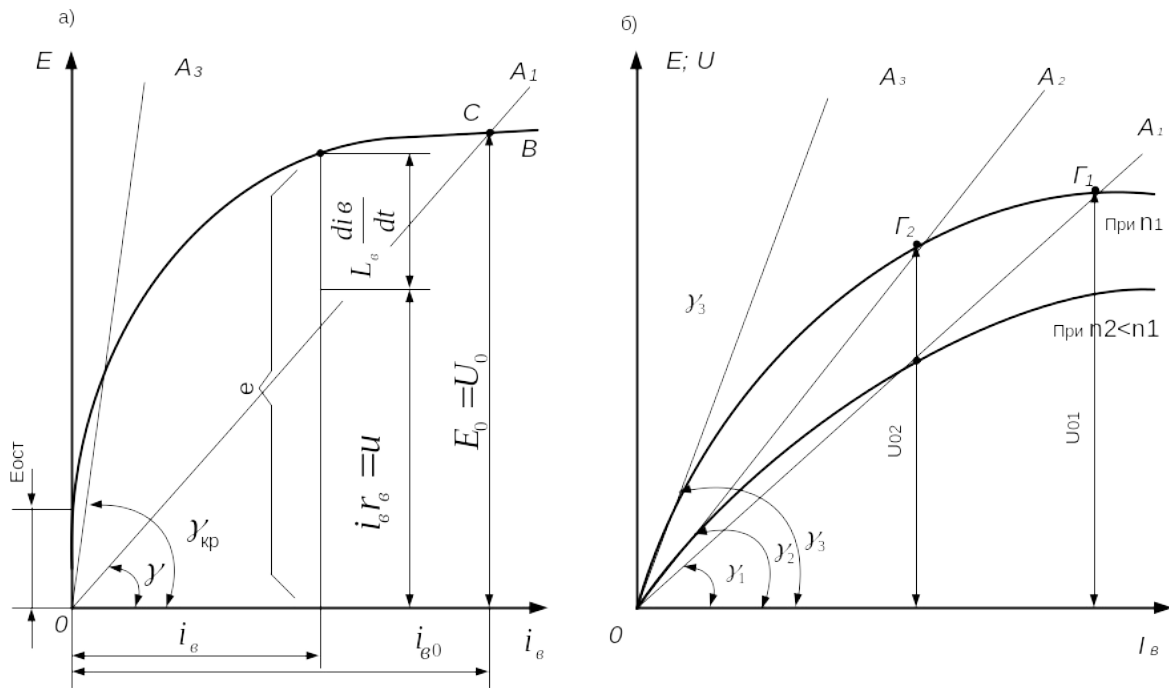


Рис. 5.2. Графіки зміни ЕРС та напруги генератора в процесі самозбудження

Отже, якщо різниця $(e - i_{в}r_{в})$ позитивна, то похідна $di_{в}/dt > 0$ і відбувається процес збільшення струму збудження. Усталений режим буде при $di_{в}/dt=0$, тобто в точці С перетину характеристики холостого ходу OB з прямою OA_1 . При цьому встановлюється постійна напруга холостого ходу $U_0 = E_0$ і струм збудження $I_3 = 0$, який визначається напругою генератора та опором його кола збудження $r_{в}$.

Аналіз перехідного процесу змінювання струму $i_{в}$ в контурі обмотки збудження – якір дозволяє встановити такі основні умови самозбудження.

Процес самозбудження в генераторі може початися тільки в тому випадку, якщо в початковий момент, коли $i_{в} = 0$, в обмотці якоря індукуються деяка ЕРС E , яка може бути створена тільки потоком залишкового магнетизму. Тому для початку процесу самозбудження генератора необхідно, щоб в магнітному колі машини був потік залишкового магнетизму, який індукуються в обмотці якоря ЕРС $E_{ост}$.

При вмиканні обмотки збудження її ЕРС повинна бути направлена згідно з ЕРС залишкового магнетизму. В цьому випадку під дією різниці $(e - i_{в}r_{в})$ відбувається процес наростання струму $i_{в}$ магнітного потоку машини та ЕРС e .

Позитивна різниця $(e - i_{\text{в}}r_{\text{в}})$, необхідна для збільшення струму збудження від нуля до усталеного значення I_{30} , може бути тільки в тому випадку, якщо у вказаному діапазоні зміни струму $t_{\text{в}}$ пряма OA_1 розташовується нижче характеристики холостого ходу. При зміні опору кола збудження $r_{\text{в}}$ змінюється кут φ нахилу прямої OA до осі струму і при деякому критичному значенні цього кута $\varphi_{\text{кр}}$, що відповідає опору $r_{\text{в кр}}$, пряма OA_3 практично збігається з прямолінійною частиною характеристики холостого ходу. У цьому випадку $e \approx i_{\text{в}}r_{\text{в}}$ і процес самозбудження стає неможливим. Отже, для самозбудження генератора необхідно, щоб опір кола збудження був меншим критичного значення. Ця умова обмежує можливий діапазон регулювання струму збудження, а отже, і напругу генератора шляхом зміни $r_{\text{в}}$, що можливе лише до $(0,6 \div 0,7) U_{\text{ном}}$.

Для генераторів, які приводяться в обертання від осі колісної пари, існує ще і три додаткових умови самозбудження. При розгоні поїзда до досягнення частоти обертання n_{min} генератор повинен працювати при холостому ході. Якщо під час розгону до генератора підключити велике навантаження, то внаслідок значного падіння напруги в якорі напруга на його затискачах на початку розгону знизиться майже до нуля і процес самозбудження не почнеться. Отже, в системі електрозабезпечення повинна бути передбачена апаратура, яка запобігає можливості підключення до генератора навантаження при $n < n_{\text{min}}$.

Опір кола збудження повинен бути нижче критичного для кожної даної частоти обертання. Тому для швидкого збудження генератора рекомендується при розгоні поїзда не вводити в коло збудження ніяких додаткових резисторів.

Якщо зменшити частоту обертання n , то відповідно зміститься вниз характеристика холостого ходу (рис. 5.2, б), зменшиться опір. Так, для частоти обертання n_2 критичний опір відповідає прямій OA_2 з кутом $\gamma_2 - \gamma_3$. Отже, для кожного опору кола збудження генератора можна підібрати таку частоту обертання n , при якій цей опір стане критичним. Ця частота обертання називається “мертвою”. Очевидно, що “мертва” частота обертання для самої обмотки збудження – це частота, нижче якої неможливий процес самозбудження в генераторі. З

цієї причини в деяких системах для прискорення збудження генератора при розгоні поїзда на обмотку збудження подають живлення від акумуляторної батареї за допомогою відповідного реле.

При зміні напрямку обертання якоря генератора напрямок струму в обмотці збудження повинен залишатися незмінним; тоді створюваний цією обмоткою магнітний потік не знищить потік залишкового магнетизму. В генераторах звичайного типу це досягається переключенням проводів, які приєднують обмотку збудження до щіток машини. В генераторах з поворотною щітковою траверсою ніяких перемикачів обмотки збудження проводити не треба, так як у них полярність щіток не змінюється.

Зовнішні характеристики. Зовнішньою характеристикою генератора (рис. 5.3, а) називається залежність напруги U від струму навантаження I_H при незмінній частоті обертання n та незмінному опорі r_B кола збудження. Напряга генератора $U = E - I_A r_A = C_E \Phi_n - I_A r_A$.

люсов);

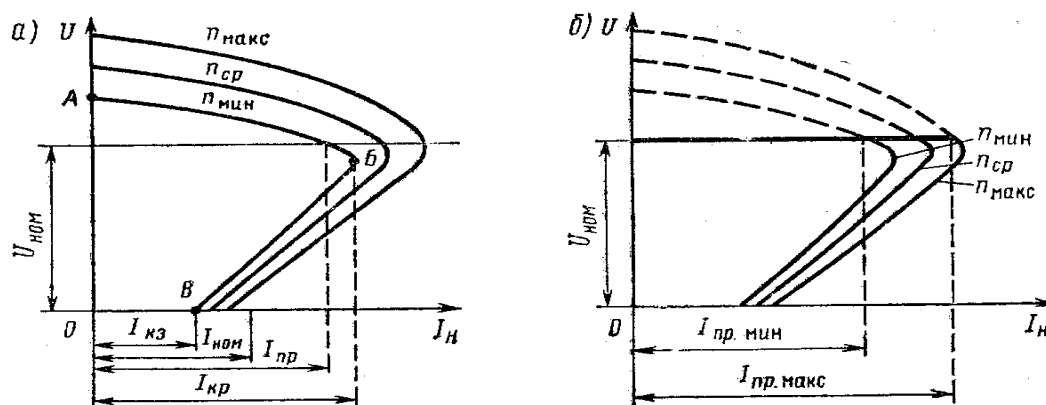


Рис. 8. Внешние характеристики при работе генератора без регулятора

Рис. 5.3. Зовнішні характеристики при роботі генератора без регулятора напруги (а) та з регулятором (б)

При збільшенні струму навантаження I_H , а отже, і струму якоря I_A напруга зменшується за такими причинами:

- в результаті втрати напруги $I_A r_A$ на внутрішньому опорі r_A кола якоря (опір обмоток якоря та додаткових полюсів);
- внаслідок зменшення ЕРС E в результаті розмагнічуючої дії реакції якоря, під якою розуміють дію на режим роботи

машини потоку якоря $\Phi_{\text{я}}$, утвореного струмом $I_{\text{я}}$, при цьому магнітний потік Φ машини при навантаженні стає меншим потоку Φ_0 при холостому ході;

- через зменшення струму збудження $I_{\text{в}} = U/r_{\text{в}}$, а отже, і потоку $\Phi_{\text{в}}$, який утворюється обмоткою збудження, внаслідок зменшення напруги U генератора.

Для генераторів з паралельним збудженням зміна напруги при переході від режиму холостого ходу до номінального навантаження становить 5-10%. Генератор може працювати стійко тільки на ділянці АБ зовнішньої характеристики. Робочою є початкова її ділянка до номінального струму $I_{\text{ном}}$. Ділянка БВ характеристики відповідає нестійкій роботі генератора і при досягненні критичного струму $I_{\text{кр}}$ генератор, розмагнічуючись, переходить в режим короткого замикання, який відповідає точці В. В цьому режимі напруга генератора і струм збудження дорівнюють нулю, внаслідок чого струм короткого замикання $I_{\text{кз}}$ утворюється тільки за рахунок ЕРС залишкового магнетизму. З цієї причини усталений струм $I_{\text{кз}}$ в більшості випадків не перевищує номінальний струм. Ударний струм короткого замикання (струм, який виник при перехідному процесі в момент короткого замикання) може бути в декілька разів більшим номінального.

При роботі генератора сумісно з РНГ до деякого граничного струму регулятор підтримує напругу генератора практично незмінною (рис. 5.3, б). Тільки після досягнення $I_{\text{кр}}$ регулятор РНГ перестає стабілізувати напругу і генератор переходить на роботу за природною частиною відповідної характеристики. Робота його буде стійка до точки Б і нестійка від точки Б до точки В. При найменшій частоті обертання n_{min} струм $I_{\text{прmin}}$ близький до критичного і для вагонних генераторів становить приблизно 100-110% номінального $I_{\text{ном}}$. Отже, при $n_{\text{ном}}$ ці генератори не мають запасу потужності. Із збільшенням частоти обертання до найбільшої граничний струм досягає величини $I_{\text{прmax}} = (2 \div 4) I_{\text{ном}}$.

Регулювальні характеристики. Кожна із регулювальних характеристик генератора, які отримані при різних частотах обертання (рис. 5.4, а), є залежністю струму збудження $I_{\text{з}}$ від струму навантаження $I_{\text{н}}$ при незмінній напрузі U та постійній

частоті обертання n . Регулювальна характеристика показує, як потрібно змінювати струм в обмотці збудження генератора, щоб напруга його при зміні струму навантаження була постійною. Доки генератор працює при навантаженнях, які не перевищують номінальне, тобто на похилій початковій частині зовнішньої характеристики, напруга його зменшується порівняно мало і струм збудження повинен зростати незначно. При подальшому збільшенні навантаження напруга генератора починає різко падати, значить струм збудження повинен сильно збільшуватися. Точки A_1, A_2, A_3 регулювальних характеристик відповідають режиму холостого ходу. За регулювальними характеристиками можна визначити найбільший та найменший струм збудження, необхідний для стабілізації напруги генератора на рівні $U_{ном}$ при змінюванні частоти обертання та навантаження. Найменший струм $I_{зmin}$ відповідає найбільшій частоті обертання n_{max} та холостому ходу машини, найбільший струм $I_{зmax}$ – найменшій частоті обертання n_{min} та номінальному навантаженню $I_{ном}$.

Швидкісні характеристики. Ці характеристики (рис. 5.4, б) являють собою залежності струму збудження $I_з$ від частоти обертання n при постійній напрузі U на затискачах генератора та незмінному струмі навантаження. Звичайно їх будують для номінальної напруги генератора при холостому ході (крива 1) та номінальному навантаженні (крива 2). За цими кривими можна виділити струми $I_{зmin}$ та $I_{зmax}$, тобто діапазон змінювання струму збудження. Відношення $k_i = I_{зmax}/I_{зmin}$ називається коефіцієнтом регулювання струму збудження. Для сучасних генераторів пасажирських вагонів $k_i = 12 \div 15$.

карданним приводом.

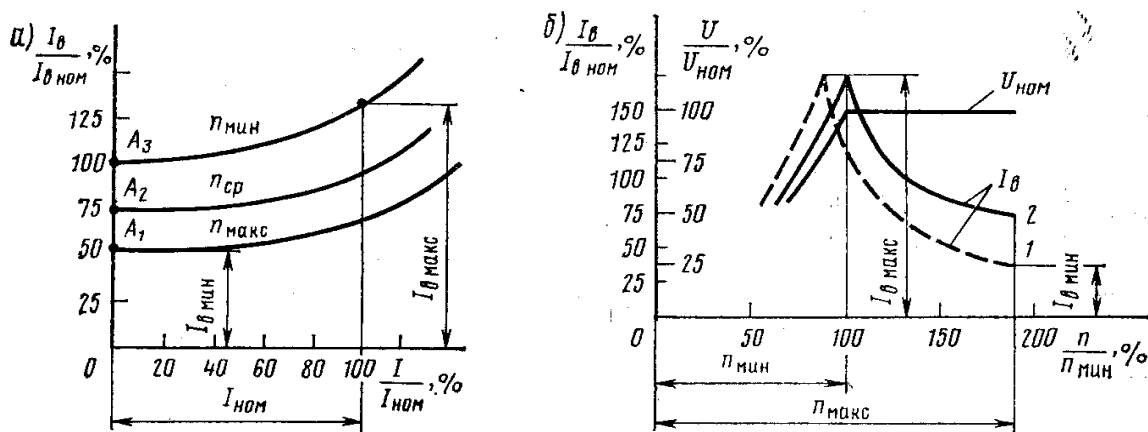


Рис. 9. Регулировочные (а) и скоростные регулировочные характеристики (б)

Рис 5.4. Регулювальні (а) та швидкісні характеристики (б)

Будова. Генератор типу **23/07.21**, його модифікації та однотипний з ним генератор PW-114а являє собою чотириполюсну машину закритого виконання (рис. 5.5). Корпус генератора литий. У верхній частині його є лапи для кріплення генератора до рами візка. Полюси складені з листової електротехнічної сталі і прикріплені до остова болтами. На полюсах є котушки обмотки збудження. Підшипниковий щит, встановлений з боку колектора, закритий знімним стрічковим кожухом, який дозволяє оглядати колектор та щітки. Якір генератора виконаний із ізольованих листів електротехнічної сталі, складених в сердечник, напресований на вал. Обмотка якоря – хвильова ступінчата, виконана з одновиткових секцій. Якірні котушки укладаються в пази сердечника якоря в два шари. Застосування ступінчатої обмотки сприяє покращенню комутації. Кінці секції обмотки якоря з'єднуються з відповідними пластинами колектора. Із боку, протилежного колектору, на валу якоря встановлена муфта для з'єднання генератора з редукторно-карданним приводом. Щітковий апарат генератора цього типу має особливу конструкцію. Щіткова траверса 5 встановлена на підшипниковому щиті 2 і може вільно обертатися на його втулці на 90° . При зміні напрямку обертання якоря траверса під дією сили тертя щіток об колектор повертається на 90° і щітки змінюють своє положення відносно полюсів (зміщуються на одну полюсну поділку) і в результаті цього полярність щіток залишається незмінною. У генераторі змонтовано чотири щіткоутримувачі, в кожному з яких встановлено по одній щітці марки EG-14. Протилежно розташовані щіткоутримувачі з'єднуються між собою попарно і проводи від них виводяться до вивідних затискачів.

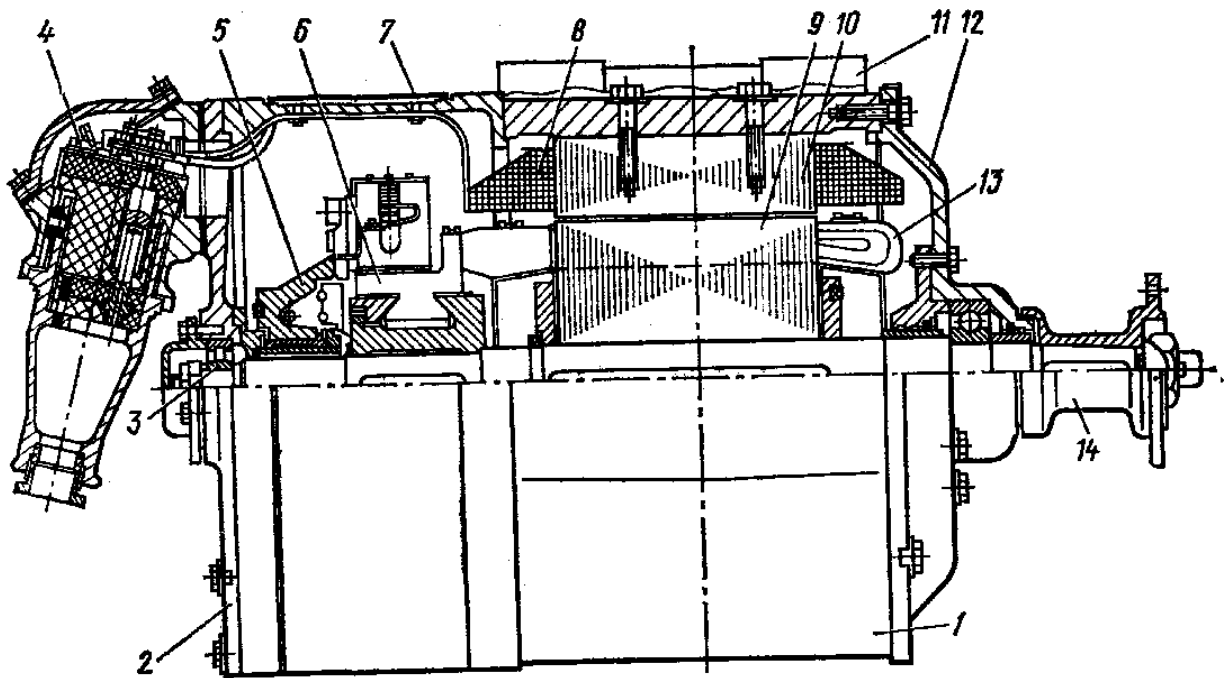


Рис. 5.5. Будова генератора 23/07.21:

1 – корпус; 2, 12 – підшипникові щити; 3 – шарико-підшипник; 4 – штепсельний рознімач; 5 – щіткова траверса; 6 – колектор; 7 – знімний кожух; 8 – обмотка збудження; 9 – якір; 10 – полюс; 11 – лапи; 13 – обмотки якоря; 14 – привідна муфта

Генератор **23/07.11** відрізняється від генератора 23/07.21 конструкцією кістяка і елементами закріплення. Цей генератор підвішується на рамі візка і приводиться в обертання за допомогою пасового привода. Для цього на його валу встановлюється шків, а у верхній частині корпусу закріплюють литу коробку, на якій змонтований вал для підвішування генератора до рами вагона та пружина для натягування паса. Усі ці генератори є чотириполюсними машинами закритого виконання. Технічні дані їх подано в табл. 5.1.

На вагонах з кондиціонуванням повітря встановлюють агрегати, які складаються із генератора постійного струму і трифазного асинхронного двигуна для обертання генератора на стоянках. Генератор і електродвигун розташовані в одному корпусі, мають спільний вал і являють одну електричну машину.

Генератор **DUGG-28В** (рис. 5.6) має сталевий литий рознімний корпус, в частині 17 якого запресований пакет статора 7 асинхронного електродвигуна з обмоткою 5; а в другій частині 16 корпуса закріплені полюси генератора постійного струму; головні і додаткові, з відповідними обмотками 9 та 10. Агрегат має змішане збудження, агрегат К69НL – паралельне. На валу 2 машини встановлені ротор 6 асинхронного електродвигуна з короткозамкненою обмоткою типу “клітка білки”, якір 11 генератора постійного струму, колектор 12 та вентилятори 3 і 8, які забезпечують інтенсивне охолодження нагрітих частин машини.

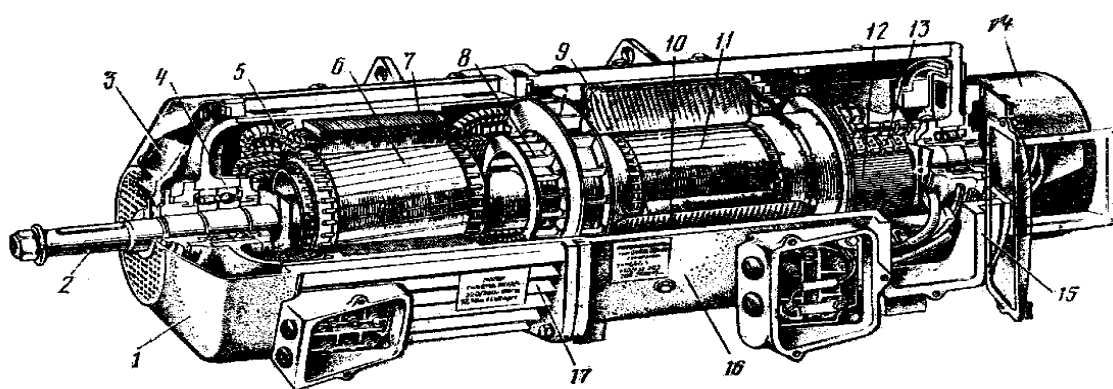


Рис. 5.6. Будова генератора DUGG-28В

З торців корпус закривається двома підшипниковими щитами 1 та 15, в яких змонтовано чотири щіткових пальці, на яких встановлені щіткоутримувачі 13 з щітками марки ЕГ-2А. Кінець вала 2 машини з'єднують з карданним валом привода. В агрегаті DUGG-28В з боку колектора змонтований спеціальний перемикач, закритий кожухом 14. Перемикач забезпечує збереження незмінної полярності напруги, яка подається на навантаження при зміні напрямку обертання генератора. Пуск приводного асинхронного двигуна звичайно здійснюють шляхом перемикачів обмотки статора із “зірки” на “трикутник”. В системі з агрегатом DUGG-28В необхідні перемикачів проводять за допомогою триполюсного перемикача, а в системі з агрегатом К694L – автоматично за допомогою реле часу. В початковий момент пуску вмикається триполюсний контактор К1, який

підключає обмотку статора ОС до кола, а потім двополюсний контактор К2, який здійснює з'єднання її за схемою “зірка”. Як відомо, при схемі “зірка” напруга, яка подається на фазу статора, буде в $\sqrt{3}$ разів меншою в порівнянні зі схемою “трикутник”, що забезпечує зниження пускового струму у лінійних проводах в три рази. Через 10 с після початку пуску, коли частота обертання ротора двигуна стане близькою до номінальної, а пусковий струм суттєво зменшиться, контактор К2 вимикається і вмикається триполюсний контактор К3, обмотка двигуна статора перемикається на нормальну схему “трикутник”.

Установлення генераторів на вагоні. Місце установлення генератора на вагоні визначається, в основному, його потужністю, габаритними розмірами та конструкцією привода. Генератори вагонів без кондиціонування повітря потужністю до 8-10 кВт мають відносно невеликі габаритні розміри, масу і закріплюються до кузова вагона або до візка (на поздовжній або поперечній балці). Генератори вагонів з кондиціонуванням повітря потужністю 20-30 кВт мають значну масу та габаритні розміри, що не дозволяє встановлювати їх на візок. Тому їх підвішують під кузовом вагона в середній частині його, закріплюючи на хребтовій балці.

Недоліки генераторів постійного струму. Генераторам цього типу притаманні загальні недоліки машин постійного струму: невисока надійність, необхідність старанного догляду за колектором та щітковим апаратом (періодична зміна щіток, чистка колектора та ін.). Це викликає ускладнення при експлуатації генераторів на вагонах, де утруднений систематичний догляд за колектором і щітковим апаратом. Необхідність мати спеціальні перемикачі полярності суттєво ускладнює конструкцію генератора.

5.2. Генератори змінного струму

В системах електрозабезпечення пасажирських вагонів широко застосовують індукторні генератори змінного струму.

Конструкція та принцип дії. На відміну від звичайного синхронного генератора індукторний генератор не має обмоток на роторі і кілець з щітками для підведення до нього струму. В

залежності від розташування обмотки збудження індукторні генератори поділяють на машини з осьовим та радіальним збудженням. Генератори ГСВ-2, ГСВ-8, 2ГВ-003 та 2ПВ-001 є машинами з осьовим збудженням. У цих машинах обмотку якоря 4 (рис. 5.7, а), в якій при обертанні ротора індукується змінна ЕРС, виконують нерухомою і закладають в пази статора 2. Обмотка збудження 5 також нерухома і виконана у вигляді двох кільцевих котушок, розташованих за межами пакета статора. Ротор 9 має поперечні зубці та пази, які утворюють ніби полюси машини. Магнітний потік $\Phi_{\text{п}}$, утворений кожною котушкою збудження, проходить, як показано штриховою лінією, вздовж по втулці 8 ротора, розходить в зубці ротора 9, через повітряний зазор 3 проникає в зубці статора 2, проходить через кістяк 1 в осьовому напрямку, а потім через підшипниковий щит 6 та повітряний зазор 7 знову входить у втулку 8. Потоки $\Phi_{\text{в}}$, утворені кожною котушкою обмотки збудження, направлені так, що через зубці статора і ротора вони проходять в одному напрямку, а по статору машини і втулці ротора – назустріч один одному. При обертанні ротора потік, який проходить через кожний зубець статора 2, буде змінюватися, так як магнітний опір цьому потоку змінюється в залежності від того, що знаходиться напроти зубця статора – зубець або паз ротора. В результаті в котушках обмотки якоря, які охоплюють зубці статора, буде індукуватись ЕРС. Генератор DCG-4435 є машиною з радіальним збудженням. У такій машині обмотка збудження утворює магнітний потік $\Phi_{\text{в}}$, який проходить через статор та ротор в радіальному напрямку. Обмотка якоря розташована в малих пазах пакета статора, а обмотка збудження – у великих пазах. При обертанні ротора його зубці переміщуються відносно зубців статора і в котушках, що охоплюють їх, обмотки якоря індукуються ЕРС.

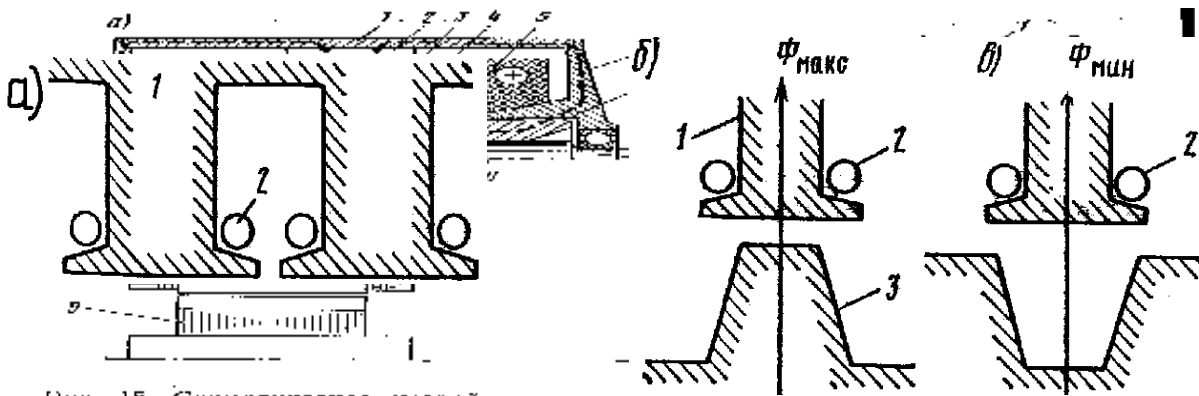


Рис. 5.7. Схематична будова індукторних генераторів змінного струму з осьовим (а) та радіальним (б) збудженням

В індукторному генераторі на відміну від звичайного синхронного магнітний потік, який пронизує котушки обмотки якоря, протягом періоду T з відповідного зубцевого поділу t_p ротора не змінює свого знака. Він тільки змінюється в межах від $\Phi_{\text{макс}}$ до $\Phi_{\text{мин}}$ (рис. 5.8, а). Коли при обертанні ротора його зубець 3 встановлюється проти зубця 1 статора, котушку 2 пронизує потік $\Phi_{\text{макс}}$ (рис. 5.8, б). Коли ж проти зубця статора встановлюється паз ротора, цю котушку пронизує потік $\Phi_{\text{мин}}$ (рис. 5.8, в). Це рівносильно зміні магнітного потоку з амплітудою $\Phi_m = 0,5 (\Phi_{\text{макс}} - \Phi_{\text{мин}})$.

Частота зміни ЕРС, яка індукується в обмотці якоря,

$$f = pn/60 = z_p n/60, \quad (5.4)$$

де p – число пар полюсів, яке дорівнює числу зубців ротора z_p (кожна пара зубець – паз еквівалентна двом полюсам).

У вагонних генераторах змінного струму на роторі є 6-12 зубців (12-24 полюси). Тому частота змінного струму в них у залежності від частоти обертання ротора становить 100-600 Гц.



залежності від числа та кроку зубців ротора. Так, наприклад, якщо число зубців 1-3 та зубцевих поділів статора $t_{ст}$, які припадають на одне зубцеве ділення ротора t_p , дорівнює трьом, то ЕРС, що індукуються у двох сусідніх котушках, які розташовані одна від одної на одне зубцеве ділення статора $t_{ст}$, будуть зсунуті по фазі на $1/3$ періоду T і три котушки 4,5 та 6 створять трифазну систему напруг. При переміщенні зубця ротора відносно зубців статора зліва направо (як показано стрілкою) потоки Φ_1 , Φ_2 та Φ_3 будуть змінюватись. Так як індукована ЕРС $l = -\omega_k d\Phi/dt$ пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, то в котушках 4,5 та 6 будуть індукуватися змінні ЕРС прямокутної форми (рис. 5.8, б). В дійсності магнітні потоки Φ_1 , Φ_2 та Φ_3 мають більш складну форму, так як через насичення сталі зубців вони частково проходять через бокові стінки зубців ротора і статора. Тому й індуковані ними ЕРС також будуть відрізнятися від прямокутних. Як відомо, несинусоїдальну ЕРС можна розкласти на ряд гармонічних складових. Перші (основні) гармоніки ЕРС l_1 , l_2 та l_3 показані штриховими лініями на рис. 5.8, б; вони зсунуті по фазі одна відносно іншої на $1/3$ періоду. Вищі гармоніки здійснюють порівняно невеликий вплив на роботу електричних споживачів вагона, так як вони живляться випрямленою напругою, яка мало змінюється за часом.

В індукторному генераторі є декілька таких груп із трьох котушок, розташованих одна від одної на одну поділку ротора;

ЕРС у всіх котушках різних груп, відстань між якими дорівнює зубцевому поділу ротора, будуть збігатися за фазою, що дозволяє з'єднувати їх послідовно або паралельно, тобто з них може бути утворена трифазна обмотка якоря. У той час, як магнітний потік, який пронизує кожен зубець, тобто кожен котушку обмотки статора, змінюється, сумарний потік в статорі $\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$, який утворюється всіма котушками, не змінюється, оскільки збільшення потоку в одних зубцях статора компенсується зменшенням його в інших зубцях. В результаті магнітний потік, який проходить по статору, підшипникових щитах та втулці ротора, буде постійним і в котушках обмотки збудження не індукуються змінна ЕРС.

Перша гармоніка ЕРС, яка індукуються в кожній фазі обмотки якоря при холостому ході (діюче значення), складає

$$E_0 = c_E f \Phi_m, \quad (5.5)$$

де c_E – постійний коефіцієнт, який визначається конструктивними параметрами даної машини, але не залежний від режиму її

роботи, $c_E = 2,22 \frac{N_\phi \omega_k k_{об}}{a}$;

N_ϕ – число котушок у фазі обмотки якоря;

ω_k – число витків у кожній котушці;

$k_{об}$ – обмотковий коефіцієнт, який враховує просторовий зсув між окремими котушками фази та технологічні неточності розташування котушок в різних групах обмотки якоря;

a – число паралельних гілок у фазі;

$$\Phi_m = 0,5(\Phi_{max} - \Phi_{min}). \quad (5.6)$$

В системах з генератором змінного струму навантаження підключається до обмоток якоря через випрямлячі (див. далі).

Різновиди генераторів. В залежності від потужності вагонних споживачів, року випуску та заводу-виготовлювача генератори мають різні модифікації та конструкційні особливості.

2ГВ-003 і ГСВ – індукторні 12-полюсні машини закритого виконання (рис. 5.9). Генератор має корпус 1 з лапами 2 або плитою для монтажу генератора під вагоном або на візку.

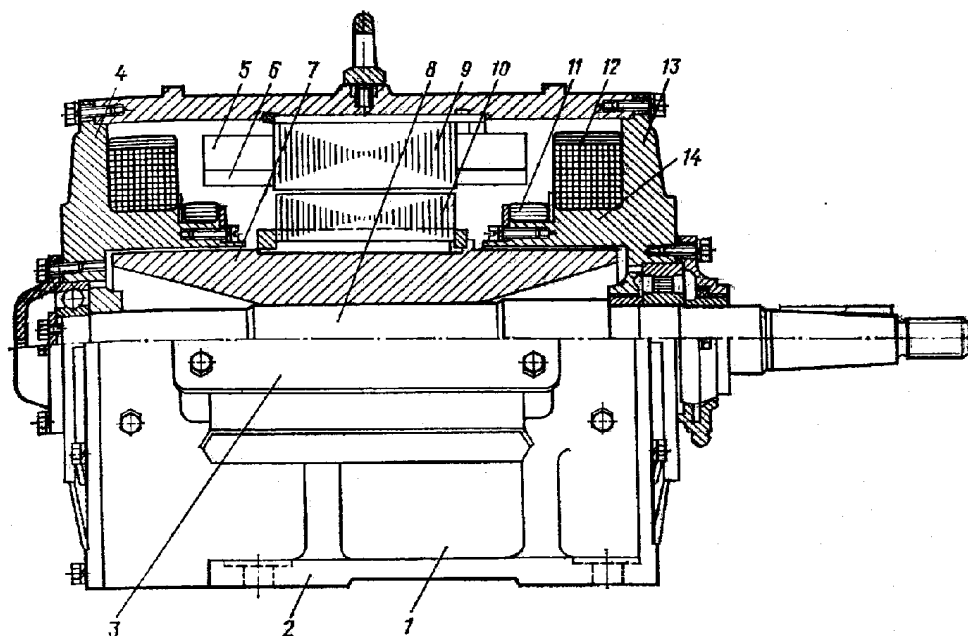


Рис. 5.9. Будова генератора 2ГВ-003

На каркасі знаходяться ребра для повітряного охолодження машини. Статор 9 виконаний з листової електротехнічної сталі, ізолюваний лаковою плівкою та запресований в корпус. Статор має 18 пазів, у які вкладаються котушки 5 та 6 обмотки якоря (основна трифазна і вольтододаткова однофазна або трифазна). Виводи від обмоток якоря підключаються до затискачів панелі, яка встановлюється в коробці 3. Підшипникові щити 4 та 13 закріплюються на корпусі болтами, у них встановлені підшипники кочення. Кільцеві приливи щитків служать для встановлення двох пар послідовно з'єднаних котушок обмотки збудження: паралельної 12 та послідовної 11. Ротор генератора виконаний у вигляді сердечника 10, складеного з листів електротехнічної сталі, які ізолювані один від одного. Він має шість зубців, тобто 12 полюсів. Сердечник ротора напресовується на втулку 7, закріплену на валу 8 ротора. Втулка ротора є частиною магнітопроводу генератора і повинна мати достатньо

великий переріз. В цих генераторах кільцеві приливи 14 підшипникових щітків також мають розвинуту поверхню, так як через них проходить магнітний потік збудження. Генератори 2ГВ та ГСВ різних модифікацій мають приблизно однотипну конструкцію і відрізняються будовою вузла підвіски генератора до вагона, конструкцією підшипникових вузлів, розташуванням і кількістю обмоток збудження та способом закріплення ротора. Загальний вигляд генератора 2ГВ.003 зображено на рис. 5.10.



Рис. 5.10. Загальний вигляд генератора 2ГВ.003

Технічна характеристика генератора 2ГВ.003

Напруга обмоток, В:

основної	45
додаткової	24
паралельної	28

Номінальна потужність обмоток генератора, кВт:

основної	9,45
додаткової	0,75

Номінальний струм обмоток генератора, А:

основної	121
додаткової	31,5
паралельної	147

Кількість фаз обмоток:	
основної	3
додаткової	1
Частота обертання ротора, об/хв:	940-4000
ККД при 2000 об/хв, %	89
Маса, кг	247-273

2ГВ.008.2У1 – індукторний трифазний генератор потужністю 8 кВт при швидкості обертання від 550 до 2500 об/хв. Призначений для встановлення на пасажирські вагони з номінальною напругою 50 В.

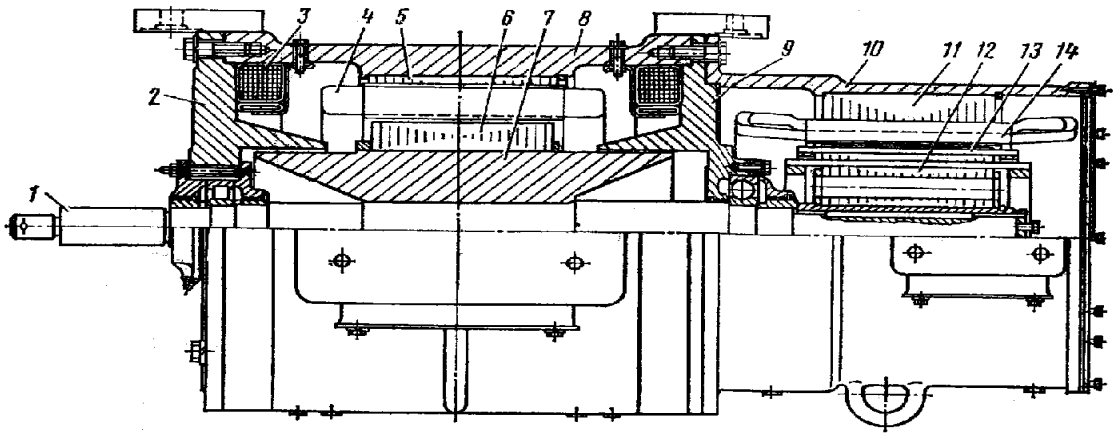
2ГВ.008.12 У1 – індукторний трифазний генератор потужністю 12 кВт при швидкості обертання від 500 до 2500 об/хв. Призначений для встановлення на пасажирські вагони з номінальною напругою 110 В.

2ГВ.13У1 – індукторний трифазний генератор потужністю 32 кВт при швидкості обертання від 950 до 3400 об/хв. Призначений для встановлення на пасажирські вагони з номінальною напругою 110 В. Галузь використання даних модифікацій:

- при проведенні капітально-відновлювальних ремонтів всіх типів вагонів, а також швидкісних вагонів нового покоління;
- для вагонів з неповним кондиціонуванням та вагонів повним кондиціонуванням підвищеної комфортності;
- для вагонів з автономним енергопостачанням 8, 10, 16, 32 кВт і вагонів з централізованим енергопостачанням зі статичним перетворювачем 12 або 35 кВт.

2ПВ-001 – двомашинний агрегат, який зображено на рис. 5.11.

Він складається з індукторного генератора та приводного електродвигуна, які змонтовані в загальному корпусі та мають спільний вал. Конструкція генератора подібна генератору 2ГВ-003; ротор його має вісім зубців, тобто 16 полюсів; електродвигун асинхронний з короткозамкнутим ротором.



56

Рис. 5.11. Будова генератора 2ПВ-001:

1 – вал; 2,9 – підшипникові щити; 3 – обмотка збудження;
 4 – обмотка якоря; 5 – статор генератора; 6 – ротор генератора;
 7 – втулка ротора; 8 – корпус генератора;
 10 – корпус двигуна; 11 – статор двигуна; 12 – ротор двигуна;
 13 – обмотка ротора; 14 – обмотка статора

ДСГ-4435 – індукторна машина з радіальним збудженням. Ротор має 12 зубців, тобто 24 полюси.

ГИР101У1 (ЭГВ.08У1) – індукторна електрична машина захищеного виконання (рис. 5.12), зі збудженням від допоміжної обмотки, розташованої в спеціальних пазах статора, через систему регулювання, з самовентиляцією. Генератор призначений для електропостачання пасажирського вагона з кондиціонуванням повітря. Потужність генератора забезпечує одночасне функціонування електроспоживачів у номінальних режимах.

ЭГВ-32У1 – індукторний генератор (рис. 5.13) для пасажирських вагонів з сумарною потужністю споживачів до 32 кВт. Обмотки (якорні та збудження) розташовані на статорі.

Основні технічні характеристики деяких з поданих генераторів зведені в табл. 5.2.



Рис. 5.12. Загальний вигляд генератора ЭГВ.08У1



Рис. 5.13. Загальний вигляд генератора ЭГВ.08У1

Переваги та недоліки генераторів змінного струму. Перевагою індукторного генератора є те, що на частині, яка обертається, немає обмоток, підведення струму до них здійснюється через ковзні контакти. Внаслідок цього суттєво підвищується надійність роботи та спрощується обслуговування машини. Проте через велику довжину шляху магнітного потоку розміри обмотки збудження повинні бути більші, ніж в генераторах постійного струму. Крім того, в генераторах з осьовим збудженням в магнітне коло машини включаються підшипникові щити та втулки ротора, поперечний переріз яких повинен бути достатнім для пропускання повного магнітного

поток. Це також приводить до збільшення габаритних розмірів та маси генератора.

Таблиця 5.2

Технічні характеристики вагонних генераторів змінного струму

Параметри	Генератори				
	ГСВ-2; ГСВ-8	2ПВ- 001	DCG- 4435	ГИР 101У1 (ЭГВ.08У1)	ЭГВ- 32У1
Номинальна тривала потужність, кВА	5,8/2,2*	30	35	35	35
Номинальна напруга, В	48/15*	150	150	116	116
Номинальний струм, А	70/85*	135	155	180	174- 220
Діапазон робочої частоти обертання, об/хв	1000- 4000	550- 3000	1000- 3400	1000-3400	750- 3450
Діапазон зміни частоти струму, Гц	100- 400	100- 400	200- 680	180-680	150- 690
Маса, кг	200	930	720	710	570
* Для вольтододадкової обмотки					

5.3. Силові випрямлячі

Для випрямлення змінного струму, який виробляється генератором змінного струму, застосовуються дві групи випрямлячів В1 та В2. Основний випрямляч В1 (рис. 5.14, а) складається із шести кремнієвих діодів В2-200, які складені за трифазною мостовою схемою, номінальна вихідна напруга випрямляча 50 В, випрямлений тривалий струм при обдуві радіаторів діодів повітрям із швидкістю 4,5 м/с складає 160 А. Обдув їх здійснюється потоком зустрічного повітря при русі поїзда, для цього в корпусі випрямляча передбачені вентиляційні отвори.

Вольтододадковий випрямляч В2 складається з двох діодів В2-200, розрахованих на номінальний тривалий струм без обдуву 50 А, і номінальну напругу 100 В. У системі з генератором 2ПВ-001 застосовується трифазний мостовий випрямляч, в кожне плече якого включені по два паралельно з'єднаних діоди В2-200.

Такий же випрямляч використовують і в системі з генератором DCG-4435, в кожне його плече входить по одному кремнієвому діоду. Для захисту діодів від перенапруг, які виникають при комутації струму у випрямлячі, паралельно кожному плечу випрямляча або між кожними двома фазами генератора встановлені RC-кола, які складаються із послідовно з'єднаних резистора та конденсатора.

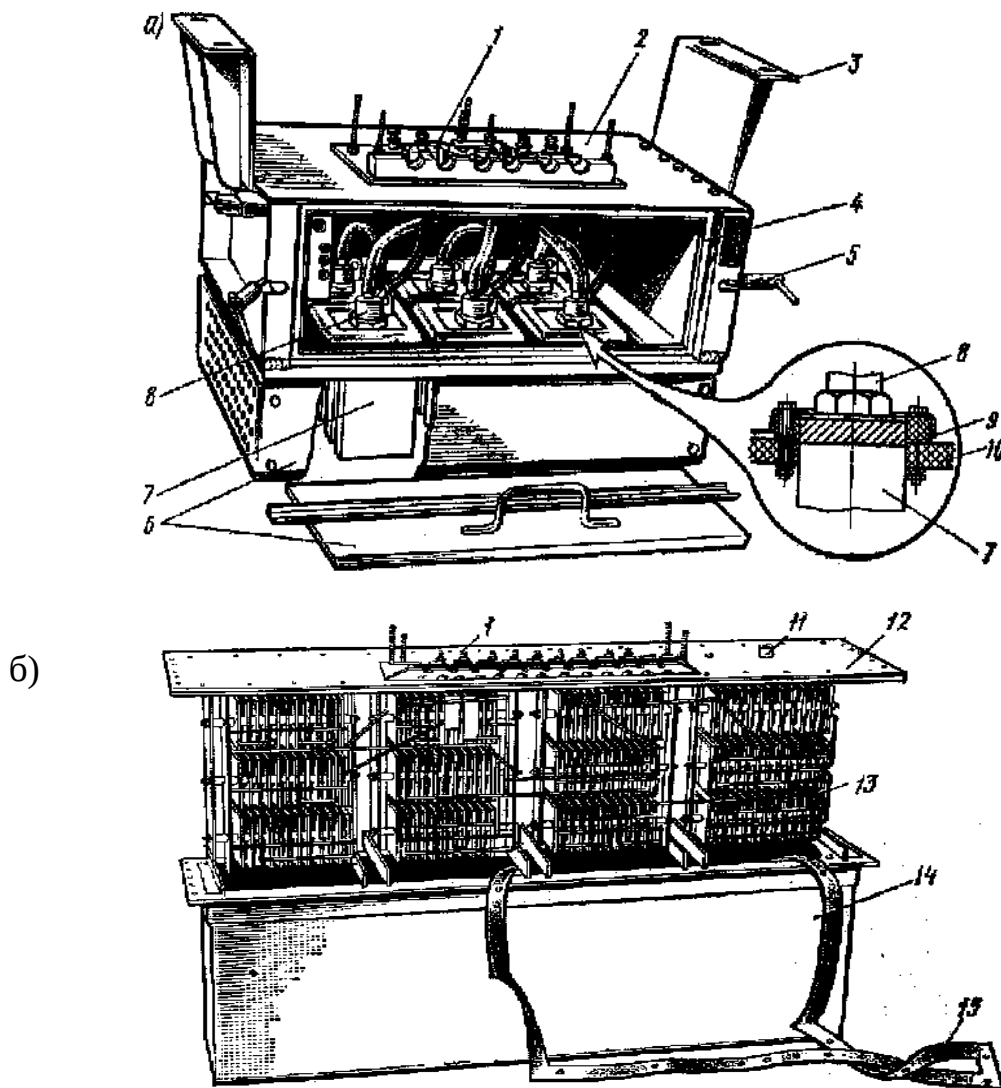


Рис. 5.14. Будова силових випрямлячів з кремнієвими (а) та селеновими (б) діодами:

1 – вивідні затискачі; 2 – кожух; 3 – кронштейни; 4 – гумові ущільнюючі кожухи; 5 – замок; 6 – кришки кожуха; 7 – радіатори діодів; 8 – діоди; 9 – гумові ущільнювачі діодів; 10 – ізоляційна

панель; 11 – пробка для випуску повітря з бака; 12 – кришка бака; 13 – селенові стовпи; 14 – бак; 15 – гумове ущільнення кришки

На вхід випрямляча В1 від обмотки якоря Я1 генератора подаються фазні ЕРС, e_A , e_B , e_C (рис. 5.15, а). Струм через кожен діод проходить протягом однієї третини періоду T змінного струму. В катодній групі діодів (V1, V3, V5) струм пропускає той діод, у якого в даний момент часу анод має найбільш високий потенціал, а в анодній групі (V2, V4, V6) – той діод, у якого катод має найбільш низький потенціал. Протягом $1/3$ періоду діод однієї групи (наприклад, V1) працює по чергово протягом $1/6$ періоду з двома діодами другої групи (V4, V6), з'єднаними з іншими фазами генератора. Тому випрямлена напруга U_d має шість пульсів за період. Графіки зміни струмів, які проходять через вентилі V1, V4 та V6, показані на рис.5.15, б, для ідеалізованого випадку, коли індуктивність у колі випрямленого струму $L_d = \infty$ (повністю згладжений струм). При цьому струм, який проходить через кожен діод, дорівнює середньому значенню випрямленого струму I_d в колі навантаження. Ця умова близька до дійсності, так як навантаження має більшу індуктивність, внаслідок чого струм навантаження $I_n = I_d$ і в більшості випадків може бути прийнятий постійним.

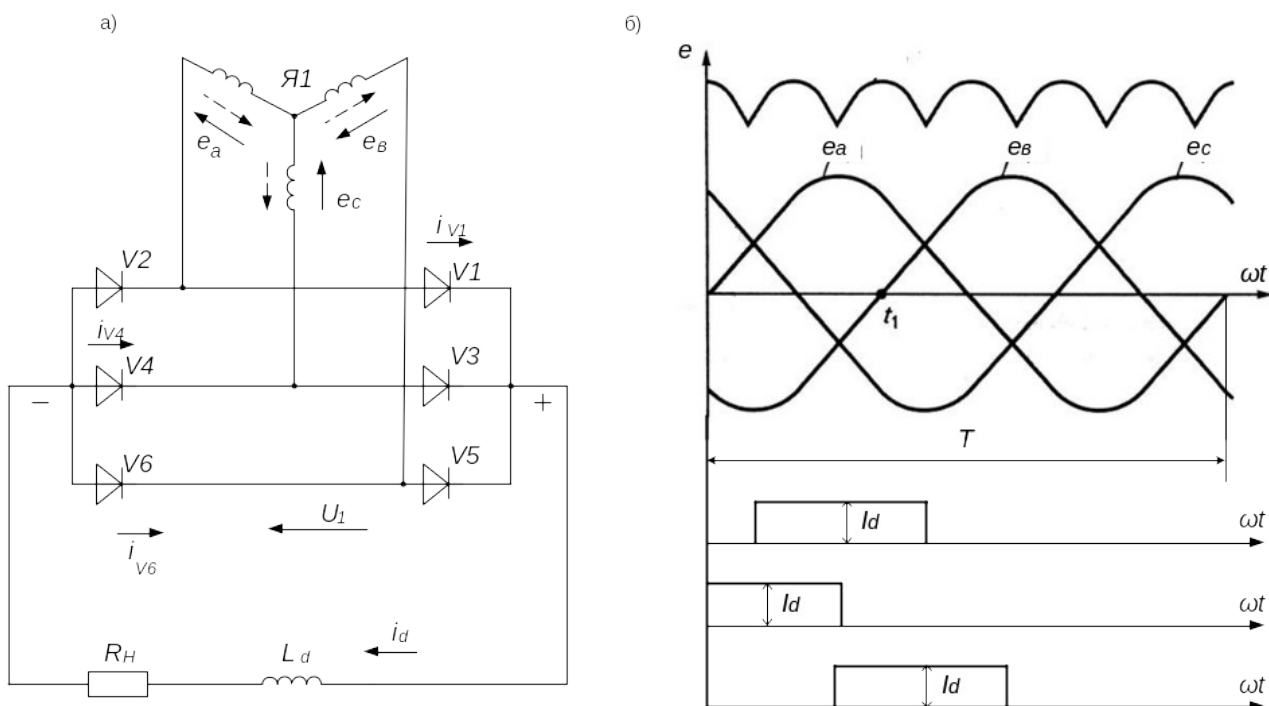


Рис. 5.15. Графіки зміни потоків та ЕРС у фазах обмотки якоря

трифазного генератора

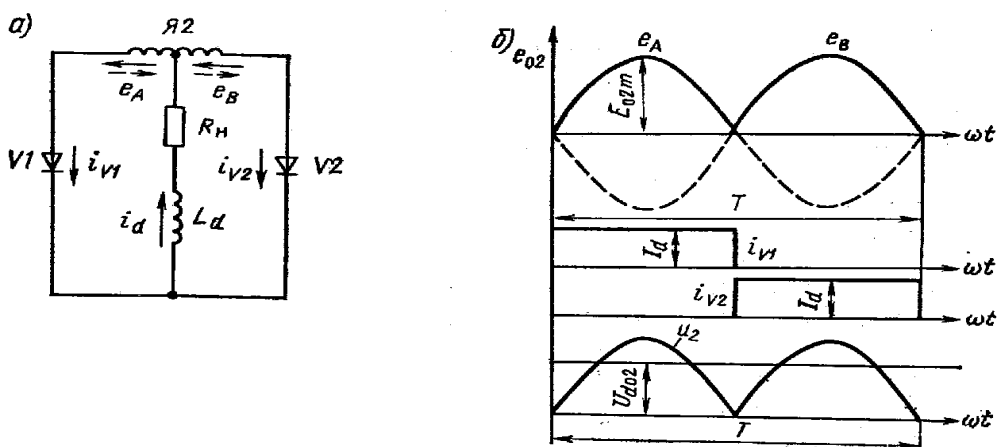
Середнє значення випрямленої напруги для мостової схеми при холостому ході в загальному випадку буде

$$U_{d0} = (\sqrt{2}E_L \sin \pi / m) / \pi / m, \quad (5.7)$$

де E_L – лінійне значення ЕРС генератора на вході випрямляча;
 m – число плечей випрямляча.

У трифазному мостовому випрямлячі $m=6$ і $E_L = \sqrt{3} \cdot E_{01}$, тому маємо $U_{d01} = 2,34 \cdot E_{01}$ (E_{01} – ЕРС, яка індукується у фазі обмотки якоря при холостому ході).

У генераторі 2ГВ-003 випрямляч В2 виконаний за однофазною нульовою схемою. На вхід його подаються фазні ЕРС e_A та e_B (рис. 5.16) і струм проходить через кожен вентиль протягом одного півперіоду і випрямлена напруга U_d має два імпульси за період. Середнє значення цієї напруги при холостому ході $U_{d02} = 0,9 \cdot E_{02}$ (де E_{02} – ЕРС, яка індукується у фазі обмотки якоря Я2). Робота індукторного генератора на випрямляч має деякі особливості. При роботі генератора в схемі, на виході якої увімкнений випрямляч, струм у фазах обмотки якоря є несинусоїдальним. В ідеалізованому випадку струми фаз мають прямокутну форму і перехід струму із однієї фази в іншу проходить миттєво.



52

Рис. 5.16. Трифазна мостова схема випрямлення (а) та графіки ЕРС струмів випрямленої напруги (б)

Графіки зміни струмів i_A , i_B , i_C у фазах обмотки якоря Я1 і Я2 генератора 2ГВ-003 для випадку, який розглядається, показані штриховими лініями на рисунках 5.17,а і 5.18,а. В дійсності через наявність індуктивності фаз перехід струму від однієї фази обмотки до іншої не може відбуватися миттєво. Тому протягом часу, який відповідає куту γ , струм проходить через два вентиля і дві фази; в одній він збільшується від нуля до значення випрямленого струму I_d , а в другій зменшується (суцільні лінії). Процес переходу струму з одного вентиля випрямляча на другий називається комутацією, а кут γ – періодом комутації.

При розгляді вказаних графіків легко розгледіти, що в період комутації вентилів, які включені, наприклад, у фази А і В, миттєве значення випрямленої напруги $U_d=0,5 \cdot (e_A - e_B)$, тобто менше, ніж при відсутності комутації.

Отже, процес комутації приводить до зменшення середнього значення випрямленої напруги U_d при навантаженні в порівнянні з його значенням U_{d0} при холостому ході і до збільшення пульсацій у кривій випрямленої напруги. Графіки зміни вихідної напруги U_1 та U_2 випрямлячів показані товстими лініями на рис. 5.17, б та рис. 5.18, б. Заштриховані ділянки відповідають падінню напруги ΔU_γ , обумовленому комутацією струму у випрямлячі. Чим більший струм навантаження випрямляча I_d та індуктивний опір фази обмотки якоря генератора x_γ , тим більша ΔU_γ і менша випрямлена напруга U_d .

Випрямлена напруга на виході випрямлячів В1 і В2 при роботі генератора під навантаженням з урахуванням комутації струму у випрямлячі

$$\left. \begin{aligned} U_{d1} &= 2.34 U_{B_{x1}} - 3I_d x_{k1} / \pi \\ U_{d2} &= 0.9 U_{B_{x2}} - 2I_d x_{k2} / \pi \end{aligned} \right\} \quad (5.8)$$

де $U_{B_{x1}}$ і $U_{B_{x2}}$ – фазні напруги обмоток Я2 і Я1 генератора на вході випрямлячів В1 і В2;

x_{k1} та x_{k2} – індуктивні опори фаз цих обмоток в режимі комутації.

При цьому інші члени рівнянь (5.8) являють собою падіння напруги ΔU_γ . Для визначення напруг $U_{B_{x1}}$ та $U_{B_{x2}}$ розглянемо режим роботи генератора при підключенні до нього

навантаження. В цьому випадку по обмотці якоря протікає струм $I_{я}$, який зсунутий відносно напруги $U_{вх}$ на деякий кут φ , який залежить від характеру навантаження. Струм $I_{я}$ створює магнітний потік $\Phi_{я}$, який індукує в обмотці якоря ЕРС $E_{я}$, остання створює в полі якоря індуктивне падіння напруги $I_{я} x_{я}$. Дія потоку якоря $\Phi_{я}$ на результуючий потік машини, а отже, на напругу генератора називається реакцією якоря. При активно-індуктивному навантаженні потік $\Phi_{я}$ розмагнічує машину, тобто приводить до зменшення напруги $U_{вх}$ з ростом струму навантаження. Крім того, в колі якоря виникає активне падіння напруги $I_{я} r_{я}$. Звичайно $x_{я} \gg r_{я}$, тому

$$U_{вх} = E_0 - jI_{я} x_{я} . \quad (5.9)$$

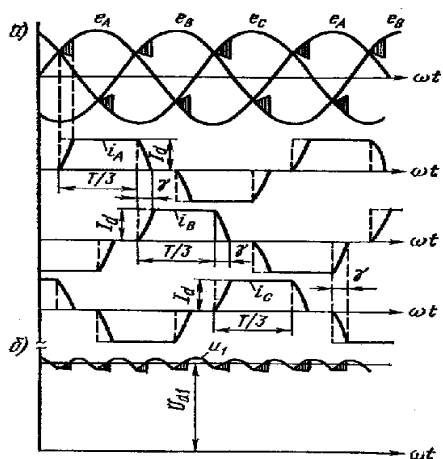


Рис. 5.17. Графіки ЕРС, струмів у фазах обмотки Я1 та випрям-леної напруги з врахуванням комутації

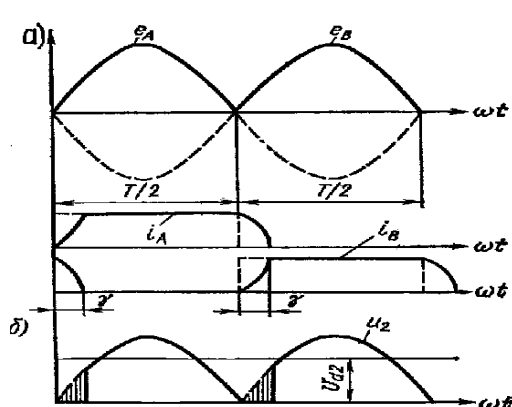


Рис. 5.18. Графіки ЕРС, струмів у фазах обмотки Я2 та випрям-леної напруги з врахуванням комутації

Векторна діаграма індукторного генератора, побудована за рівнянням (5.8), показана на рис. 5.19, а. Діаграма показує, що напруга $U_{вх}$ зменшується при зростанні струму навантаження генератора і кута φ .

Одночасно зростає кут φ та кут навантаження θ . Отже, в результаті падіння напруг $I_{я} x_{я}$ та ΔU_V напруги U_{d1} та U_{d2} при навантаженні будуть меншими їх значень U_{d01} та U_{d02} при холостому ході.

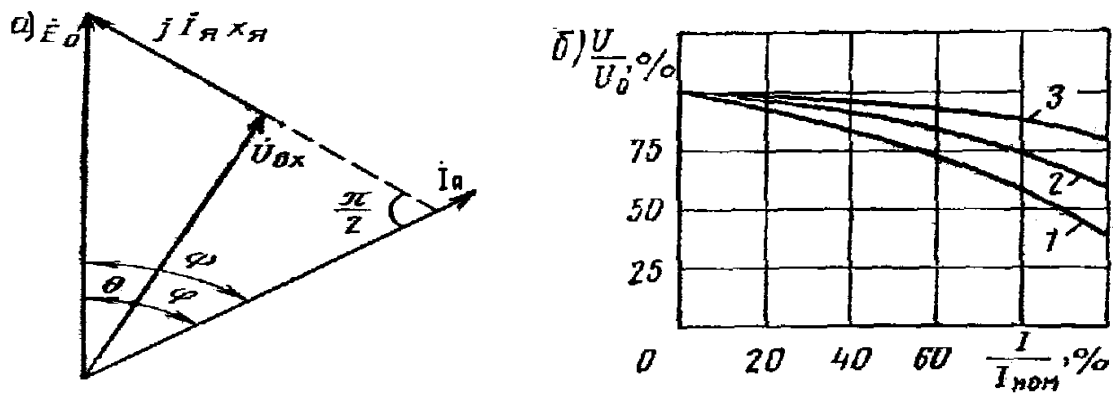


Рис.5.19. Векторна діаграма індукторного генератора (а) та його характеристики (б)

Реакція якоря в індукторному генераторі здійснює значно більшу розмагнічуючу дію, ніж у звичайному синхронному генераторі та машині постійного струму. Тому з ростом навантаження напруга у нього падає значно сильніше (крива 1, рис. 5.19, б), ніж, наприклад, у генераторі постійного струму з паралельним збудженням (крива 2). Для запобігання різкому зниженню напруги та полегшення умов роботи регулятора напруги в генераторах 2ГВ-003, ГСВ та 2ПВ-001 є послідовна обмотка збудження, по якій протікає струм навантаження. Магнітний потік цієї обмотки індуктує в обмотці якоря додаткову ЕРС, яка компенсує зниження напруги від дії реакції якоря (крива 3). Під час розгону поїзда, коли споживачі живляться від акумуляторної батареї, струм навантаження протікає по послідовній обмотці збудження. Це сприяє самозбудженню генератора, так як магнітний потік послідовної обмотки підмагнічує машину.

Питання для самоконтролю

1. Які типи та види генераторів використовуються у пасажирських вагонах?
2. Які характеристики генераторів називаються зовнішніми, регульовальними, швидкісними та холостого ходу?
3. Який принцип дії і будова індукторного генератора змінного струму?
4. Які недоліки генераторів постійного струму?
5. Для чого призначені силові випрямлячі у пасажирських вагонах?
6. Які обмотки розташовуються у генераторах постійного та змінного струму?

6. ПРИВОДИ ГЕНЕРАТОРІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

В системах електрозабезпечення пасажирських вагонів з приводом генератора від осі колісної пари застосовуються різні типи приводів (механічна передача): плоскопасовий, клинопасовий, редукторно-карданний та пасово-редукторно-карданний [3]. Застосування того або іншого привода залежить від потужності генератора і швидкості руху поїзда. Плоскопасовий привід може використовуватись для привода генераторів потужністю до 4,5 кВт при швидкості руху поїзда до 120 км/год. При більш високій швидкості виникає просковзування паса і генератор не розвиває необхідної потужності. Подальше збільшення швидкості руху та збільшення потужності генераторів привели до заміни плоскопасового привода редукторно-карданним.

Привід вагонного генератора повинен забезпечувати передачу генератору обертального моменту, потрібного для створення необхідної потужності; збільшувати в 3–4 рази частоту обертання ротора (якоря) в порівнянні з частотою обертання колісної пари (чим вища частота обертання генератора, тим менші його габаритні розміри та маса при заданій потужності), надійно працювати в будь-яку пору року при безпосередній дії зовнішнього середовища; забезпечувати еластичний зв'язок між генератором і колісною парою, який запобігає передачі на генератор ударних навантажень (поштовхи при проходженні по стиках рейок, зусилля, які виникають при різкій зміні швидкості обертання в процесі гальмування та ін.); при найменших габаритних розмірах та масі мати конструкцію, яка забезпечує вільний доступ обслуговуючого персоналу при огляді та ремонті.

Передатне число для привода генератора вибирається з таких міркувань. При найбільшій швидкості руху частота обертання генератора повинна бути не вища допустимої, в протилежному випадку погіршуються комутація (генератор постійного струму), стабілізація напруги генератора (вичерпується діапазон регулювання), можливе порушення механічної міцності його деталей.

Нижня межа робочої частоти обертання генератора відповідала б по можливості меншій швидкості руху поїзда; в такому випадку при розгоні поїзда генератор раніше підключається паралельно акумуляторній батареї та навантаженню, приймає навантаження на себе і починає заряджати батарею. Доцільно також, щоб генератор досягав своєї номінальної потужності уже при невеликій швидкості руху поїзда. Створити привід, який задовольняв би ці умови, і який можна було б застосовувати і у високошвидкісних, і у звичайних пасажирських поїздах, складно. Тому у високошвидкісних поїздах використовують привід з меншим передатним числом, а на пасажирських – з більшим.

6.1. Плоскопасовий привід

Він складається із двох шківів, пов'язаних плоским пасом 1 (рис. 6.1). Рознімний шків з більшим діаметром встановлений на середній частині осі колісної пари (осьовий шків), шків 2 з меншим діаметром посаджений на вал якоря генератора 12 (машинний шків).

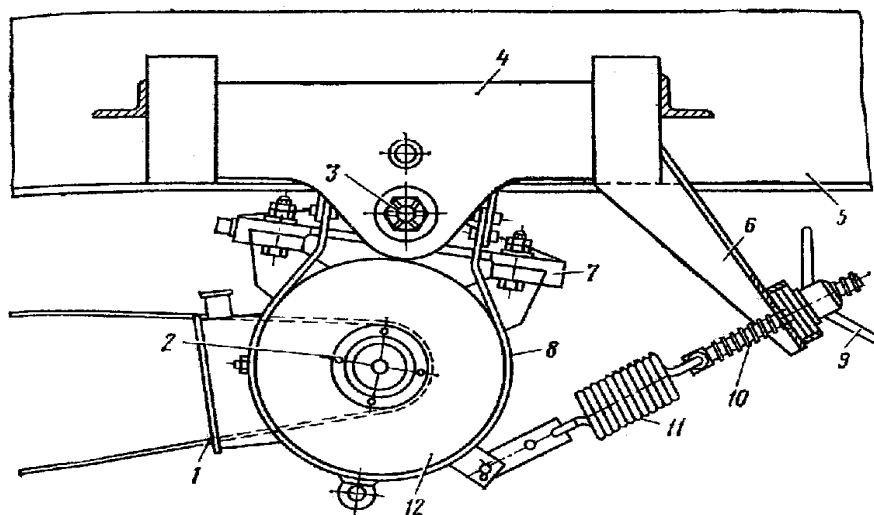


Рис. 6.1. Плоскопасовий привід вагонного генератора

Робоча поверхня осевого шківа сферична, що забезпечує самовстановлення приводного паса. Пас є еластичним елементом в системі, яка передає потужність від колісної пари до вала генератора. У випадку екстреного гальмування частота обертання колісної пари різко знижується і пас просковзується, зберігаючи вал якоря генератора від великих механічних перенавантажень. Генератор 12 монтується на рамі 5 візка за допомогою плити 7, яка закріплюється до корпусу генератора, і вала 3, який проходить через вушка в плиті 7 і кронштейні 4 підвіски. При такому закріпленні генератор може відхилитися на деякий кут відносно свого нормального положення в напрямку поздовжньої осі вагона, але не зсувається поперек вагона. При проходженні вагона по кривих дільницях колії візок повертається відносно кузова і відстань між віссю вала і осевим шківом починає збільшуватися, генератор 12 переміщається за осевим шківом; в результаті зберігається необхідний натяг паса 1. У нормальному положенні (вагон на прямій дільниці шляху і пас не зношений) генератор відхиляється від вертикалі у бік ведучої осі на кут 15–17°. Цим частково забезпечується натяг паса за рахунок горизонтальної складової сили тяжіння генератора, що дозволяє зменшити габаритні розміри натяжного пристрою та потужність його пружини. Натяжний пристрій призначений для підтримування постійного натягу паса під час руху поїзда. Він складається із пружини 11, натяжного гвинта 10 та важільної гайки 9. Гвинт 10 проходить через отвір в кронштейні 6, який закріплюється на рамі візка. У процесі нормальної експлуатації паси витягуються. Натяг паса визначають шляхом обертання важільної гайки 9. Запобіжний хомут 8 запобігає падінню генератора на колії у випадку зламу вала 3 або плити 7.

Суттєвим недоліком плоскопасового привода є ненадійність роботи при несприятливих умовах. При вологій погоді і особливо зимою при попаданні снігу і льоду підвищується вірогідність просковзування паса, а з цим зв'язані втрати потужності і зменшення ККД. Це особливо суттєво під час руху поїзда із швидкістю більше 100 км/год. Другий недолік – швидке зношення. При низьких швидкостях обертання і великій потужності, яка передається, обертовий момент, що діє на вал генератора, різко зростає. При цьому може початися

проковзування паса, яке викликає сильний нагрів його і зношення. У зв'язку з цими причинами пасовий привід застосовують тільки для генераторів порівняно невеликої потужності 3,5– 4,5 кВт при обмеженій швидкості руху поїздів (генератори 23/07.11,ГСВ). Передаточне число у приводів такого типу 2,5– 4,5.

6.2. Редукторно-карданний привід

У приводі цього типу обертання від осі колісної пари до вала генератора передається через редуктор та карданний вал. Редуктор збільшує частоту обертання генератора в порівнянні з частотою обертання осі колісної пари і передає обертальний момент під кутом 90° . Це необхідно тому, що вал, підвішений під кузовом вагона або на рамі візка генератора, розташований перпендикулярно осі колісної пари. Карданний вал дозволяє генератору дещо переміщатися відносно колісної пари в різних напрямках при коливанні кузова або рами візка та в час проходження вагоном кривих. У результаті цього не порушується робота привода і елементи його захищені від посиленого зношення та зламів. У конструкцію редукторно-карданних приводів впроваджують також еластичні та фрикційні муфти, які приймають інерційні зусилля, що виникають при великих перенавантаженнях, а при заклинненні привода руйнуються, запобігаючи виходу з ладу редуктора і карданного вала.

На пасажирських вагонах застосовують різні типи редукторно-карданних приводів. Їх можна поділити на дві основні групи: приводи з встановленням редуктора на торці осі колісної пари та приводи з встановленням редуктора на середній частині осі. Перші використовуються для генераторів невеликої потужності (23/07.21 та РW-114а), другі – для більш потужних генераторів, які встановлюються на вагонах з кондиціонуванням повітря. Перевагою редукторно-карданних приводів є висока надійність їх роботи в будь-яких кліматичних умовах і при високих швидкостях. За потужністю, яка передається, вони значно переважають приводи інших типів; обслуговувати їх нескладно.

У приводі від торця осі колісної пари (рис. 6.2) карданний вал 3 знаходиться на зовнішньому боці візка. Генератор 1 жорстко закріплюється до поздовжньої балки 9 рами візка, для чого до неї приварена спеціальна плита-кронштейн 8. Для запобігання падінню генератора на колію передбачені запобіжні скоби 7. Обертання від осі колісної пари 6 до вала генератора передається через редуктор 5, який встановлений на торці осі колісної пари, і карданний вал 3. Плита 8 приварена до поздовжньої балки 9 візка так, щоб вал генератора був розташований під кутом 4–6° до горизонталі, в результаті чого полегшується робота шарнірів карданного вала. На кінцях карданного вала 3 встановлені пружні гумові шарніри 4, для пом'якшення ударів, які передаються генератору від колісної пари і допускають деяке поздовжнє переміщення вала генератора відносно редуктора під час руху на кривих ділянках колії. Для запобігання карданного вала падінню при його зламі на візку встановлені скоби 2.

Редуктор складається із пари конічних зубчатих коліс із синусоїдальним зачепленням та еластичної муфти, яка зв'язує його з віссю колісної пари. Підшипники та конічні зубчаті колеса змащуються шляхом розбризкування мастила, яке знаходиться в корпусі редуктора. Еластична муфта при ударах, великих перенавантаженнях генератора або заклиненні привода захищає привід від руйнування. Крім того, вона компенсує поздовжнє переміщення осі відносно корпусу редуктора та можливі неточності складання деталей редуктора.

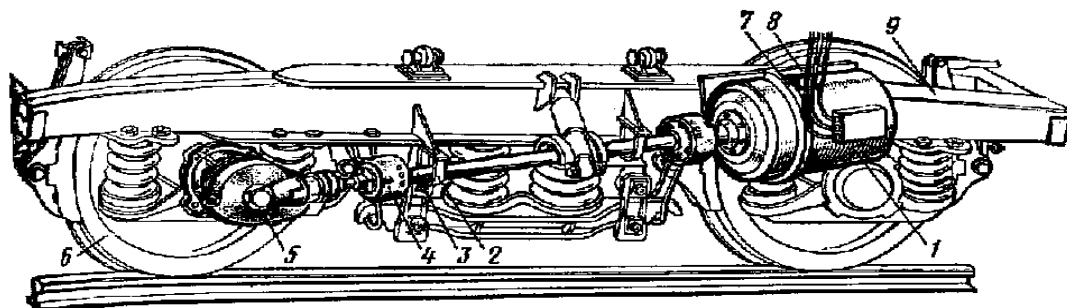


Рис. 6.2. Редукторно-карданний привід від торця осі

Генератори вагонів з кондиціонуванням повітря потужністю 20–30 кВт не можуть розміщуватися на візку, тому їх доводиться підвішувати під кузовом вагона в центральній його частині (рис. 6.3). Генератор зв'язаний з колісною парою за допомогою редукторно-карданного привода. Редуктор 4 монтується на середній частині осі колісної пари 1, а карданний вал 5 розташовується по поздовжній осі вагона і має більшу довжину, ніж у приводах від торця осі колісної пари. Звичайно карданний вал виконують телескопічним з шарнірами. Між карданним валом і валом генератора встановлюється фрикційна муфта. Генератор 7 закріплюється на кузові 8 вагона на спеціальних кронштейнах з гумовими амортизаторами. Фрикційна муфта призначена для відключення вала генератора від колісної пари при стоянці вагона і русі його з малою швидкістю. При цьому стає можливим обертання генератора від привідного асинхронного двигуна під час відстою і зменшується опір руху при маневрових роботах, які звичайно виконуються локомотивами невеликої потужності та при зрушенні поїзда з місця. Крім того, муфта є еластичним і запобіжним елементом привода, який автоматично відключає генератор від осі колісної пари при великих перенавантаженнях, різкому гальмуванні поїзда та несправності привода.

В редукторно-карданних приводах від торця осі колісної пари генератор встановлюється на візку, що дозволяє зменшити довжину карданного вала та полегшити умови роботи його шарнірів і шліцьового з'єднання, оскільки вони мають порівняно невеликі кутові і поздовжні переміщення. Усі елементи привода розташовані в легкодоступних для огляду та обслуговування місцях; монтаж і демонтаж привода здійснюється без викочування колісної пари з-під вагона. У приводах від середини осі колісної пари умови огляду та обслуговування редуктора і карданного вала значно складніші. Для монтажу і демонтажу привода необхідно викочувати колісну пару з-під вагона і розпресувати одне колесо. Довжина карданного вала значно більша, ніж у приводі від торця осі. Відповідно погіршуються і умови роботи його шарнірів та шліцьового з'єднання. Тому для генераторів потужністю до 10 кВт доцільно застосувати привід від торця осі колісної пари.

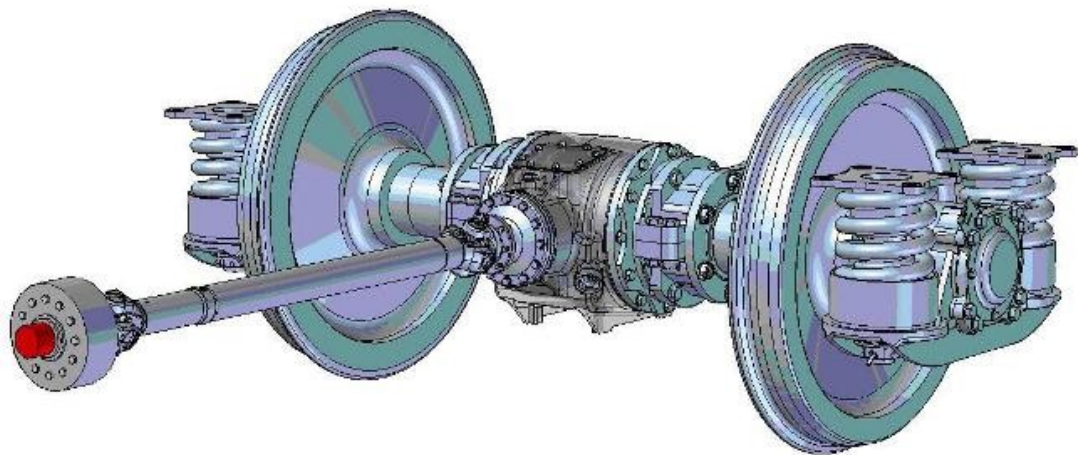
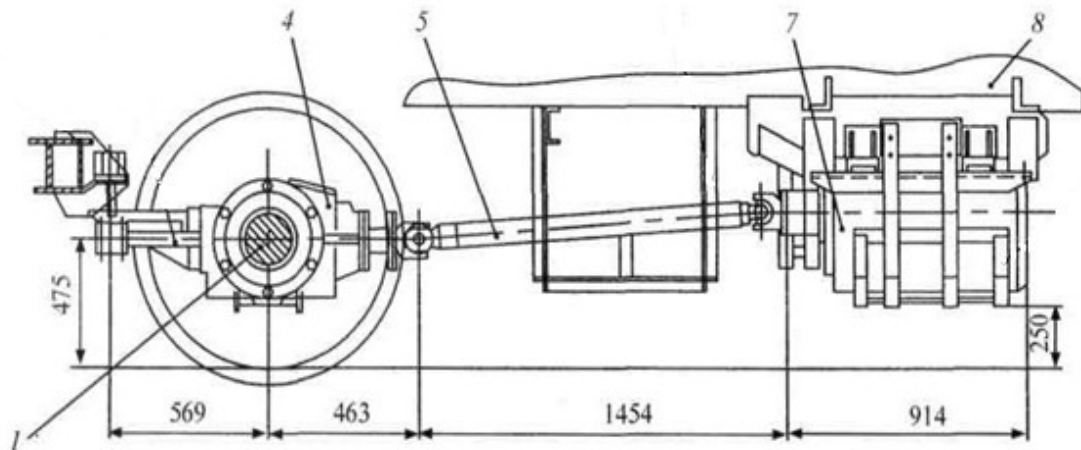


Рис. 6.3. Редукторно-карданний привід від середньої частини осі

6.3. Пасово-редукторно-карданний привід

Генератори змінного струму ГВ-003 приводяться в обертання пасово-редукторно-карданним або текстропно-редукторно-карданним приводом ТРКП (рис. 6.4).

У цьому приводі ведучий шків 1 встановлений на торці шийки осі колісної пари, що дозволяє порівняно легко проводити заміну клинових пасів 2. Ведений шків 3 встановлений на валу редуктора 4, який закріплений в одній площині з ведучим шківом і зв'язаний з ним клиновим пасом. Клиновий пас більш надійний, ніж плоский, менше проковзує і добре працює при порівняно невеликому натягу (0,25–0,40 кН) і при підвищеній швидкості руху. Натяг пасів регулюється за допомогою пружинного пристрою 6, який відтягує від колісної пари редуктор 4, з веденим шківом 3.

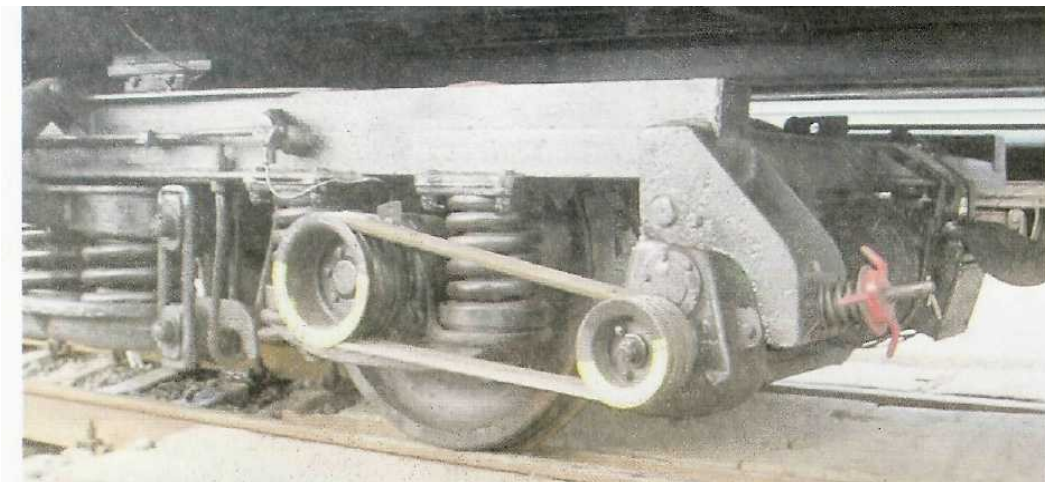
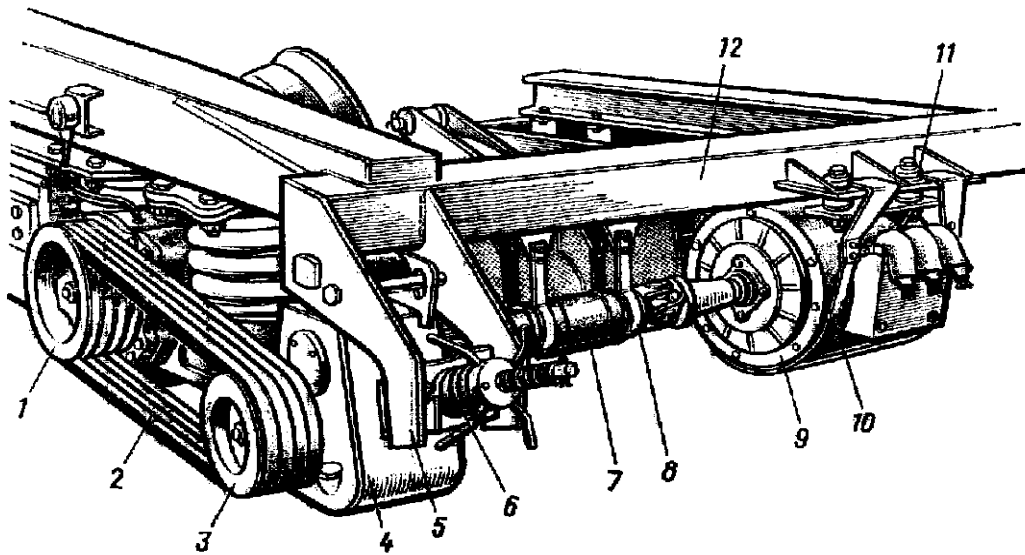


Рис. 6.4. Пасово-редукторно-карданний привід

Генератор 9 встановлений на амортизаторах 11, на поперечній балці 12 рами візка, а редуктор 4 шарнірно підвішений до неї. Вал генератора зв'язаний з редуктором карданним валом 8. В деталях закріплення підвіски редуктора та генератора передбачені запобіжні скоби 5 та 10, які запобігають падінню генератора на рейки. Для карданного вала у випадку його обриву передбачені запобіжні скоби 7. Передавальне відношення шківів пасової передачі 1,4, а редуктора - 2,9, тобто загальне передавальне відношення привода 4,05, ККД привода 0,907. Редуктор складається із пари шестерень. Одна з них встановлена на валу, на якому напресований ведений шків 3, а друга виконана як одне ціле з валом, кінець якого за допомогою фланця зв'язаний з карданним валом. Редуктор змонтований в

корпусі, що заповнений мастилом. Для зливу мастила із корпуса редуктора передбачений зливний отвір. При використанні пасово-редукторно-карданного привода необресорена маса (шків), встановлена на шийці осі, значно менша, ніж в редукторно-карданному приводі (редуктор). Це приводить до менших динамічних впливів на вісь колісної пари і на рейки. Наявність пасової передачі збільшує витрати енергії в приводі і ускладнює його експлуатацію з причини необхідності зміни зношених пасів.

6.4. Пасово-карданний привід

Більш ефективною та надійною є конструкція приводу, в складі якої відсутній зубчатий редуктор як зайва ланка (рис. 6.5). В даному варіанті передаточне число зберігається за рахунок більшої різниці між ведучим 10 і веденим 8 шківками. В літературі зустрічаються наступні назви таких приводів: ТКП, ТК-2, ТК-3.

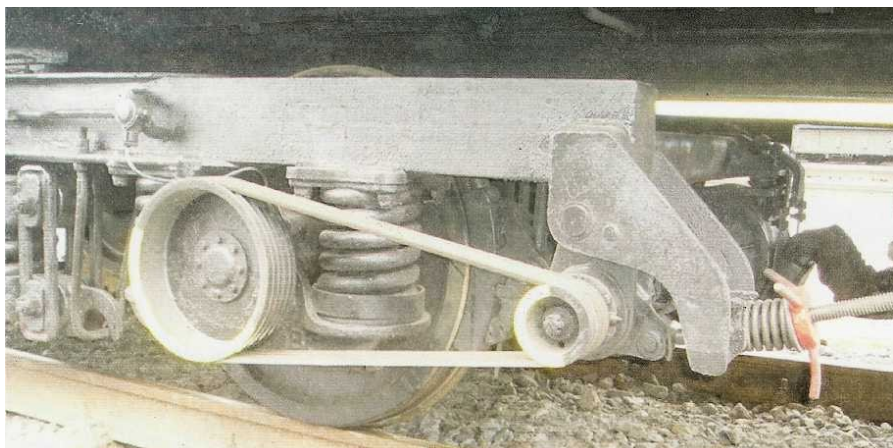
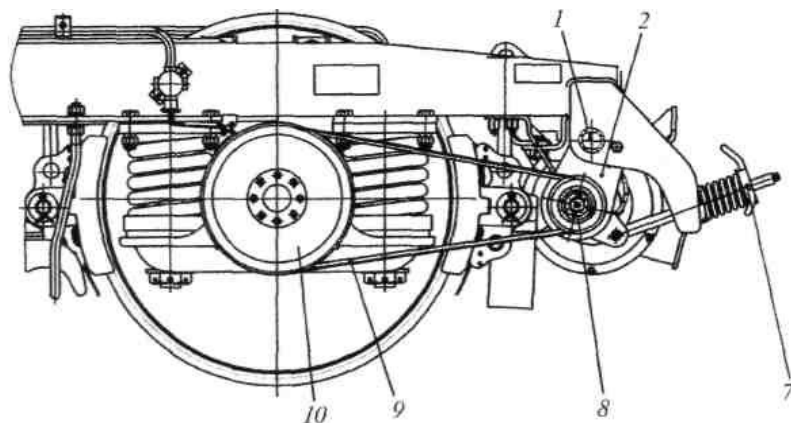


Рис. 6.5. Пасово-карданний привід

Приводи підвагонних генераторів експлуатуються в складних умовах. Під час роботи на них діють атмосферні чинники та великі динамічні навантаження, тому для безвідмовної роботи вузлів та деталей приводів треба ретельно виконувати вимоги, що висувають до них в експлуатації. Основні вимоги, розміри в експлуатації та вимоги щодо змащення редукторів приводів наведені у табл. 6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1

Вимоги до приводів підвагонних генераторів

№ з/п	Найменування	Величини і вимоги	Примітки
1	2	3	4
1	Зусилля затягування, Н·м, в залежності від діаметра болта, мм, 8, 12, 14, 16, 20, 22	17, 60, 100, 150, 300, 420	
2	Кутове переміщення карданного вала привід від торця осі (замір проводиться на радіусі 120 мм) привід від середньої частини осі (на радіусі 100 мм)	не більше 2,5 мм не більше 3 мм	
3	Висота стиснутих пружин натяжного пристрою (мм) привід ТРКП приводи ТК-2, ТК-3	100±5 110±5	
4	Прокручування редуктора на осі колісної пари	Не допускається	
5	Боковий зсув редуктора	Допускається не більше 5 мм в один з боків	
6	Зазор в опорі моменту: при відправленні з пункту формування в пункті обороту або на шляху прямування	не повинен бути (0) не більше 4 мм	

Продовження табл.6.1

1	2	3	4
7	Осьовий та радіальний зазори в підшипниках карданного вала	не більше 2 мм	
8	Зазор між диском тертя та фланцевою втулкою	від 0,8 до 2,6 мм	Зазор вимірюють у трьох місцях по колу через 120°
9	Різниця вимірів зазору, що виміряний у трьох місцях	не більше 0,2 мм	
10	Періодичність перевірки регулювання натяжних пасів приводів ТРКП і ТК	48 год	Під час прямування
11	Різниця довжин пасів у комплекті	не більше 10 мм	
12	Радіальні зазори в шліцьових з'єднаннях карданних валів приводів ЕЮК-160-1М, ВБА-32; ТРКП, ТК	не більше 2 мм	
13	Боковий зазор у шліцьових з'єднаннях карданних валів приводів ЕЮК-160-1М, ВБА-32; ТРКП, ТК	не більше 1,5 мм	
14	Зменшення навантаження на генератор при зменшенні кількості пасів	до 40–50 від номінальної	
15	Радіальне биття опорного кільця еластичної муфти	не більше 0,15 мм	
16	Ширина контрольних ліній на редукторі від середньої частини осі, смуга, яка наноситься білилами, мм, червоні смуги (3–4) на неї шириною, мм	30–40 20	

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4
17	Ширина контрольних ліній на карданних валах приводів від середньої частини осі і від торця осі: ширина, мм довжина, мм	20 600–700	Наносять білилами вздовж вала
18	Зазор між генератором 2Г.003, 2ГВ.008 та запобіжними скобами, мм	5	

Таблиця 6.2

Змащення приводів генераторів

№ з/п	Найменування	Величини і вимоги	Примітки
1	2	3	4
1	Типи мастил, які застосовуються для змащення редукторів ТСП-10 (ГОСТ 23652-79) ТСП-9 ГИП (ТУ-38.01159-78) ТСП-10 ЕФО (ТУ 101701-77)	17, 60, 100, 150, 300, 420	
2	Кількість мастила в різних типах редукторів, кг ЕЮК-160.1М ВБА-32/2 РК (усі типи) ФАГА-II ТРКП	6 5 0,5 0,6 1,8	
3	Умови заміни мастила в редукторах – після пуску в експлуатацію нового редуктора і редуктора, який пройшов плановий ремонт		

1	2	3	4
	ТРК, РК, ФАГА-II ЕЮК 160.1М ВБА 32/2 заміна мастила в подальшому ЕЮК 160.1М ВБА 32/2	через 10 тис. км через 20 тис. км через 60 тис. км через 50-60 тис. км через 150 тис. км	

Питання для самоконтролю

1. Які типи приводів застосовуються у пасажирських вагонах?
2. Які вимоги ставляться до приводів підвагонних генераторів вагонів?
3. Яка конструкція пасово-редукторно-карданного привода?

7. АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ

7.1. Призначення, принцип дії та експлуатаційні показники

Акумуляторні батареї, які використовуються в пасажирських вагонах, виконують такі основні функції: живлять електричною енергією основних споживачів у вагонах на зупинках, в пунктах формування та обертання, а також на шляху руху, якщо генератор не працює; сприймають всі пікові навантаження і підтримують необхідний рівень напруги при паралельній роботі з генератором, що дає можливість зменшити встановлену потужність генератора; дозволяють контролювати роботу споживачів при профілактичних оглядах, а також при прийманні вагонів перед відправленням в рейс та по прибутті з нього; у вагонах з обладнанням електричного опалення живлять котушки контакторів, які підключають нагрівальні прилади до кіл високої напруги [11].

На рефрижераторному рухомому складі використовують два види батарей: стартерні – для живлення електростартерів, які здійснюють пуск дизелів та батареї для живлення мережі освітлення, кіл приладів для замірів температури та інших споживачів при непрацюючих генераторах.

На пасажирських вагонах та рефрижераторному рухомому складі застосовують лужні та кислотні акумулятори. Лужні акумулятори набувають все більшого розповсюдження, так як вони виробляються із менш дефіцитних матеріалів, і тому дешевші, ніж кислотні, крім того, вони простіші в експлуатації. На пасажирських вагонах без кондиціонування повітря з номінальною напругою електричної мережі 50 В встановлюють акумуляторні батареї, які складаються із 26 кислотних або 38–40 лужних акумуляторів. Такі ж батареї встановлюють на рефрижераторному рухомому складі для живлення мережі освітлення та кіл вимірювальних приладів. На пасажирських вагонах з установками кондиціонування повітря з номінальною напругою мережі 110 В встановлюють батареї, які складаються із 56 кислотних або 82–86 лужних акумуляторів. Стартерні батареї рефрижераторного рухомого складу мають шість кислотних акумуляторів.

Струмоутворюючі процеси. В лужному акумуляторі активна маса позитивного електрода складається із гідрату окису нікелю $\text{Ni}(\text{OH})_3$, а активна маса негативного електроду – із заліза Fe (нікель-залізні акумулятори) або із суміші кадмію (60–80 %) та заліза Fe (нікель-кадмійові акумулятори). Електролітом служить 20 %-вий розчин їдкого калію KOH або їдкого натру NaOH. Крім того, в електроліт додається моногідрит літія LiOH, що збільшує строк служби акумулятора. Нікель-залізні акумулятори позначаються НЖ, нікель-кадмійові – НК.

При розрядці лужного акумулятора гідрат окису нікелю $\text{Ni}(\text{OH})_3$ на позитивному електроді переходить з самого початку в неповний гідрат окису нікелю NiOOH , при відновленні якого відбувається процес утворення струму. При цьому в електроліт переходять негативні іони гідроксильної групи OH^- (рис. 7.1, а) і на електроді залишаються позитивні заряди. При стиканні з електролітом негативного електрода позитивні іони заліза Fe^{2+} або кадмію Cd^{2+} переходять в розчин, залишаючи при цьому на

електроді надлишкові негативні заряди $2e^-$. При цьому маса негативного електрода взаємодіє з іонами OH^- , які переходять до неї, і перетворюється в гідрат окису заліза $Fe(OH)_2$ або гідрат окису кадмію $Cd(OH)_2$. В результаті електрохімічних реакцій, які виникають при цьому, хімічна енергія переходить в електричну. Між електродами виникає ЕРС, яка дорівнює приблизно 1,45 В, і забезпечує протікання струму у зовнішньому колі та всередині нікелю акумулятора. При зарядці акумулятора (рис. 7.1, б) під дією електричної енергії, яка підводиться від зовнішнього джерела, гідрат закису $Ni(OH)_2$ перетворюється в гідрат окису нікелю $Ni(OH)_3$, а негативні іони OH^- переносяться з негативного електрода на позитивний.

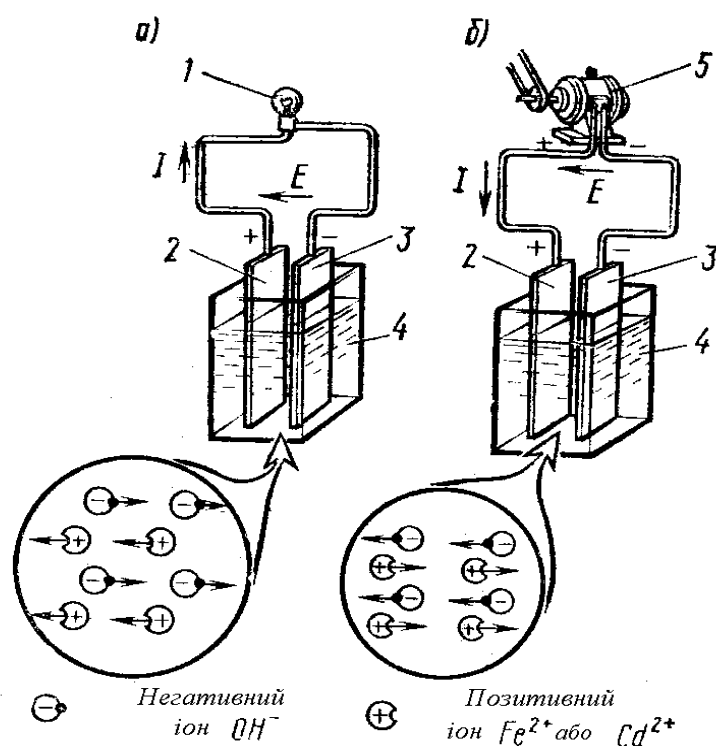
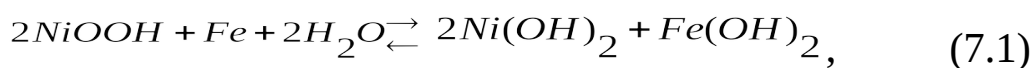


Рис. 7.1. Рух позитивних та негативних іонів при електрохімічних реакціях розрядки (а) та зарядки (б) лужного акумулятора:

1 – споживач; 2 – позитивний електрод; 3 – негативний електрод; 4 – електроліт; 5 – джерело струму

В той же час активна маса негативних пластин під дією позитивних іонів Fe^{2+} або Cd^{2+} відновлюється з утворенням заліза або суміші заліза та кадмію. Струмоутворюючі електрохімічні реакції при розрядці та зарядці нікель- залізного акумулятора можуть бути виражені таким рівнянням:



а для нікель-кадмієвого акумулятора



В процесі вказаних реакцій електроліт КОН не витрачається, тому щільність його при роботі лужного акумулятора практично не змінюється. Це дозволяє обходитись порівняно невеликою кількістю електроліту, що робить лужні акумулятори більш компактними, ніж кислотні. Позитивною якістю лужного акумулятора є також і те, що всі компоненти, які утворюються в процесі зарядки і розрядки, практично нерозчинні в електроліті і не вступають в які-небудь побічні хімічні реакції.

Для правильної роботи нікель-залізного акумулятора негативний електрод повинен мати більшу масу, ніж позитивний. Тому негативних пластин береться на одну більше, ніж позитивних. В збірному блоці нікель-залізного акумулятора крайні пластини негативні і електрично вони з'єднані з корпусом. В нікель-кадмієвих акумуляторах, навпаки, позитивна активна маса повинна займати більший об'єм, ніж негативна. Тому в таких акумуляторах крайні пластини позитивні, які також електрично з'єднуються з корпусом.

ЕРС та напруга. ЕРС повністю зарядженого акумулятора складає близько 1,45 В. Внаслідок великого внутрішнього опору напруга його при розрядці значно менше цього значення, а при зарядці більше. Середня розрахункова напруга лужного акумулятора при розрядці складає близько 1,25 В, тому при номінальній напрузі в електричній мережі вагона 50 В акумуляторна батарея повинна мати 38–40 лужних акумуляторів замість 26 кислотних. Найбільша напруга повністю зарядженого акумулятора складає 1,4 В. При розрядці вона швидко падає до 1,3 В, а потім повільно знижується до $U_{кон.р} = 1$ В (рис. 7.2, а). При цій напрузі розрядку необхідно припинити. Розряджати лужні акумулятори номінальним струмом нижче встановленої кінцевої напруги не рекомендується, так як це приводить до необоротної втрати ємності та зменшення строку служби. Загальна зміна напруги при розрядці лужного акумулятора складає близько 20%,

в той час як в кислотних акумуляторах через значно менший (приблизно в 5 разів) внутрішній опір напруга зменшується на 10 % (з 2 до 1,8 В).

Номінальним розрядним режимом для лужних акумуляторів є 5-годинний. При цьому режимі акумулятор типу ВНЖ-300 розряджається струмом 60 А, і через 5 год напруга його зменшується до 1 В, тобто повністю витрачається ємність 300 А · год. Лужні акумулятори можливо розряджати і більшими струмами, в цьому випадку кінцева напруга їх при розрядженні може бути зменшена. Можливість зменшення кінцевої напруги при великих розрядних струмах пояснюється тим, що по мірі виснаження активних мас опір акумулятора збільшується. Тому при інтенсивному розрядженні різниця між ЕРС та напругою швидко збільшується і напруга акумулятора зменшується значно швидше, ніж при розрядженні його малими струмами. При зменшенні розрядного струму напруга акумулятора знову підвищується.

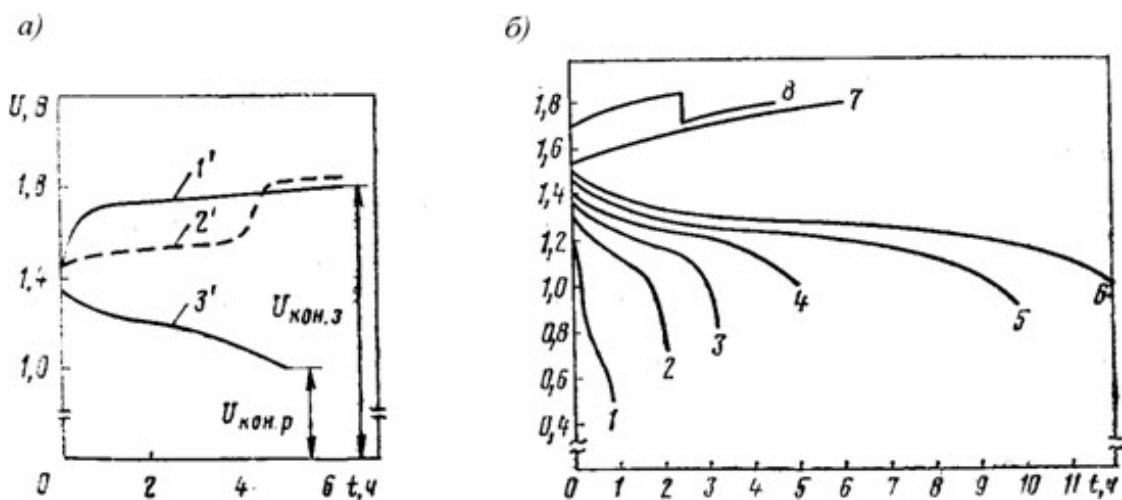


Рис.7.2. Графіки зміни напруги лужного акумулятора при розрядці та зарядці:

1' – зарядка нікель-залізного акумулятора номінальним струмом; 2' – зарядка нікель-кадмієвого акумулятора; 3' – розрядка номінальним струмом; 1 – розрядка годинна; 2 – 2-годинна; 3 – 3-годинна; 4 – 5-годинна; 5 – 8-годинна; 6 – 10-годинна; 7 – зарядка нормальна; 8 – прискорена зарядка

При зарядженні напруга нікель-залізного акумулятора швидко зростає до 1,7 В, а потім повільно підвищується до $U_{кін.з}=1,8$ В (рис. 7.2, б). Напруга нікель-кадмієвого акумулятора на початку зарядки нижче, ніж у нікель-залізного, а в кінці зарядки вище. Коли НК акумулятор отримує приблизно 2/3 номінальної зарядної ємності, його напруга підвищується до 1,7-1,8 В і починається підвищене газовиділення. Зарядку лужного акумулятора ведуть до тих пір, поки йому не буде надано необхідну кількість ампер-годин, визначену паспортними даними. Виділення газів у лужних акумуляторів не є ознакою кінця зарядки. Проте при інтенсивному газовиділенні необхідно зменшити зарядний струм.

Лужні акумулятори краще перезарядити, ніж недозарядити, так як глибокі розрядки та неповні зарядки сприяють передчасному виходу їх із ладу. Нормальна зарядка лужного акумулятора здійснюється струмом, рівним $0,25 C_{ном}$, при цьому акумулятору надається 150 % ємності. Для акумуляторів типу ВНЖ-300 нормальний зарядний струм складає $300/4=75$ А, а ємність – 450 А·год, тобто час зарядки складає 6 год. Якщо акумулятори були розряджені нижче допустимої кінцевої напруги розрядки, тобто відбувся випадок глибокої розрядки, то необхідно виконати посилену зарядку.

Подібну зарядку необхідно проводити після ремонту акумуляторних батарей та при введенні їх в експлуатацію після довгого збереження. При посиленій зарядці через нікель-залізні акумулятори пропускають нормальний зарядний струм протягом 12 год, тобто їм надається 300 % $C_{ном}$.

В стаціонарних умовах рекомендується здійснювати всі види зарядки лужних акумуляторів переривчастим пульсуючим струмом частотою 300 Гц від вентиляного перетворювача.

Іноді застосовують прискорену зарядку акумуляторів. В цьому випадку їх заряджають протягом 2,5 год струмом в 2,5 разів більшим нормального зарядного, а потім 2 год нормальним зарядним струмом, тобто акумулятору надається більше 200 % номінальної ємності. Це необхідно тому, що при великих струмах процес зарядки протікає менш ефективно. Зарядка акумулятора великими струмами негативно відбивається на активній масі пластин та скорочує строк їх служби. Тому

прискорену зарядку можливо проводити тільки у випадку крайньої необхідності. Застосовувати її при температурі зовнішнього повітря нижче -10°C не допускається. В процесі експлуатації лужних акумуляторів температура електроліту не повинна підвищуватись більш ніж до $40-45^{\circ}\text{C}$, так як активна маса пластин швидко руйнується. У випадку, якщо при зарядці акумулятора температура електроліту підвищується до $40-45^{\circ}\text{C}$, необхідно зробити перерву.

Ємність, ККД, коефіцієнт віддачі. Ємність лужного акумулятора, як і кислотного, залежить від кількості наявної в ньому активної маси, тобто від розмірів його пластин. В лужному акумуляторі активна маса використовується гірше, ніж в кислотному (20-25 % замість 30-35 %), так як усі електрохімічні реакції в цьому випадку не залежать від ступеня проникнення в пори активної маси, в результаті чого вона мало змінюється при коливанні струму розрядки (декілька зменшується при розрядках великими струмами).

Чим більша частина активної маси бере участь в електрохімічних реакціях, тим більше ємність акумулятора. З цієї причини перед введенням акумуляторів в експлуатацію необхідно провести декілька посиленних зарядок та глибоких розрядок (формування). При цьому розробляється активна маса пластин і акумулятори набирають необхідну ємність. Якщо акумулятор не формувати, то в умовах експлуатації (де звичайно немає глибоких розрядок) вони не зможуть досягти повної ємності. Це приведе до витрати ємності батареї.

Формування акумуляторних батарей виконується згідно з заводськими інструкціями, відповідно до яких нові батареї піддають трьом зарядно-розрядним тренувальним циклам. При перших двох циклах акумуляторну батарею заряджають номінальним зарядним струмом, надаючи їй 300% номінальної ємності. Це сприяє підвищенню строку служби акумуляторів і збільшує ємність обох пластин. Потім батарею розряджають струмом 5-годинного розрядного режиму, знімаючи з неї номінальну ємність. Третій цикл є контрольним і складається із зарядки батареї номінальним зарядним струмом до отримання 150 %-вої номінальної ємності, а потім повністю розряджають.

Такому ж зарядно-розрядному режиму піддають батарею після ремонту.

Ємність лужних акумуляторів залежить від температури, але значно менше, ніж у кислотних. Проте якщо акумулятор знаходиться довгий час без дії при низькій температурі, то ємність його змінюється приблизно так же, як і у кислотного (1% на 1°C). При зростанні температури ємність акумулятора збільшується, але при температурі більше 40°C активна маса починає зменшувати свою активність і ємність може значно знизитися.

Коефіцієнт віддачі і ККД лужного акумулятора менше, ніж у кислотного ($\eta_c=0,47\div 0,50$; $\eta_w=0.65\div 0.70$). Це пояснюється більш високим внутрішнім опором і значною зміною напруги при зарядці. У залізно-нікельових акумуляторів порівняно більша кількість енергії витрачається при розрядці на виділенні водню, що також зменшує віддачу акумулятора.

Експлуатаційні показники. Лужні акумулятори мають ряд переваг перед кислотними, що і визначило їх широке застосування на залізничному транспорті. До позитивних якостей лужних акумуляторів можливо віднести велику механічну міцність (акумулятори витримують трясіння, вібрації, удари і т.п.) та значну питому енергію на одиницю маси. Для сучасного лужного акумулятора вона складає $20\text{--}25 \text{ Вт} \cdot \text{год/кг}$, в той час як для кислотних вона дорівнює $13\text{--}20$ (панцирні) та $8\text{--}11 \text{ Вт} \cdot \text{год/кг}$ (поверхневі).

Лужні акумулятори можуть довгий час знаходитися в напівзарядженому і навіть цілком у розрядженому стані, що зовсім недопустимо для кислотних (в цьому випадку, як уже зазначалось, у них виникає сульфатація і різко зменшується ємність). Крім цього, лужні акумулятори не виходять із ладу внаслідок дії низьких температур і мають більшу перенавантажувальну здатність, тобто можуть працювати з великими струмами при розрядках та зарядках. Короткочасне коротке замикання та глибокі розрядки, а також тривала перезарядка не виводять із ладу ці акумулятори. Для них характерний великий строк зберігання та служби. Гарантійний строк служби лужних акумуляторів типів ТНЖ та ВНЖ складає 750 циклів, а строк зберігання 42 місяці. Практично вважається,

що лужні акумулятори служать в 3-4 рази довше, ніж кислотні. Проте це справедливо тільки при правильній їх експлуатації. При порушенні встановлених експлуатаційних вимог строк служби лужних акумуляторів, можливо, виявиться значно менше, ніж у кислотних. На строк служби сильний вплив здійснює щільність електроліту, температура і вміст в ньому їдкою літію. При складовому електроліті (їдке калі КОН з добавкою 20–30 г/л моногідрату літію LiOH), який рекомендується заводом, строк служби акумуляторів зростає приблизно вдвічі (без літію 350 циклів). Електроліт встановленої щільності незначно діє на металевий корпус і інші деталі акумулятора, має хорошу провідність і забезпечує нормальне протікання електрохімічних реакцій з активними масами пластин. Зменшення щільності нижче $1,19 \text{ г/см}^3$ викликає швидке зростання питомого опору електроліту і, отже, зменшення напруги акумулятора. При такій низькій щільності акумулятори не в змозі віддавати номінальну ємність. Проте щільність вище $1,26 \text{ г/см}^2$ також шкідлива внаслідок особливо помітного при підвищеній температурі зростання розчинності заліза негативної пластини. У лужних акумуляторів саморозрядка при вимкненому стані порівняно невелика (після дев'яти місяців збереження вони втрачають тільки 20 % ємності). В той час у кислотних акумуляторів добова саморозрядка складає близько 0,5–0,7 % ємності, тобто протягом місяця вони втрачають 15–21 % ємності. При експлуатації лужних акумуляторів не виділяються шкідливі пари та газу, що характерно для кислотних акумуляторів. Проте у лужних акумуляторів напруга при розрядці значно нижче (майже на 40 %), ніж у кислотного, внаслідок чого при одній і тій самій напрузі в системі електрозабезпечення кількість акумуляторів у лужній батареї буде більше, ніж у кислотній. Так, при напрузі 50 В в кислотній батареї встановлюють 26 акумуляторів, а в лужній – 38–40. В результаті цього за питомою енергією батареї, які складаються із кислотних і лужних акумуляторів, практично однакові.

Через великий внутрішній опір лужного акумулятора його напруга, особливо при великих струмах розрядки, падає значно швидше, ніж у кислотного, і при дуже інтенсивній розрядці акумуляторної батареї різко зменшується. Тому їх не

застосовують як стартерні акумулятори. У них також менша віддача за ємністю і енергією (ККД).

Контрольно-відновлювальні цикли. Вагонні акумуляторні батареї заряджають при постійному зарядному струмі. Для забезпечення повної зарядки на батарею повинна бути подана напруга

$$U_3 = (1.4 - 1.45) \cdot U_B, \quad (7.3)$$

Напруга зарядки одного елемента (акумуляторної банки) складає:

- для лужних акумуляторів $U_{н.з.} = 1.8 - 1.9$ В;
- для кислотних акумуляторів $U_{н.з.} = 2.6 - 2.8$ В.

Зарядка може здійснюватися від регульованого чи нерегульованого джерела струму. При зарядженні від регульованого джерела струму напруга зарядки визначається за формулою

$$U_3 = n \cdot U_{н.з.}, \quad (7.4)$$

де n – кількість елементів у батареї.

При зарядженні від регульованого джерела струму у коло потрібно включати опір R_3 , на якому буде гаситися надлишкова напруга (рис. 7.3)

$$\Delta U = U_c - U_{н.з.}, \quad (7.5)$$

де U_c – напруга джерела струму.

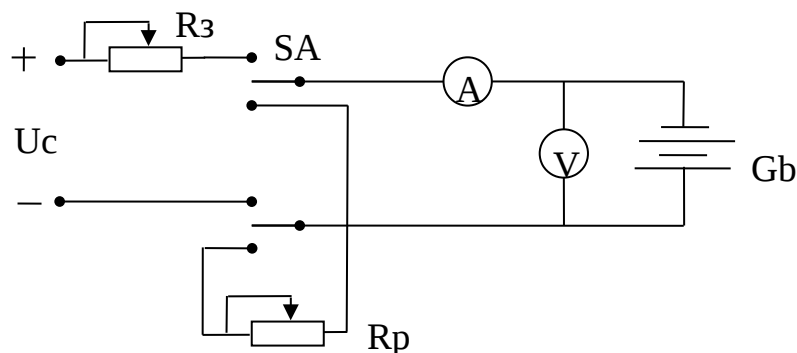


Рис. 7.3. Схема підключення акумуляторної батареї при заряджувально-розряджувальних циклах

Регулювання зарядного струму здійснюється за допомогою реостата R_3 . Реостат повинний бути розрахований на струм зарядки. Опір реостата визначається за формулою

$$R_3 = \frac{U_C - U_3}{I_3} = \frac{U_C - n \cdot U_{н.з.}}{I_3}. \quad (7.6)$$

Установлення величини струму розрядки акумуляторної батареї здійснюється реостатом R_p , величина опору якого визначається за формулою

$$R_p = \frac{U_{Б.Н.}}{I_p} = \frac{n \cdot U_{н.р.}}{I_p}, \quad (7.7)$$

де $U_{н.р.}$ – початкова напруга при розрядженні, В. Для лужних акумуляторів $U_{н.р.} = 1,35$ В, а струм розрядження, А:

$$I_p = 0.2 \cdot C_n. \quad (7.8)$$

Після проведення контрольного зарядження і розрядження ємність батареї визначається за формулою

$$C_p = I_p \cdot t_p, \quad (7.9)$$

де I_p – струм контрольного розрядження, А;
 t_p – час розрядження, год.

Розрядження здійснюється доти, поки близько 80 % елементів батареї будуть мати мінімальну напругу 1 В. Акумулятори, що відстають, вимикають. Температура електроліту у період зарядження не повинна перевищувати 45°C. У період зарядження і розрядження періодично заміряють напругу елементів батареї. Вимірювання напруги здійснюється навантажувальною вилкою. Навантажувальний опір у період виміру (3 – 5 с) забезпечує розряджувальний струм (0,2 C_n). При зарядженні батареї і перед постановкою її на вагон перевіряють рівень та щільність електроліту.

Щільність вимірюється ареометром, а рівень – скляною вимірювальною трубкою із внутрішнім діаметром 6-8 мм. Рівень

електроліту повинний бути для лужних акумуляторів 35-45 мм, для кислотних 15-20 мм. При зниженому рівні в акумулятор доливають дистильовану воду. Різниця щільності електроліту в окремих банках батареї допускається не більш 0,01 г/см³.

У встановленій на вагоні акумуляторній батареї вимірюють опір ізоляції.

Опір ізоляції може бути визначений:

а) за методом вольтметра.

Вольтметр повинний мати опір не менш $R_B \geq 150$ кОм. Вимірюється напруга батареї U_B , напруга між плюсом батареї та корпусом вагона U_+ , напруга між мінусом батареї та корпусом вагона U_- .

Величина опору ізоляції визначається за формулою

$$R_{и} = R_B \left(\frac{U_B}{U_- + U_+} - 1 \right), \quad (7.10)$$

де $R_{и}$ – опір ізоляції батареї, Ом;

R_B – опір вольтметра, Ом.

Опір для батарей $U = 50$ В повинний бути не менше 25 кОм;

б) приладом Купчевського. Дія приладу заснована на виміру струмів витoku акумуляторної батареї.

7.2. Будова та різновиди вагонних акумуляторів

Будова. На пасажирських вагонах встановлюють акумулятори з ламельними пластинами (рис. 7.4), які складені із спеціальних коробочок (ламелей) 3, виготовлених з нікельованої сталевий стрічки. Ламелі, заповнені активною масою 4, з'єднані між собою в замок 1 і закріплені з двох боків ребрами, до яких приварена контактна планка. В результаті утворюється міцна нерозбірна конструкція. Для вільного доступу електроліту до активної маси в стінах ламелей знаходиться велика кількість малих отворів 2 (перфорація) з невеликим діаметром, тому активна маса не висипається.

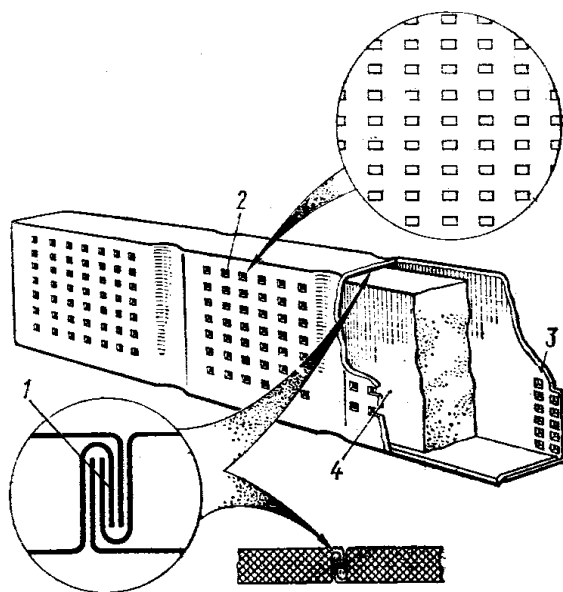


Рис. 7.4. Будова ламелів нікель-залізного акумулятора

Активна маса позитивних пластин лужних акумуляторів складається в основному із гідрату окису нікелю, до якого додають для збільшення електропровідності 16–18 % графіту і активуючу добавку – гідрат окису барію. Гідрат окису барію вводять із розрахунку 1,7–2,3 % по масі. Ця добавка підвищує коефіцієнт використання позитивної активної маси і збільшує строк служби пластин.

Активна маса негативних пластин нікель-залізного акумулятора складається із порошкового заліза і його окислів з добавкою невеликої кількості сірчаноокислого нікелю і сірчаного заліза. В нікель-кадмійовому акумуляторі активна маса негативної пластини складається в основному із суміші окису кадмію та залізовмісної маси з додаванням від 2,8 до 4,5 % солярового мастила.

Ламелі 4 (рис. 7.5) запресовуються в сталеві стояки (рамки) позитивних та негативних пластин 3.

При опресуванні пластин в них видавлюють канавки, в які при складенні акумулятора встановлюють ебонітові трубчасті (або у вигляді палочок) сепаратори 5.

Одноїменні пластини 3 складають на загальній шпильці 2 разом з вивідним штирем 1 (утворюються позитивний та

негативний напівблоки). Ламельні пластини володіють великою механічною міцністю і мають довгий строк служби (2000 циклів).

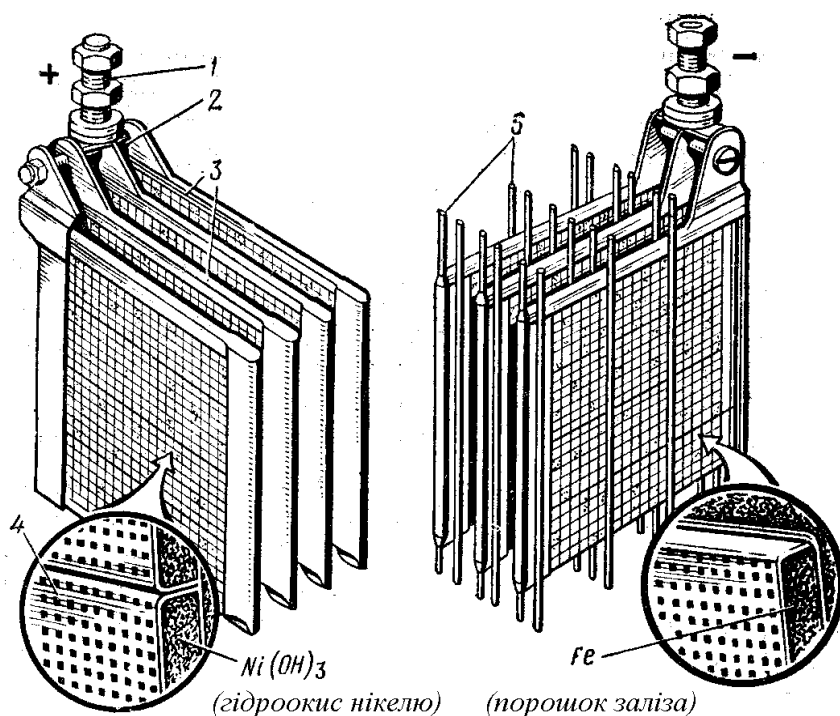


Рис. 7.5. Напівблоки пластин нікель-залізного акумулятора

Акумулятори ВНЖ-300 та ТНЖ-250 монтуються в сталевій бочці 1 (рис. 7.6) зварної конструкції. Позитивний 8 та негативний 3 півблоки при складанні акумулятора з'єднуються між собою так, щоб між кожними двома негативними пластинами знаходилась позитивна.

Між пластинами встановлюють сепаратори 7, які являють собою ебонітові палички, і крайні негативні пластини з'єднуються електрично з корпусом бака. Для запобігання корозії корпусу бака вивідні штирі 6 півблоків і інші з'єднувальні деталі нікелюють. Корпус бака, крім того, покривають лужностійким лаком. Вивідні штирі ізолюють від кришки корпусу ебонітовими кільцями та ущільнюють спеціальними сальниками. Між пластинами та дном є вільна порожнина, куди осідає активна маса. Над пластинами передбачено вільний простір, в якому при зарядці може скупчуватися газ, що виділяється. В кришці кожного акумулятора для заливки електроліту та води є отвір з горловиною 4, який закривається

відкидною кришкою 5. Змонтований в горловині клапан служить для виходу із акумулятора газів, які утворюються. Крім того, він запобігає виливанню електроліту. Гумовий чохол 2 ізолює акумулятор. В акумуляторах ВНЖ-300 маса негативного електрода більше, ніж у ТНЖ-250, тому вони зберігають більшу ємність при негативній температурі. Блоки пластин не розбірні: однойменні пластини приварені до з'єднувального містка, який має вивідний штир 6. Горловина 4 для заливки електроліту закривається пробкою 2 з вентиляним отвором для виходу газів. Технічні дані деяких акумуляторних батарей, які використовуються у вагонах, наведені у табл. 7.1.

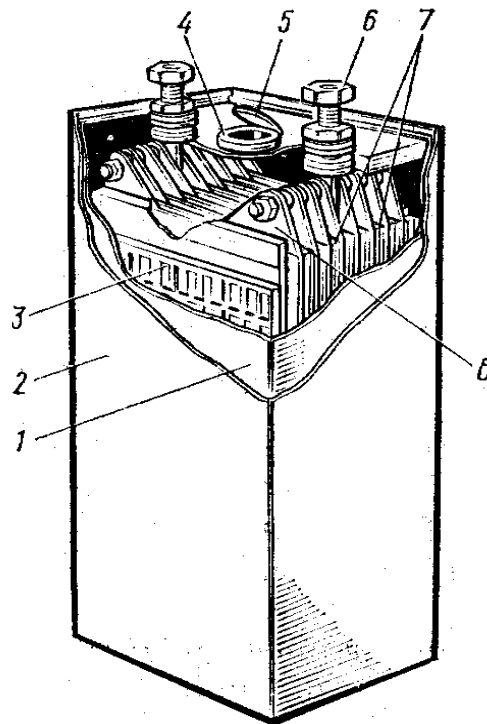


Рис.7.6. Нікель-залізний акумулятор

Таблиця 7.1

Технічні дані вагонних акумуляторів

№ п/п	Найменування технічних даних	Тип акумуляторної батареї		
		40 ТНЖ-350	40 ТНЖ-250	40 ВНЖ-350
		84 ТНЖ-350		

1	2	3	4	5
1	Кількість електроліту, який заливають в акумулятор, кг	4,5	3,6	4,2
2	Рівень електроліту над запобіжним щитком	15-30	15-30**	45-55
3	Режим зарядки струм, А	90	62,5**/65	75
	час, год	10	12	12*/10
	тренувальний цикл контрольний цикл	6	6	8*/6*
4	Режим розрядки тренувальний цикл струм, А	70	50	60
	час, год	50	5	5
5	Контрольний цикл при струмі 5-годинної розрядки, А	70	50	78
6	Напруга у кінці розрядки не менше, В на акумулятор	1	1	1
	на батарею	39,2/82,5	40	38/82
	Ємність, А·год	350	250	300

* Для батарей, змонтованих із акумуляторів, що надійшли із заводу.

** Для батарей, змонтованих із акумуляторів після ремонту або експлуатації.

Сила струму при підзарядці акумуляторних батарей на ремонтно-екіпірувальному парку повинна бути 50-60 А не більше ніж протягом 5 год. Вимоги до величин, які характеризують стан акумуляторних батарей, наведені у табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Вимоги до акумуляторних батарей

№ з/п	Величини	Вимоги
-------	----------	--------

1	2	3
1	Густина електроліту у кожному акумуляторі при ТО-2	Не повинна відрізнятись від середньої більше ніж на 0,01 г/см ³
2	Густина всесезонного електроліту (взимку і влітку)	1,2±0,01г/см ³
3	Опір ізоляції акумуляторної батареї при ТО-3: в нормальних кліматичних умовах в умовах з підвищеною вологістю	не менше 50 кОм не менше 30 кОм
4	Вимірювання опору ізоляції акумуляторних батарей	$R_{із} = R_n \cdot \left(\frac{U}{U_1 + U_2} \right) - 1$ де $R_{із}$ - опір ізоляції; R_n - внутрішній опір вольтметра, який повинен бути не нижче 50 кОм; U - напруга на виводах батареї; U_1 та U_2 – напруги відносно виводів батареї і корпусу вагона (В)

Різновиди. Конструкція вагонних акумуляторів постійно вдосконалюється на основі впровадження новітніх технологій і матеріалів. Одним із важливих завдань при проектуванні акумуляторів є зниження їх ваги та габаритів при незмінній ємності, нечутливість до різних режимів експлуатації, мінімізація операцій щодо технічного обслуговування акумуляторів та ін. Далі наведені деякі різновиди вагонних акумуляторів.

КМ 260 Р та КМ 300 Р – лужні акумуляторні батареї (рис. 7.7), призначені для електропостачання магістральних пасажирських вагонів з системою електропостачання 110 В з

установкою кондиціонування повітря і пасажирських вагонів з системою електропостачання напругою 50 В при роботі в режимі зарядки - підзарядки в умовах експлуатації за групою М 25 ГОСТ 17516.1. Нікель-кадмієві акумулятори КМ 260 Р застосовуються у складі батарей 40 КМ 300 Р і 90 КМ 300 Р для живлення споживачів електроенергії постійного струму. Технічні характеристики даних акумуляторних батарей наведені у табл. 7.3.



Рис. 7.7. Лужні вагонні акумулятори типів КМ 260 Р (а) та КМ 300 Р (б)

Переваги наведених модифікацій:

- корпус акумулятора виготовлений з полімерного, ударостійкого, морозостійкого матеріалу, що відноситься до групи слабогорючих, за ступенем займистості – до важкозаймистих;
- більш низька зарядна напруга, що забезпечує роботу в умовах зарядки постійною напругою, в тому числі при низьких температурах;
- високі розрядні характеристики при низьких температурах;
- тривале збереження заряду;

- знижене газовиділення та доливання води;
- можливість зарядки при температурі -40°C ;
- не вимагає зміни електроліту протягом усього терміну експлуатації батареї.

Таблиця 7.3

Технічні характеристики

Найменування АКБ	Ємність, А·год	Напруга, В	Габаритні розміри, мм			Маса з/без ел., кг
			Довжина	Ширина	Висота	
КМ 300 Р	300	1,2	128	167	400	11/16
40 КМ 300 Р	300	48	2594	343,7	400	450/650
84 КМ 300	300	100	1944	1002	400	940/1360
90 КМ 300 Р (А)	300	108	2685	1150	400	1008/1458
90 КМ 300 Р (Б)	300	108	1944	1002	400	1007/1457
90 КМ 300 Р (В)	300	108	2685	1150	400	1008/1458

Примітка. Цифри перед літерами – кількість послідовно з'єднаних акумуляторів у батареї; К – відкритий нікель-кадмієвий призматичний акумулятор; М – середній режим розрядки; 260 – номінальна ємність в ампер-годинах; Р – пластмасовий корпус акумулятора; (А), (Б), (В) – схема з'єднання перемичок.

L02300G и L02370G – серія батарей, які не обслуговуються, з гелевим електролітом і поліпшеними характеристиками, вироблених за технологією «Владар GEL» для залізничного транспорту (рис. 7.8). Секції L02300G і L02370G використовуються для комплектації акумуляторних батарей 28L04300G і 28L04370G номінальною напругою 112 В, використовуваних для забезпечення електроенергією споживачів струму залізничних вагонів і призначені для роботи в умовах експлуатації групи М25 за ГОСТ 17516. Батарея 28L04370G призначена для вагонів з підвищеним енергоспоживанням.



Рис. 7.8. Гелеві акумуляторні батареї у підвагонній шухляді

Характеристика елементів гелевих акумуляторів. Електроди являють собою пастовану гратчасту пластину складної променевої геометрії з свинцево-кальцієво-олов'янистого сплаву, сепаратор – мікропористий (Німеччина) в комбінації зі скломатом, має низький електричний опір, запобігає опливанню активної маси. Виключається утворення і осадження шламу, що викликає коротке замикання всередині батареї. Корпус із загальною кришкою виготовлені з удароміцного морозостійкого ABS-пластика. Кришка з двома полюсними виводами виключає помилки при підключенні і експлуатації батареї, забезпечує простоту обслуговування.

Гелевий електроліт – модифікований сірчаноокислотний електроліт іммобілізований у вигляді гелю. Система регулювальних клапанів забезпечує підтримку надлишкового тиску всередині батареї і рекомбінацію через виділення в процесі роботи батареї кисню, а також відсутність втрат води. Батарея не вимагає перевірки рівня електроліту протягом усього терміну служби. Допускається установлення у вертикальному та горизонтальному положеннях. Область робочих температур: від -40° до $+45^{\circ}$ С (переважно $+20^{\circ}$ С). Термін служби: при правильній експлуатації – не менше 5 р.

Переваги гелевих акумуляторних батарей:

- відсутність технічного обслуговування протягом усього терміну служби;
- відсутність витоку електроліту навіть при пошкодженні корпусу;
- відсутність шкідливих парів кислоти в навколишньому середовищі при роботі батареї;
- не вимагає доливання води та перевірки рівня електроліту;
- дуже низька саморозрядка, після року зберігання при температурі +20° С батареї будуть мати приблизно 65 % початкової ємності;
- можливість компактного установаження секцій, батарея займає малу площу;
- здатність швидкого відновлення номінальної ємності;
- відмінні характеристики при розрядці високими струмами.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення акумуляторних батарей у вагонах?
2. Які види та типи акумуляторних батарей використовуються у пасажирських вагонах?
3. Яка конструкція та принцип дії лужного акумулятора?
4. Якими електричними параметрами характеризуються акумуляторні батареї?
5. Яка технологія формування акумуляторних батарей?
6. Переваги та недоліки лужних та кислотних акумуляторних батарей.
7. Як проводяться контрольно-відновлювальні цикли?
8. Як вимірюється опір ізоляції акумуляторної батареї?
9. Які переваги гелевих акумуляторних батарей?

8. РОЗПОДІЛЬНІ ЩИТИ ТА СИСТЕМИ ВАГОННОЇ АВТОМАТИКИ

8.1. Розподільні щити комплексів електрообладнання

Розподільний щит призначений для розміщення комутаційної, захисної та регулювальної апаратури системи електрообладнання пасажирського вагона. На ньому також монтуються електровимірювальні прилади (амперметр і вольтметр) та сигнальні лампи. На вагонах останніх років випуску розподільний щит виконано у вигляді металевої шафи, що називається пультом керування [8] (рис. 8.1).

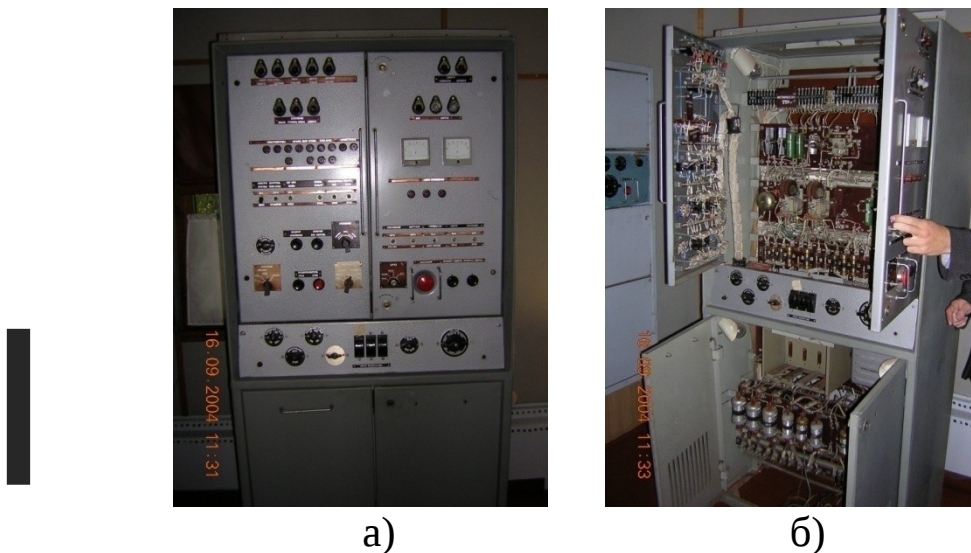


Рис. 8.1. Пульт керування 2ПУ.040 комплексу електрообладнання ЭВ.10.02 пасажирського вагона відкритого типу

Технічні дані пульта: габаритні розміри – 850x500x1850 мм, маса – 225±10 кг. Пульт встановлюється у службовому приміщенні вагона.

Пульт керування має відкидні або знімні панелі та дверцята, розташовані з переднього та заднього боку. Позначення апаратів та приладів на дверцятах здійснено за функціональним призначенням: на правих дверцятах встановлено апарати захисту та контролю джерел електропостачання, на лівій – споживачів. На середній відкидній панелі розміщуються пакетні перемикачі і автомати. Нижня передня частина пульта закрита дверцятами з

жалюзі. Верхні і нижні дверцята відчиняються стандартним залізничним ключем.

У внутрішніх відділеннях пульта монтується регулювальна, захисна і комутаційна апаратура, до якої не потрібен постійний доступ [5].

Апаратура автоматичного керування системою електрообладнання виконана у вигляді електронних блоків (рис. 8.2), які розташовані у нижній частині пульта керування. До основних з них відносяться:

- 1) блок захисту (БЗ);
- 2) блок реле частоти (БРЧ);
- 3) блок реле температури (БРТ);
- 4) блок управління опаленням (БУО);
- 5) блок регулятора напруги генератора (БРНГ).



Рис. 8.2. Електронні блоки пасажирських вагонів

БЗ призначено для захисту мережі електропостачання вагона від неприпустимих перевантажень.

БРЧ призначено для автоматичного перемикавання навантаження з акумуляторної батареї на генератор та з генератора на батарею при зміні частоти обертання генератора.

БРТ призначено для автоматичної зміни зарядної напруги акумуляторної батареї у залежності від температури повітря зовні вагона.

БУО призначено для автоматичного керування опаленням вагона з метою підтримки необхідної температури всередині салону.

БРНГ призначено для підтримки на постійному рівні вихідної напруги вагонного генератора незалежно від частоти його обертання та навантаження

У пульті керування типу 2ПУ.040 блоки п/п 1-4 входять до складу блоку 2БА.115. Блок регулятора напруги генератора розташовано зовні блоку 2БА.115 (знаходиться праворуч від нього). Блок 2БА.115 має «ловці» і розетки для електронних блоків, що входять до його складу. В комплексах електрообладнання останніх років випуску типу ЭВ.10.02.29, ЭПВ.10.01.03 всі електронні блоки розташовано в одному корпусі.

Вивідні затискачі пульта керування, що знаходиться під напругою 220 В (на відміну від затискачів на 50 В), закрито запобіжними кришками. Усередині пульта є освітлення.

Перевірка працездатності перелічених вище електронних блоків при технічному обслуговуванні та ремонті здійснюється за допомогою контрольно-діагностичних стендів (деякі з яких наведено на рис. 8.3) та відповідних методик діагностування та контролю [6,7]. Ці стенди також застосовані для проведення лабораторних робіт студентів [8].



Рис. 8.3. Стенди для випробування та регулювання електронних блоків вагонів

Комплекси електрообладнання постійно оновлюються та вдосконалюються. На вітчизняних пасажирських вагонах прискороного руху використовуються більш сучасні розподільні щити систем автоматизованого управління, контролю і діагностики (ШР САУКД), які побудовані у НПП «Хартрон-Експрес» (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Призначення та технічні характеристики вагонних пультів управління

Зовнішній вигляд та тип пульта	Призначення	Тип вагона	Технічна характеристика
1	2	3	4
 <p>Експрес-1</p>	Для систем з генератором постійного струму і напругою мережі 110 В	47К	Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В: 80-150. Споживана потужність, Вт: не більше 550. Габаритні розміри, мм: 420 x 820 x 2040. Маса, кг: не більше 150. Ступінь захисту оболонкою: IP20 за ГОСТ 14254-96
 <p>Експрес-2</p>	Для систем з генератором постійного струму і напругою мережі 110 В	47К	Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В: 80-150. Споживана потужність, Вт: не більше 550. Габаритні розміри, мм: 420 x 820 x 2100. Маса, кг: не більше 150. Ступінь захисту оболонкою: IP20 за ГОСТ 14254-96

1	2	3	4
 <p>Експрес-3</p>	<p>Для систем з генератором змінного струму і напругою мережі 50 В</p>	<p>Відкритий</p>	<p>Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В: 40-60. Споживана потужність, Вт: не більше 550. Габаритні розміри, мм: 405 x 850 x 1877. Маса, кг: не більше 150. Удари одиночної дії з прискоренням до 5g. Ступінь захисту оболонкою: IP20 за ГОСТ 14254-96</p>
 <p>Експрес-4</p>	<p>Для систем з генератором змінного струму і напругою мережі 110 В</p>	<p>61-779</p>	<p>Споживана потужність, Вт: не більше 550. Діапазон робочих температур: -40 ... 50°C. Габаритні розміри, мм: 420 x 820 x 2040. Маса, кг: не більше 150. Ступінь захисту оболонкою: IP 20 за ГОСТ 14254-96</p>
 <p>Експрес-5</p>	<p>Для систем з генератором змінного струму і напругою мережі 110 В</p>	<p>61-4179</p>	<p>Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В: 80 ... 150. Споживана потужність, Вт: не більше 550. Габаритні розміри, мм: 420 x 820 x 2040. Маса, кг: не більше 150. Ступінь захисту оболонкою: IP20 за ГОСТ 14254-96</p>

1	2	3	4
 <p>Експрес-6</p>	<p>Для систем з генератором змінного струму і напругою мережі 110 В</p>	<p>МПС Росії</p>	<p>Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В: 80 ... 150. Споживана потужність, Вт: не більше 550. Габаритні розміри, мм: 420 x 820 x 2040. Маса, кг: не більше 150. Ступінь захисту оболонкою: IP20 за ГОСТ 14254-96</p>
 <p>Експрес-7</p>	<p>Для систем з генератором змінного струму і напругою мережі 110 В</p>	<p>61-779 виконання 2</p>	<p>Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В: 80 ... 150. Споживана потужність, Вт: не більше 350. Габаритні розміри, мм: 320 x 820 x 2040. Маса, кг: не більше 120. Ступінь захисту оболонкою: IP21 за ГОСТ 14254-96. Одностороннє обслуговування</p>
 <p>Експрес-8</p>	<p>Для систем зі статичним перетворювачем від контактної мережі 3000 В і напругою мережі 110 В</p>	<p>47К зі статичним перетворювачем</p>	<p>Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В: 80 ... 150. Споживана потужність, Вт: не більше 350. Габаритні розміри, мм: 320 x 820 x 2040. Маса, кг: не більше 120. Ступінь захисту оболонкою: IP21 за ГОСТ 14254-96. Одностороннє обслуговування</p>

1	2	3	4
 Експрес-11	Для систем зі статичним перетворювачем від контактної мережі 3000 В і напругою мережі 110 В	61-7061, 61-7062, 61-7063, 61-7064, 61-7065, 62-7066, 62-7067, 62-7068, 62-7069, 62-7070	Діапазон живильної напруги мережі постійного струму, В 80 ... 150. Споживана потужність, Вт не більше 350. Габаритні розміри, мм 395 × 821 × 1850. Маса, кг не більше 120. Ступінь захисту оболонкою IP2I за ГОСТ 14254-96

8.2. Система регулювання напруги генератора

Принцип регулювання напруги генератора. Генератор, що приводиться у обертання від колісної пари вагона, при зміні частоти обертання і навантаження змінює свою напругу в широких межах. Стабілізація напруги генератора при різних експлуатаційних режимах здійснюється за допомогою системи автоматичного регулювання (САР), основним елементом якої є регулятор напруги генератора (РНГ). Регулювання напруги генератора здійснюється шляхом впливу на його струм збудження, внаслідок чого змінюється магнітний потік генератора і його ЕРС. У САР, що застосовуються на пасажирських вагонах, регулювання напруги здійснюється за принципом відхилення (Уатта-Ползунова). Згідно з цим принципом при всякому відхиленні напруги U генератора G від заданого значення $U_{\text{зад}}$ система регулювання змінює напругу U так, щоб відхилення $\Delta U = U_{\text{зад}} - U$ були найменшими (в ідеальному випадку нульовими).

Виконавчим органом регулятора напруги служить тиристор $V1$ (рис. 8.4, а), що здійснює імпульсне регулювання струму збудження генератора. Тиристор $V1$ за сигналами, що подаються від системи керування СКТ, періодично підключає обмотку

збудження до обмотки якоря і відключає її. При відкритті тиристора $V1$ до обмотки збудження $O3$ від обмотки якоря подається імпульс напруги, у результаті чого виникає перехідний процес зміни струму збудження I_3 , а отже, і напруги генератора U . Напруга генератора при цьому змінюється за експонентою 1 (рис. 8.4, б). При закритті тиристора струм продовжує протікати по обмотці збудження через зворотний діод $V2$ за рахунок електромагнітної енергії, запас якої знаходиться в індуктивності обмотки збудження в період відкритого стану тиристора. В міру зменшення цієї енергії струм збудження і напруга генератора зменшуються за експонентою 2.

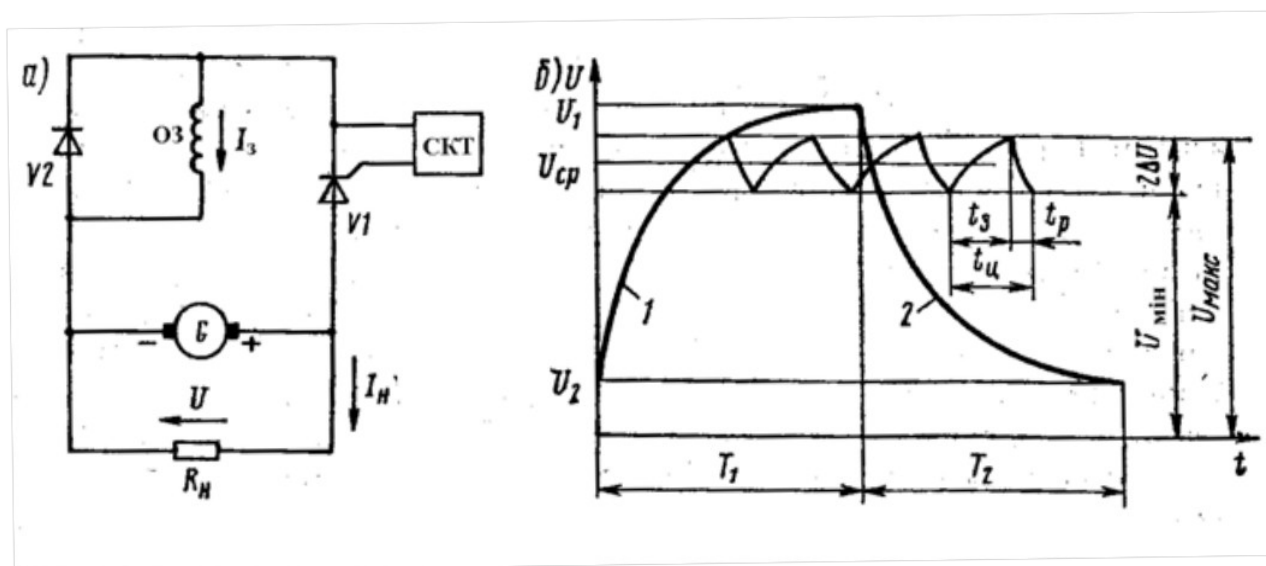


Рис. 8.4. Принципова схема САР напруги генератора з імпульсним тиристорним регулятором (а) та графік зміни напруги генератора (б)

Якщо відкриття і закриття тиристора $V1$ відбувалося через значні проміжки часу, то напруга генератора змінювалась порівняно повільно і досягла значень U_1 і U_2 , що відповідає найбільшому значенню струму збудження та $I_3=0$. Час T_1 і T_2 кожного з цих перехідних процесів залежать від часу $T_3=L_3/r_3$ кола збудження генератора, що у загальному випадку для відкритого і закритого станів тиристора може бути різним. Однак у процесі роботи регулятора тиристор $V1$ відкривається і закривається з великою частотою, внаслідок чого період його роботи $t_{ц}$ виявляється значно меншим значень T_1 і T_2 . Тому

напруга генератора не встигає змінюватися до своїх граничних значень U_1 і U_2 і лише коливається (пульсує) навколо U_{CP} у порівняно вузькій області $2\Delta U$.

Час, протягом якого відбувається зростання струму збудження і напруги генератора, характеризується відносною замкнутістю кола збудження

$$\tau_3 = t_3/t_{Ц} = t_3/(t_3 + t_p), \quad (8.1)$$

де t_3 – час відкритого стану тиристора,

t_p – час його закритого стану;

$t_{Ц} = t_3 + t_p$ – час циклу (величина, обернена частоті повторення імпульсів).

Час, протягом якого відбувається зниження струму збудження і напруги генератора, характеризується відносною розімкнутістю кола збудження:

$$\tau_p = t_p/t_{Ц} = t_p/(t_3 + t_p). \quad (8.2)$$

Середнє значення струму збудження I_{3CP} , а отже, і середнє значення напруги генератора U_{CP} визначаються опором кола збудження і співвідношенням між відносною замкнутістю і відносною розімкнутістю цього кола. Характер перехідного процесу зростання і зменшення струму I_3 і напруги U залежить від постійної часу T_3 , кола збудження і значень τ_3 і τ_p . Під час роботи регулятора відносні замкнутість τ_3 і розімкнутість τ_p змінюються. При найменшій частоті обертання і найбільшому навантаженні τ_3 має найбільше значення, при найбільшій частоті обертання і холостому ході – найменше. При збільшенні частоти обертання і зменшенні навантаження для підтримки його незмінним струм збудження має бути зменшений; це виконується регулятором автоматично шляхом зменшення τ_3 . Частота вмикання тиристора й амплітуда пульсації напруги змінюються в залежності від частоти обертання якоря і навантаження генератора (вони для кожного режиму різні).

Діапазон роботи РНГ. Регулювати напругу генератора можливо тільки при обмежених змінах частоти обертання і

струмах навантаження. Як було зазначено вище, у генераторах із паралельним збудженням є деяка найменша (мертва) частота обертання $n_{\text{МИН}}$, нижче якої процес самозбудження неможливий. При цій частоті обертання опір кола збудження стає рівним «критичному». Частота обертання $n_{\text{МАКС}}$ звичайно визначається умовами комутації в генераторі і механічній міцності якоря і привода. У вагонних генераторів із приводом від осі колісної пари $n_{\text{МАКС}}/n_{\text{МИН}} = 4 \div 6$. Найбільший струм збудження $I_{\text{ЗМАКС}}$ визначається при найменшій частоті обертання $n_{\text{МИН}}$ і номінальному навантаженні, найменший струм $I_{\text{ЗМИН}}$ – при найбільшій частоті обертання $n_{\text{МАКС}}$ і холостому ході.

Коефіцієнт регулювання струму збудження $k_i = I_{\text{ЗМАКС}}/I_{\text{ЗМИН}}$ для генераторів пасажирських вагонів складає 12–15. Дія всіх РНГ заснована на зміні струму збудження генератора шляхом вмикання в це коло деякого елемента з еквівалентним опором r_d . Таким елементом може бути регульований резистор (вугільний стовп), система транзисторів, регульована індуктивність (магнітний підсилювач) або імпульсний тиристорний переривач. Необхідний діапазон зміни опору r_d (наприклад, опори комплекту вугільних стовпів) можливо визначити, використовуючи регульовальні характеристики відповідного генератора. Задану напругу $U_{\text{НОМ}}$ можна підтримувати при частоті обертання не нижче $n_{\text{МИН}}$ (рис. 8.5), коли r_d цілком виведено, тобто коли повний опір $R_{\text{ЗМИН}}$ дорівнює опоріві самої обмотки збудження r_3 , і не вище $n_{\text{МАКС}}$, коли $R_{\text{ЗМАКС}} = r_3 + r_{d\text{МАКС}}$.

Із співвідношення

$$k_i = I_{\text{ЗМАКС}}/I_{\text{ЗМИН}} = (r_3 + r_{d\text{МАКС}})/r_3 \quad (8.3)$$

отримаємо, що

$$r_{d\text{МАКС}} = r_3(k_i - 1). \quad (8.4)$$

До моменту досягнення генератором частоти обертання $n_{\text{МИН}}$ напруга і струм збудження генератора зростають із ростом n за кривими 1 та 2 відповідним опором $R_{\text{ЗМИН}}$. При $n_{\text{МИН}}$ струм збудження має найбільше значення $I_{\text{ЗМАКС}}$.

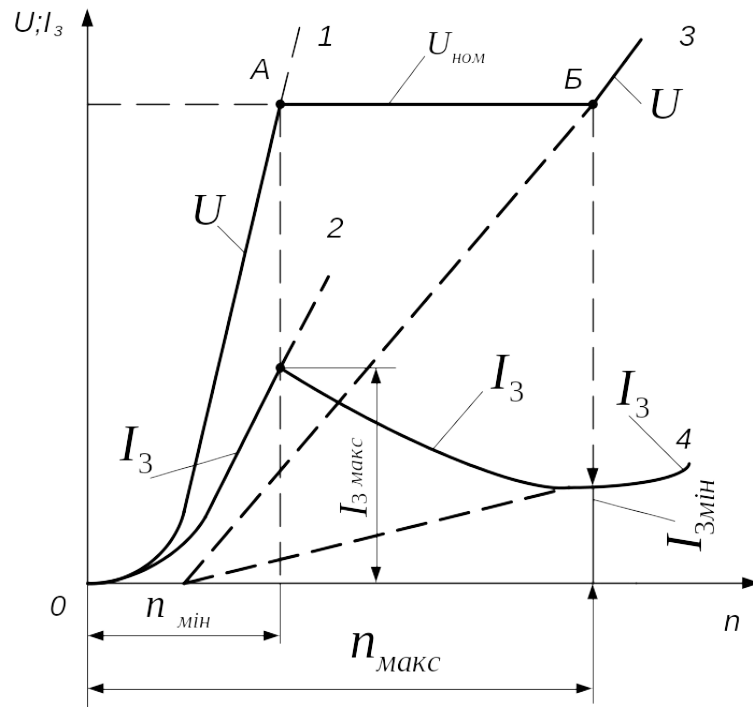


Рис. 8.5. Графік зміни напруги та струму збудження генератора, який визначає діапазон роботи РНГ

По мірі того, як зростає частота обертання, вступає в роботу регулятор напруги і починає збільшувати опір r_d , внаслідок чого напруга підтримується на заданому рівні. При $n_{\text{МАКС}}$ струм збудження досягає найменшого значення $I_{3\text{МІН}}$.

Подальше збільшення n і понад $n_{\text{МАКС}}$ знову приводить до збільшення напруги і струму збудження генератора, тому що весь опір $r_{d\text{МАКС}}$ регулятора уже введено в коло обмотки збудження і збільшуватись більше не може. Напруга генератора і струм збудження при цьому зростають по кривих 3 і 4, що відповідає опоріві $R_{3\text{МАКС}}$. Точка А характеризує момент вступу в роботу регулятора напруги, точка Б – момент припинення роботи.

Функціональні схеми САР. Сучасні системи автоматичного регулювання напруги вагонних генераторів є замкненими. Це означає, що регулятор напруги впливає на об'єкт регулювання (генератор), а об'єкт регулювання за допомогою зворотного зв'язку – на регулятор.

Функціональну схему системи автоматичного регулювання вагонного генератора з використанням РНГ наведено на рис. 8.6.

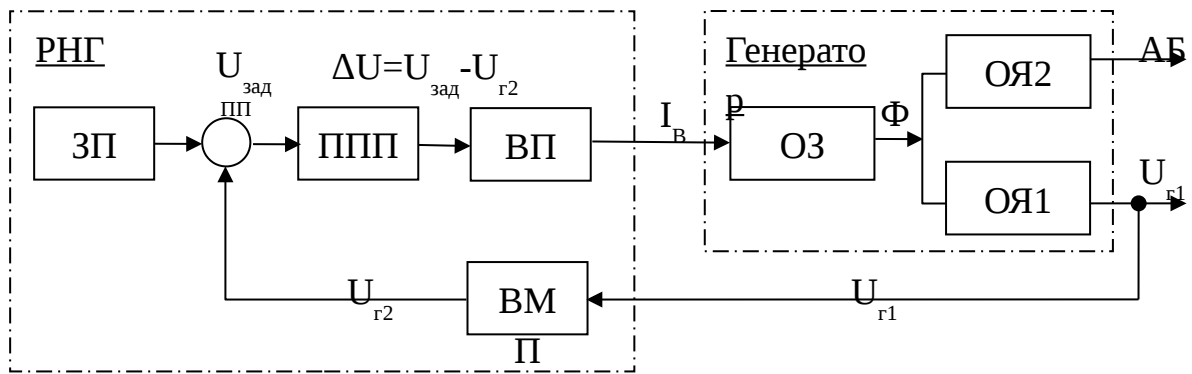


Рис. 8.6. Функціональна схема САР напруги генератора:

- ЗП – задавальний пристрій;
- ПП – порівнювальний пристрій;
- ВМП – вимірювальний пристрій;
- ППП – підсилювально-перетворювальний пристрій;
- ВП – виконувальний пристрій;
- ОЗ – паралельна обмотка збудження генератора;
- ОЯ1 – основна обмотка генератора;
- ОЯ2 – додаткова (вольтододаткова) обмотка генератора

Електронний регулятор напруги генератора (РНГ) призначений для підтримки на постійному рівні (50 ± 3) В вихідної напруги вагонного генератора незалежно від величини зовнішніх збурюючих впливів, основними з яких є частота обертання генератора та навантаження.

Конструктивно регулятор є електронним блоком, що розміщується на металевій основі та закритий кожухом. На блоці встановлено гніздо штепсельного рознімача типу РП10-ІІ"З" (рис. 8.7).

Принципову схему РНГ типу 2Б.231 наведено на рис. 8.8.

Тиристорний РНГ включає до свого складу:

- задавальний пристрій (ЗП) – коло з послідовно поєднаних резистора R8, діодів V2, V3 та стабілітрона V4. ЗП призначено для задавання САР необхідного режиму роботи та є еталонним (опорним) джерелом напруги;
- вимірювальний пристрій (ВМП) – подільник напруги, виконаний на резисторах R1-R5. На ВМП подається вихідна напруга генератора;
- порівнювальний пристрій (ПП) – транзистор V1, стан якого (відкритий та закритий) залежить від полярності напруги, що подається до емітерно-базового переходу. На виході ПП отримуємо сигнал розгортання (різниці) ΔU між заданою (еталонною) величиною напруги $U_{\text{зад}}$ та величиною напруги $U_{\text{г2}}$, пропорційній вихідній напрузі генератора $U_{\text{г1}}$.
- підсилювально-перетворювальний пристрій (ППП) – виконано на транзисторах V5-V6. Призначено для підсилення малопотужного сигналу на виході з ПП, недостатнього для керування тиристором V10. Транзистори V5-V6 також виконують функцію спускової схеми (ключа) у колі керуючого електрода тиристора V10;
- виконавчий пристрій (ВП) – є виконавчою групою, що складається з тиристора V10 та діодів V11, V12. Основним елементом ВП є тиристор V10, що здійснює імпульсне регулювання струму збудження генератора.

У схемі РНГ, окрім основних регулювальних елементів, передбачено низку згладжувальних та завадовидальючих пристроїв, які запобігають помилковим спрацьовуванням тиристора V10 та забезпечують стійку роботу регулятора.

Вугільний регулятор напруги генератора. У пасажирських вагонах ранніх років побудови в схемах з генератором постійного струму застосовувався вугільний регулятор напруги генератора. Він складається з трьох основних вузлів: вугільного стовпа 1, електромагніту 4 і пружини 6 (рис. 8.9). Вугільний стовп служить виконавчим органом регулятора та ввімкнений в коло збудження генератора і являє собою регульований резистор, опір якого залежить від прикладеного тиску. Змінюючи тиск на стовп, регулюють струм

збудження I_3 генератора. Електромагніт 4 здійснює зворотний зв'язок в системі автоматичного регулювання.

На котушку 7 електромагніту подається напруга U генератора. Вимірювальним органом регулятора є якір 3. З допомогою механічного зв'язку 2 він здійснює тиск на вугільний стовп. Зусилля пружини 6 визначає задану напругу $U_{зАд}$. Якщо напруга U перевищує $U_{зАд}$, то електромагніт повертає якір 3 проти годинникової стрілки, що приводить до зменшення тиску на вугільний стовп. При цьому опір стовпа збільшується, струм збудження I_3 зменшується і напруга на затискачах генератора знижується до заданого значення. Навпаки, якщо напруга на затискачах генератора стає нижчою за $U_{зАд}$, то тиск на вугільний стовп зростає, зменшується опір стовпа і напруга на затискачах генератора підвищується до заданого значення. Регулятор забезпечують повітряним демпфером - заспокоювачем 5, який сприяє швидкому загасанню коливань якоря.

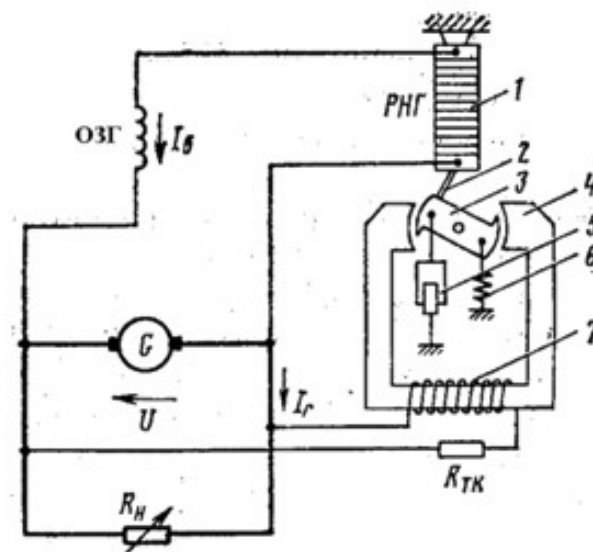


Рис. 8.9. Принципова схема САР напруги генератора з вугільним регулятором

У РНГ застосовують один або декілька вугільних стовпів, сполучених у два паралельних кола. Кожний стовп складається з великої кількості електрографітних вугільних кілець товщиною 0,5 мм, розташованих між металевими струмовідвідними кільцями. Опір $r_{СТ}$ вугільного стовпа складається з опору r_K самих кілець і перехідного опору $r_{ПЕР}$ в місцях електричного контакту

між окремими кільцями. Внаслідок нерівностей, що є на поверхні кілець, стикання їх відбувається не по площині, а в окремих точках. Якщо стовп стискати, то площа стикання збільшується, а величина перехідного опору меншає. Отже, при зміні сили натиснення на вугільний стовп (в межах пружних деформацій) плавно змінюється від часток до сотень омів і його опір. На практиці використовують не весь діапазон можливої зміни опору, оскільки при малому тиску порушується стійка робота вугільного регулятора. Це пояснюється тим, що при малій силі натиснення P на стовп незначні його деформації, викликані вібрацією вагона і зміною навколишньої температури, приводять до значних змін опору вугільного стовпа. Тому робочий діапазон зміни опору комплекту вугільних стовпів у РНГ становить 30-50.

Однак, у теперішній час вугільні РНГ на пасажирських вагонах вже не використовуються.

Діагностика та налаштування електронного блоку 2Б.231 на випробувальному стенді. Для перевірки працездатності та налаштування електронного блоку при технічному обслуговуванні та ремонті використовують таку методику [7, 8]:

а) під'єднати до гнізда штепсельного рознімача типу РП10-П"З" електронного блоку 2Б.231 вилку сполучного кабелю випробувального стенда. Електрична схема випробувального стенду зображена на рис. 8.10.

б) встановити перемикач S2 у положення „0” та увімкнути живлення стенда;

в) за методикою, наведеною у табл. 8.2, виконати перевірку працездатності електронного блоку 2Б.231;

г) за необхідності виконати налаштування РНГ шляхом регулювання уставки за допомогою резистора R4 блоку 2Б.231.

Для виявлення відмов електронного блоку 2Б.231 застосовують вимір електричних параметрів у контрольних точках (рис. 8.11), карти напруг за такою методикою:

а) схему з'єднання блоку 2Б.231 з випробувальним стендом залишити попередньою. Перемикач S2 залишити у положенні 4. Напруга за вольтметром P_u повинна складати (50 ± 5) В;

б) виконати виміри величин напруги у контрольних точках блоку 2Б.231 та порівняти з еталонними значеннями, керуючись табл. 8.3.

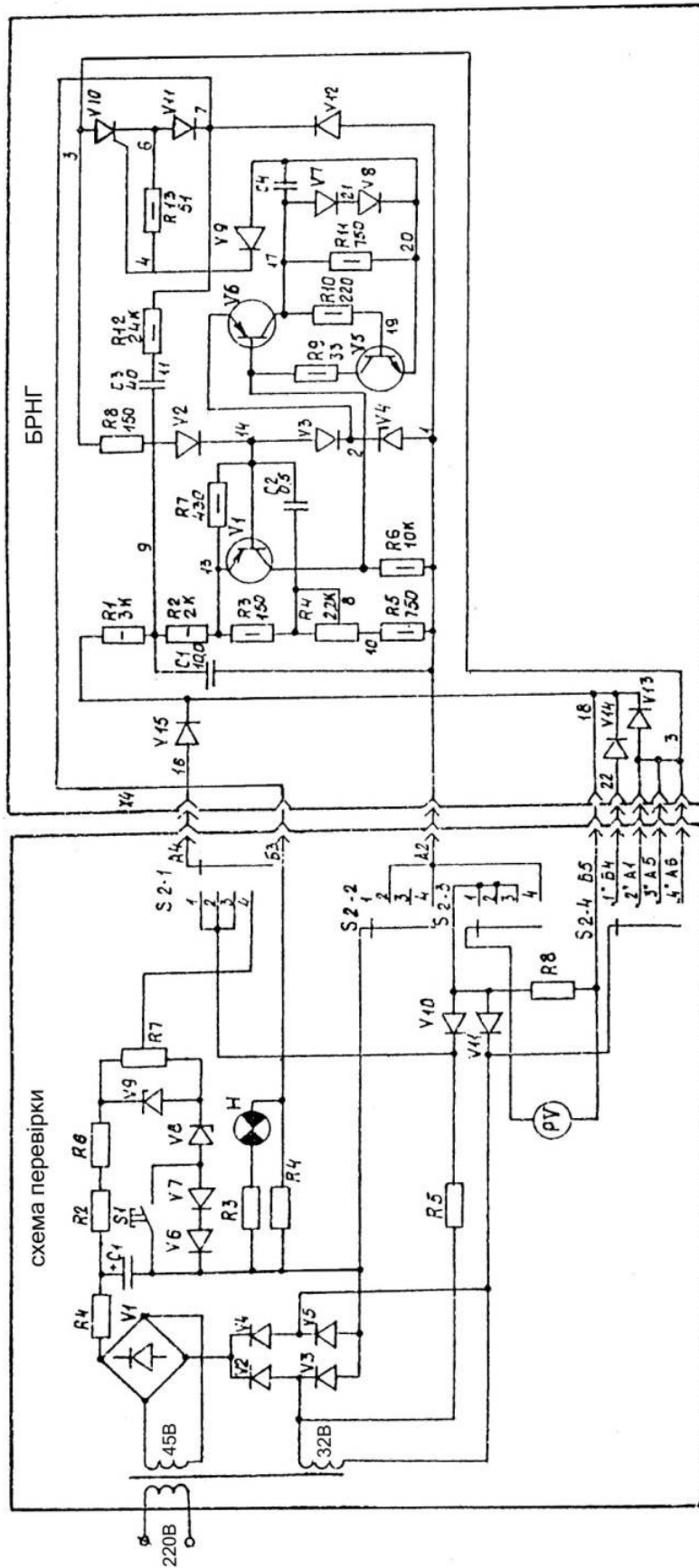


Рис. 8.10. Електрична схема випробувального стенда

Контроль функціонування блоку 2Б.231

Параметри та показники, що перевіряються	Методика перевірки	Положення перемикача S2	Вимоги	
			Напруга за вольтметром P_u (В)	Стан лампи Н
1. Справність кіл та елементів: 1.1. Діоди V14, V15 1.2. Діоди V11, V12, V13 та тиристор V10 зі схемою керування 1.3. Контакт A5 рознімача	Контролювати напругу за вольтметром та стан лампи Н	1	24±5	Не горить
		2		Горить
		3		Горить
2. Уставка: 2.1. Вимкнення тиристора	Плавно збільшувати напругу за допомогою резистора R7 "Уставка" до моменту погасання лампи Н	4	50±0,5	Гасне
2.2. Увімкнення тиристора	Не змінюючи положення резистора R7, натиснути кнопку S1	4	Зменшується на 1÷1,5	Горить

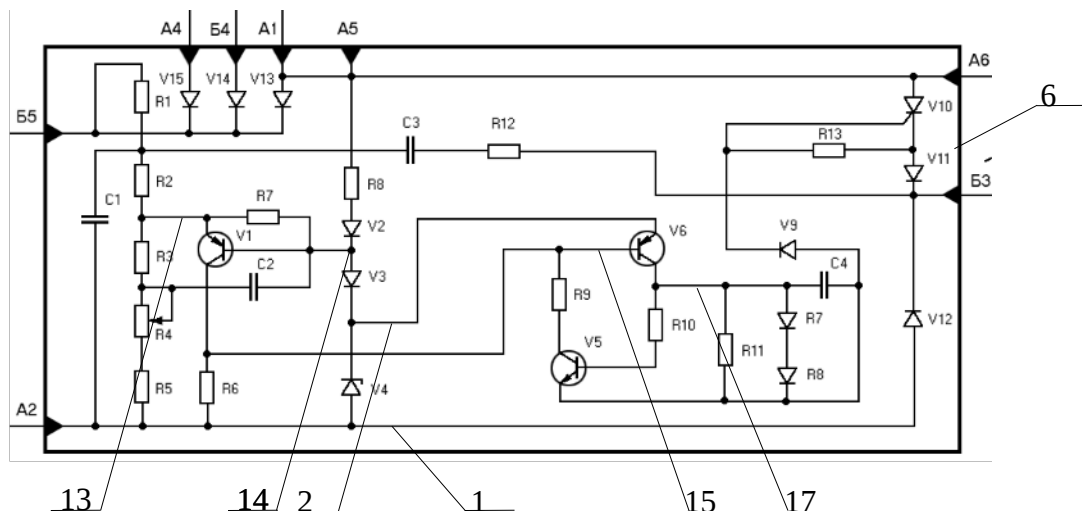


Рис. 8.11. Контрольні точки блоку 2Б.231

Карта напруг блоку 2Б.231

Параметри (елементи)	Контрольні точки		Напруга при відповідному положенні ніжки регулювального резистора R4	
	«+»	«-»	ліве	праве
Uст (V4)	2	1	10,0÷14,0	-
Uпр (V3)	14	2	0,5÷1,0	0,5÷1,0
Uэк (V1)	13	15	менш 0,3	0,5÷1,0
Uбэ (V6)	15	2	0,5÷1,5	-
Uк (V6)	17	1	0,1÷1,5	5,0÷8,0
Uк (V10)	6	1	0,1÷1,0	10,0÷16,0

8.3. Система керування реле частоти

Для автоматичного перемикавання навантаження з акумуляторної батареї на генератор при досягненні останнім частоти обертання близько 900 об/хв в системі електрообладнання вагона застосовується система автоматичного керування на основі блоку реле частоти БРЧ (рис. 8.12). При даній швидкості спрацьовує БРЧ та замикаючим контактом свого виконавчого реле К умикає контактор, який знаходиться у пульті керування вагона. Цей контактор розмикаючим контактом відключає навантаження від акумуляторної батареї, а замикаючим контактом – підключає на зарядку батарею сумарною напругою випрямлячів першої та другої групи. Повернення у початковий стан відбувається при більш низькій швидкості, що обумовлено величиною коефіцієнта повернення реле та оберігає БРЧ від дзвінкової роботи.

Електронний блок БРЧ включає до свого складу:

- формувач імпульсів – пристрій, що перетворює вихідну напругу генератора у серію гострокінцевих синхронізуючих імпульсів, що слідує з періодом, що дорівнює періоду напруги генератора (вхідної напруги БРЧ). Саме цими сигналами запускається генератор імпульсів. Формувач імпульсів виконаний на тиристорі V2;

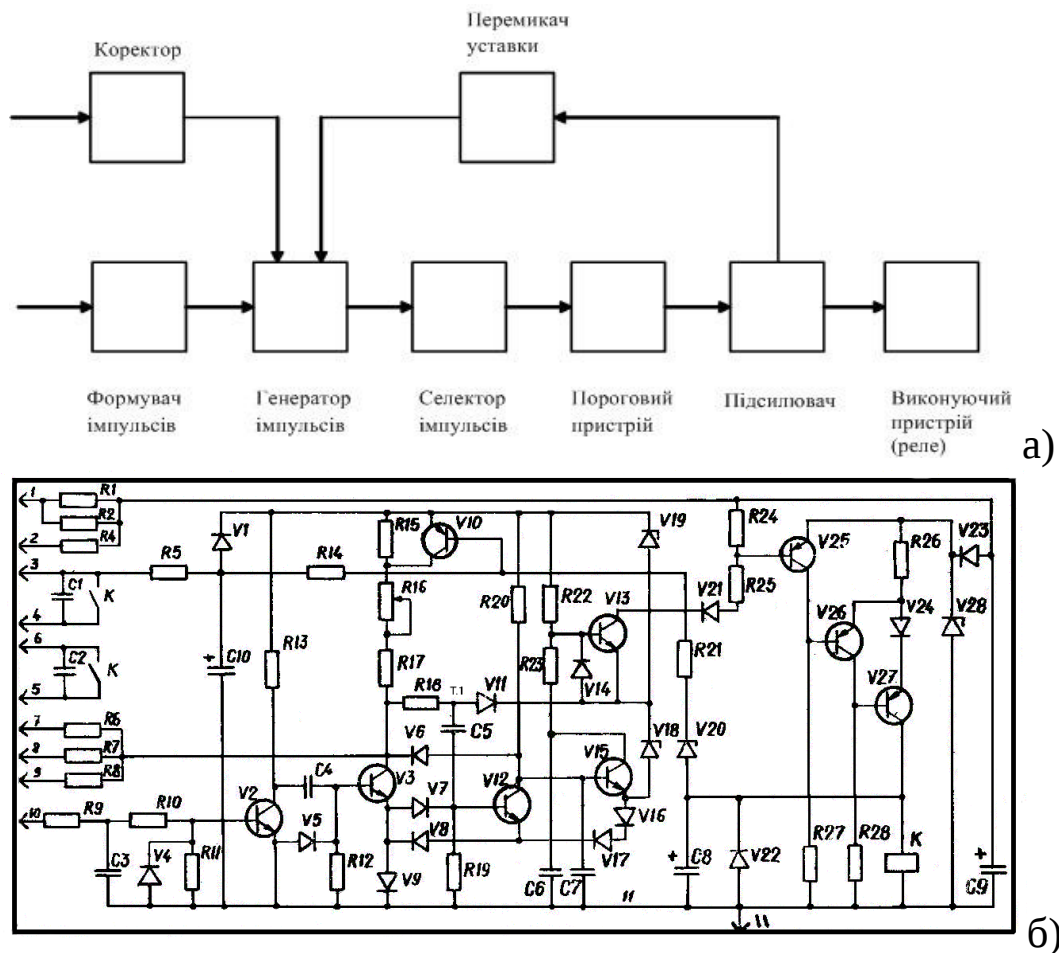


Рис. 8.12. Структурна (а) та принципова (б) схема блоку реле частоти (БРЧ)

- генератор імпульсів – моновібратор, що генерує коливання прямокутної форми з періодом T , рівним періоду вхідної напруги, тривалістю t_u , що змінюється зі зміною частоти вхідної напруги, та незмінним значенням тривалості паузи $t_n = T - t_u$. Зі зменшенням періоду вхідної напруги (підвищенням частоти генератора) тривалість періоду наближається до тривалості паузи, і коли тривалість періоду дорівнюватиме тривалості паузи моновібратора, імпульси на його виході зникають. Генератор імпульсів виконаний на тиристорах $V3$ та $V12$;
- селектор імпульсів – пристрій, що розрізняє наявність або відсутність імпульсів на виході генератора імпульсів. В першому випадку на виході селектора утворюється серія імпульсів пилкоподібної напруги незмінної тривалості та амплітуди, що зменшується зі зростанням частоти шпаруватості. При досягненні

частотою генератора значення уставки, коли $t_u=0$ (імпульси зникають), на виході селектора утворюється постійна напруга за величиною більша, ніж амплітуда пілкоподібної напруги. Селектор імпульсів виконано на тиристорі V15;

- пороговий пристрій є транзисторним ключем, що порівнює вихідну напругу селектора імпульсів з опорною напругою. На виході транзисторного ключа (порогового пристрою) з'являється сигнал при частоті, більшій ніж частота уставки (заданої частоти спрацьовування) і навпаки. Пороговий пристрій виконано на тиристорі V13;

- підсилювач – призначено для посилення вихідної напруги транзисторного ключа порогового пристрою. До виходу підсилювача безпосередньо підключено виконавче реле К блоку. Підсилювач виконано на транзисторах V25, V26, V27;

- коректор уставки – призначено для корекції уставки залежно від величини навантаження, що підключається. Коректор уставки виконано на резисторах R6, R7, R8;

- перемикач уставки – призначено для задавання необхідного коефіцієнта повернення реле БРЧ. Його виконано на регульовальному резисторі R16 блоку.

Діагностика та налаштування електронного блоку БРЧ на випробувальному стенді. Процес діагностики та налаштування складається з таких етапів:

- а) під'єднати до гнізда штепсельного рознімача електронного блоку БРЧ вилку сполучного кабелю випробувального стенда. Електрична схема випробувального стенда наведена на рис. 8.13;

- б) встановити перемикач S2 у положення „0” та ввімкнути живлення стенда;

- в) за методикою, що наведена у табл. 8.4, виконати перевірку працездатності електронного блоку БРЧ;

- г) при необхідності здійснити налаштування БРЧ шляхом регулювання уставки за допомогою резистора R випробовуваного блоку БРЧ.

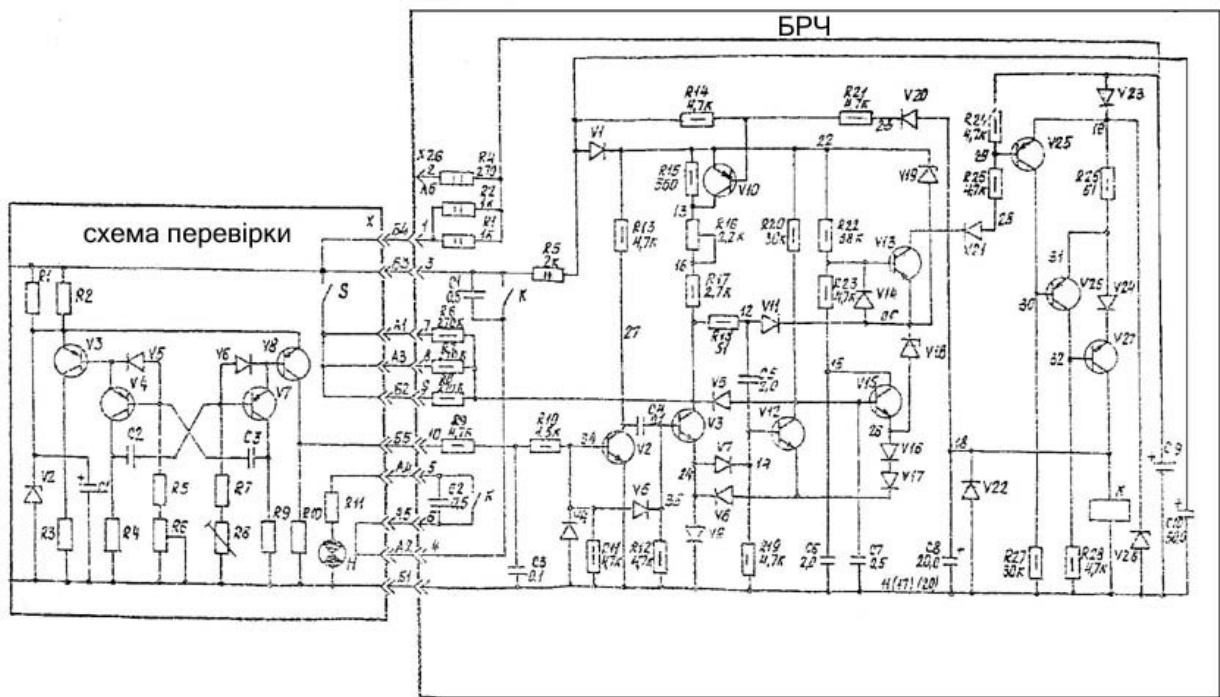


Рис. 8.13. Електрична схема випробувального стенда

Таблиця 8.4

Контроль функціонування блоку БРЧ



Показники, що перевіряються	Методика перевірки	Вимоги
1. Уставка при вимкненій кнопці S1	Обертати потенціометр R6 і контролювати стан лампи Н1	Н1 спалахує при частоті 92÷98 Гц Н1 гасне при частоті 83÷89 Гц
2. Уставка при ввімкненій кнопці S1*	Увімкнути кнопку S1, обертати потенціометр R6 і контролювати стан лампи Н1	Н1 спалахує при частоті 98÷104 Гц Н1 гасне при частоті 89÷95 Гц

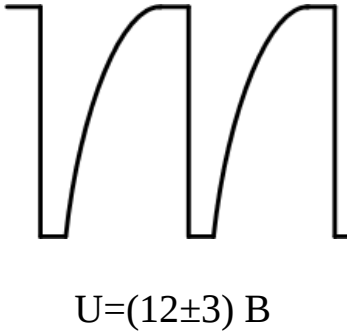
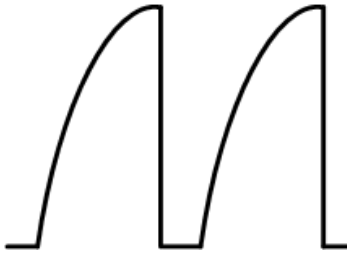
* Уставка при ввімкненій кнопці S1 повинна бути більша, ніж при вимкненій, не менш ніж на 5 Гц.

Для виявлення відмов електронного блоку БРЧ застосовують вимір форми напруги в контрольних точках блоку за допомогою осцилографа (табл. 8.5).

Таблиця 8.5

Форми напруги БРЧ

Параметр, що контролюється, та контрольні точки БРЧ	Форма напруги, що отримана експериментальним шляхом	Дійсна форма напруги при працездатному блоці БРЧ	Ознака відмови та елемент, що відмовив
1	2	3	4
1. Форма вхідної напруги на формувач імпульсів від фази генератора. Б1 «-»; Б5 «+»		—	—
2. Форма вихідної напруги формувача імпульсів. Б1 «-»; Колектор V2 «+»		 <p>$U=(18\pm 4) \text{ В}$</p>	Відсутність імпульсів (V2)
3. Форма вхідної напруги транзистора V3 генератора імпульсів. Б1 «-»; База V3 «+»		 <p>$U=(1,2\pm 0,4) \text{ В}$</p>	Відсутність імпульсів або округлення вершини імпульсів (V3); Збільшення зворотного викиду, зміна амплітуди та форми (V5)

1	2	3	4
<p>4. Форма напруги в т.1 (див. рис. 2) генератора імпульсів. Б1 «-»; т.1 «+»</p>		 <p>$U=(12\pm 3) \text{ В}$</p>	<p>Відсутність імпульсів (V3); відсутність риски вершини, закруглена форма при малій амплітуді (С5-утікання струму); прямокутна форма імпульсів (С5-обірвано)</p>
<p>5. Форма вихідної напруги транзистора V12 генератора імпульсів. Б1 «-»; Колектор V12«+»</p>		<p>—</p>	<p>—</p>
<p>6. Зміна форми вихідної напруги селектора імпульсів при зміні частоти від f_{\min} до f_{\max}. Б1 «-»; Колектор</p>	<p>$U(f_{\min})$</p> <p>$U(f_{\max})$</p>	 <p>$U(f_{cp})=(8\pm 3) \text{ В}$</p>	<p>Відсутність імпульсів (V15); різке зменшення амплітуди (V12); прямокутна форма амплітуди (обірвано)</p>

V15«+»			C6)
--------	--	--	-----

Продовження табл. 8.5

1	2	3	4
7. Зміна величини вихідної напруги порогового пристрою при зміні частоти генератора від f_{\min} до f_{\max} Б1 «-»; Колектор V13«+»	U(fmin) U (fmax)	-	-
8. Перевірка реле К блока БРЧ на спрацювання Б1 «-»; А4,А2,А5«+»	До спрацювання Після спрацювання	-	Реле К або схема керування

8.4. Система керування опаленням вагона

Для автоматичного управління опаленням вагона та підтримки необхідної температури усередині салону в системі електрообладнання вагона застосовується система автоматичного керування на основі блоку управління опаленням БУО (рис. 8.14).

Виносними лініями з цифрами позначено контрольні точки блоку.

Електричне опалення працює у чотирьох режимах. Кожний з режимів встановлюється перемикачем «Опалення»:

- 1) «0» – опалення вимкнене;
- 2) «Ручне ввімкн.» – електронагрівач ввімкнено та він не керується схемою регулювання температури у вагоні;
- 3) «Автомат. Норм.» – управління роботою нагрівача здійснюється схемою автоматики, що підтримує температуру у вагоні в межах $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- 4) «Автомат. Відстій» – управління роботою нагрівача

здійснюється ртутними термодатчиками, що забезпечують підтримку температури у вагоні в межах $(5 \div 12)^\circ\text{C}$.

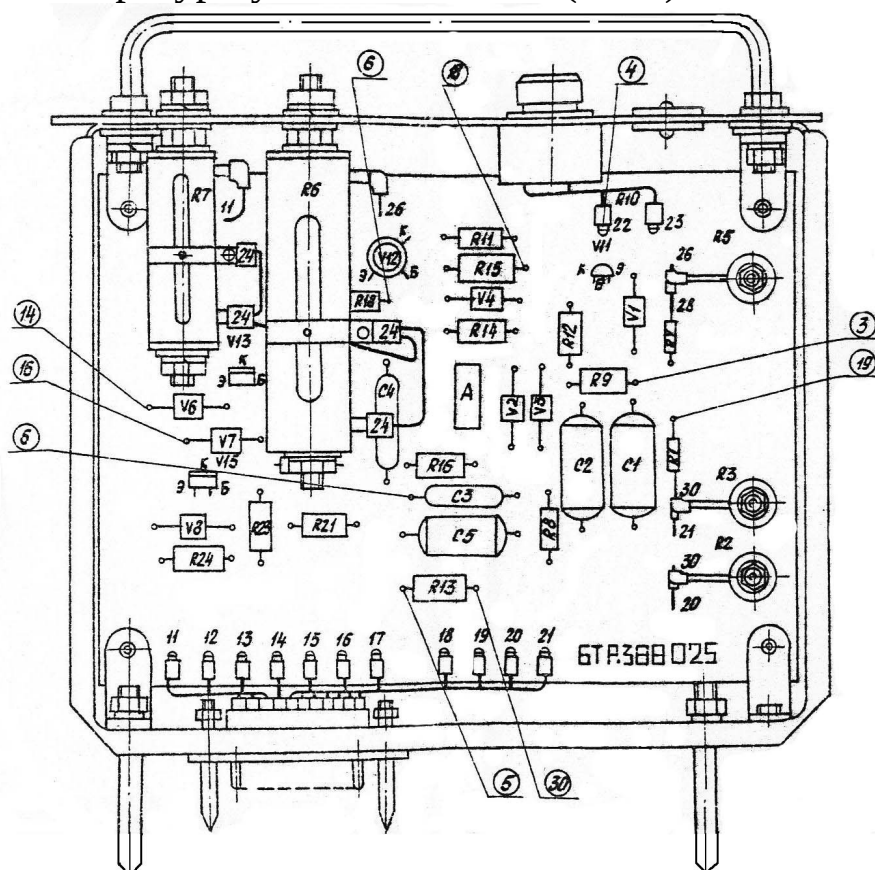


Рис. 8.14. Загальний вигляд блоку управління опаленням (БУО)

Режим «Автомат. Норм.» є основним для роботи електричного опалення. В цьому режимі температура у вагоні автоматично регулюється в межах $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Регулювання здійснюється за спеціальною програмою, що забезпечує залежність температури води в котлі від температури зовнішнього повітря.

Реалізація програми здійснюється блоком управління опаленням (БУО) та датчиками температури.

В схемі управління опаленням застосовуються датчики двох типів:

- 1) мідні терморезистори (R11, R12, R13);
- 2) ртутні контактні термодатчики (B1-B5).

Різні термодатчики працюють в різному діапазоні температур:

$(7 \div 10)^\circ\text{C}$ – датчики B2, B3 (робота опалення у відстої);

до 18°C – В4, В5 (прискорений нагрів);
 (18÷22)°C – R11-R13 (режим роботи «Автомат. Норм.»);
 до 24°C – В1 (відключення К25 та нагрівачів котла, коли температура в салоні досягне 24°C).

Блок БУО включає до свого складу такі функціональні вузли:

- вимірювальний міст;
- підсилювач постійного струму;
- транзисторні ключі;
- підсилювач потужності;
- виконавчий елемент;
- перемикач уставки.

Вимірювальна частина блоку є мостовою схемою (рис. 8.15).

В одне з плеч вимірювального моста включені датчики:

- температури зовнішнього повітря R12,
- температури води на виході котла R11
- температури повітря у салоні R13.

Перелічені вище датчики розташовані зовні блоку БУО.

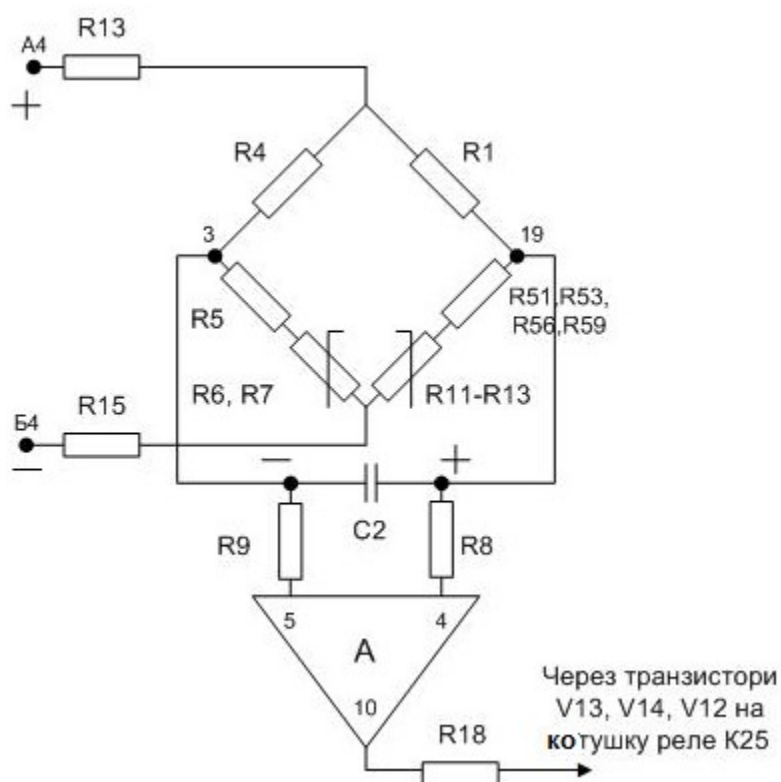


Рис. 8.15. Схема вимірювальної частини (моста) блоку БУО

Для забезпечення відповідної залежності температури води в котлі від температури зовнішнього повітря і температури повітря у салоні через терморезистори пропускаються струми таких величин, які забезпечують задану програму управління. Це досягається шляхом увімкнення підживлюючих резисторів R2, R3.

Друге плече моста утворюється резистором R1, а третє і четверте плечі моста утворюються резисторами R4÷R7. Резистори R6 та R7 призначені для настроювання уставки спрацьовування блоку. Крім того, для забезпечення підстроювання необхідного значення температури у салоні приблизно в межах $\pm 2^{\circ}\text{C}$ послідовно з термодатчиками увімкнено резистори R51, R53, R56, R59, які можуть перемикатися перемикачем S45. У разі відхилення температури води на виході котла від значення, що визначається законом регулювання, вимірювальний міст стає розбалансованим та в його діагоналі (т.3-19) є напруга – сигнал роззгодження. Цей сигнал надходить на входи мікросхеми А (т.5-4) – операційного підсилювача. Резистори R8, R9 та діоди V2 і V3 на вході мікросхеми служать для захисту її вхідних кіл від перевантажень. Конденсатори C1÷C5 і резистор R16 виконують завадопоглинальні функції. Резистор R18 захищає вихід мікросхеми від перевантаження.

Сигнал з виходу мікросхеми через резистор R18 подається на базу транзистора V13, що виконує роль транзисторного ключа. Емітер транзистора V13 підключений до середньої точки джерела живлення (стабілітрони V18, V19), а вимірювальний міст з метою зниження потужності, що виділяється на датчиках, живиться через баластні резистори R13, R15. Для зниження синфазного сигналу резистори R13, R15 увімкнено симетрично в плюсовий та мінусовий кола живлення моста.

Для транзистора V13 характерні два режими роботи.

У першому режимі, який відповідає температурі води на виході котла нижче заданої, на базу транзистора V18 подається позитивний потенціал відносно його емітера. При цьому транзистор V13 відкритий. Якщо при цьому ртутний термодатчик В1 - 24°C розімкнено, то транзистор V14 також є відкритий і через відкритий транзистор V12 підсилювача потужності одержує живлення котушка виконуючого елемента – реле K25,

яке знаходиться у ввімкненому стані. При зростанні температури води на виході котла до значення, що перевищує задане законом регулювання, розбаланс моста стає таким, що на базу транзистора V13 подається негативний потенціал відносно його емітера. При цьому транзистор V13 закритий, і якщо при цьому ртутні термодатчики 18° замкнуті, то закритий і транзистор V15. При цьому на базу транзистора V12 підсилювача потужності подається замикаюча напруга, що знімається з діода V9. Транзистор V12 закритий і реле K25 знаходиться у вимкненому стані.

Перемикач уставки виконаний на транзисторі V11. При відкритому транзисторі V12 база транзистора V11 одержує позитивний потенціал через цей транзистор та резистор R14 і він закритий. Діод V1 обмежує величину позитивного зсуву на базі транзистора. При закритому транзисторі V12 база транзистора V11 одержує негативний зсув через котушку реле K25 і резистор R14. Транзистор V11 відкритий і від подільника на резисторах R10, R11 через резистор R12 подає підживлення плече моста з термодатчиками. При цьому змінюється уставка на подальше ввімкнення пристрою, тобто зменшується коефіцієнт повернення. Значення коефіцієнта повернення регулюється резистором R10. При розімкнених датчиках 18°C транзистор V12 відкритий і реле K25 отримує живлення незалежно від стану вимірювального моста, оскільки відкриті транзистори V14 і V15. При замиканні ртутного датчика 24°C транзистор V14 закритий і реле K25 відключено незалежно від стану моста і датчиків B4, B5 - 18°C. Для живлення схеми застосовано параметричний стабілізатор напруги, виконаний на резисторах R9, R10 та стабілітронах V18 і V19. Для захисту останніх від випадкових коротких замикань при налагодженні баластні резистори включені як у плюсове, так і в мінусове кола.

Для обмеження величини зворотних напруг базно-емітерні переходи транзисторів шунтовані діодами. Діод V10 служить для захисту транзисторів V13 і V15 при випадковій помилковій подачі плюса напруги на коло термодатчика B1 - 24°C.

Діагностика та настроювання електронного блоку БУО на випробувальному стенді. Діагностику та настроювання БУО проводять у такі етапи:

а) під'єднати до гнізда штепсельного рознімача типу РП10-ІІ"З" електронного блоку БУО вилку сполучного кабелю випробувального стенда. Електричну схему випробувального стенда та блоку БУО наведено на рис. 8.16;

б) встановити перемикач S2 у положення „0” та ввімкнути живлення стенда;

в) за методикою, що наведена у табл. 8.6, виконати перевірку працездатності електронного блоку БУО;

г) при необхідності виконати настроювання БЗ шляхом регулювання уставки за допомогою резистора R блоку БУО.

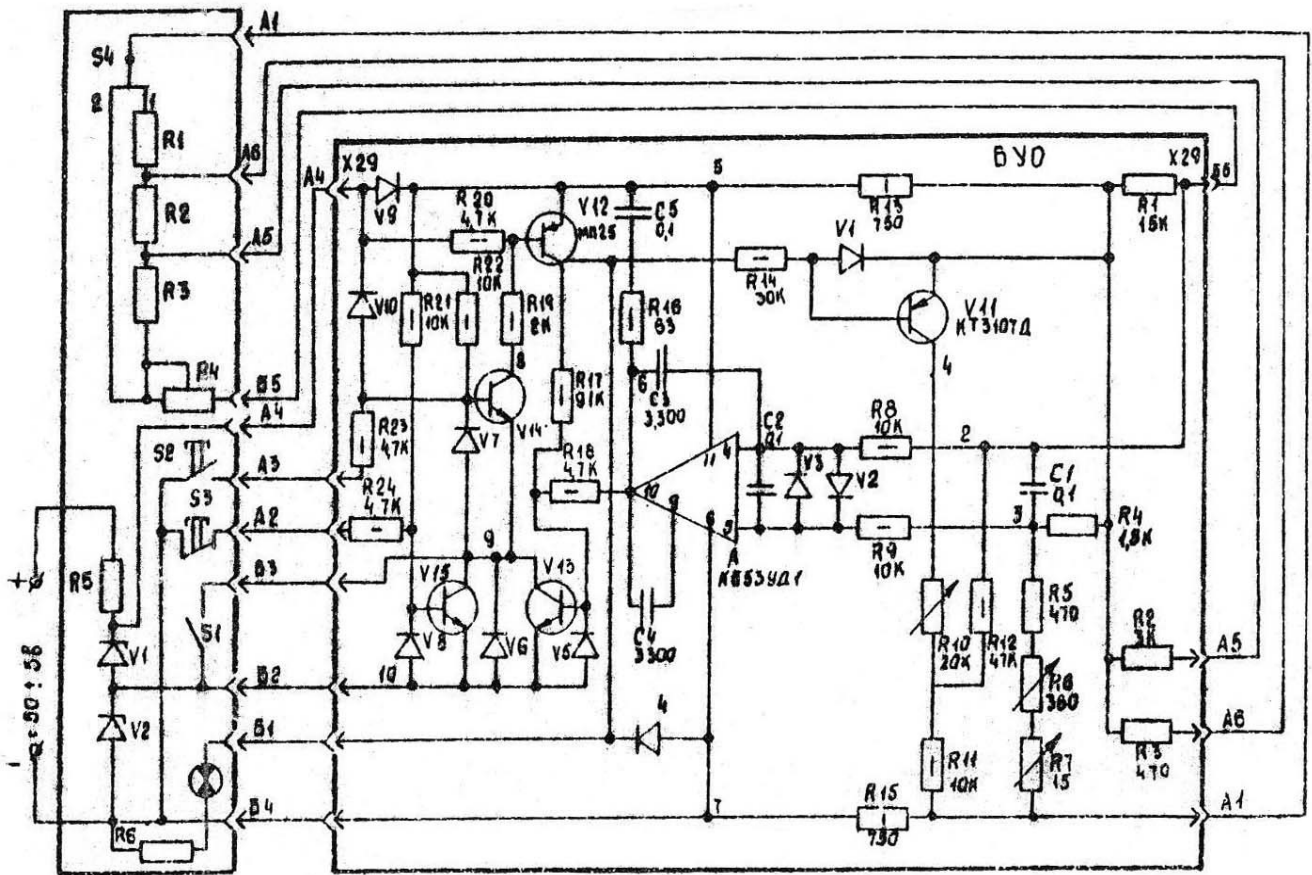


Рис. 8.16. Електрична схема випробувального стенда та блоку БУО

Таблиця 8.6

Контроль функціонування блоку БУО

Показник	Методика перевірки	Вимоги
1. Справність підсилювача сигналу датчика 24 °С	Увімкнути вимикач S1. Натиснути кнопку S2	Погасання лампи Н
	Відпустити кнопку S2	Загоряння лампи Н
2. Уставка на вимкнення (при необхідності регулюється резисторами R6 і R7 блоку)	Вимкнути вимикач S1. Обертати рукоятку резистора R4 "Уставка" від крайнього положення по напрямку обертання годинникової стрілки	Погасання лампи Н у положенні рукоятки $7,5 \pm 0,5$
3. Справність підсилювача сигналу датчиків 18°С	Натиснути кнопку S3	Загоряння лампи Н
	Відпустити кнопку S3	Погасання лампи Н
4. Уставка на ввімкнення (при необхідності регулюється резистором R10 блоку)	Обертати рукоятку резистора R4 "Уставка" в напрямі, зворотному напрямку обертання годинникової стрілки	Загоряння лампи Н у положенні рукоятки $3 \pm 0,5$

8.5. Система зарядки акумуляторної батареї

Для автоматичної зміни зарядної напруги акумуляторної батареї у залежності від температури повітря зовні вагона в системі електрообладнання вагона застосовується система автоматичного керування на основі блоку реле температури (БРТ). У більш нових комплексах електрообладнання застосовується блок управління зарядкою акумуляторної батареї (БУЗ).

Принципова схема БРТ зображена на рис. 8.17.

Блок забезпечує три режими зарядки акумуляторної батареї, залежно від температури зовнішнього повітря (табл. 8.7).

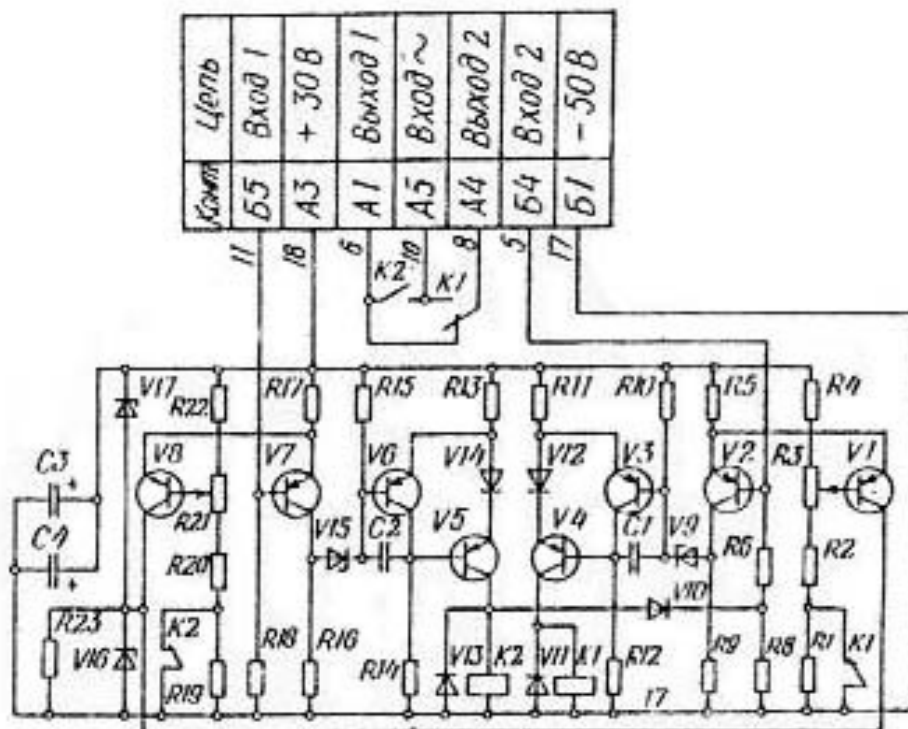


Рис. 8.17. Принципова схема блоку реле температури (БРТ)

Таблиця 8.7

Режими зарядки акумуляторної батареї

Температура зовнішнього повітря, °С	Режим зарядки
Нижче -10	Повна
Від -10 до +15	Середня
Вище +15	Мала

Для вимірювання температури у підвагонному ящику акумуляторної батареї використовуються датчики – терморезистори. Виходи блоку підключені до двох електромагнітних реле K1 і K2, контакти яких увімкнені у коло керуючої обмотки магнітного підсилювача. Блок реле температури складається з трьох основних частин:

а) блоку живлення (стабілітрони V16, V17, конденсатори C3, C4 та резистор R23);

б) каналу з уставкою “плюс 15°C” (транзистори V1÷V4 і реле K1);

в) каналу з уставкою “мінус 10°C” (транзистори V5÷V8 і реле K2).

При температурі зовнішнього повітря вище за температуру уставки каналу “плюс 15°C” падіння напруги на терморезисторах R1, R2 датчика A5 менше, ніж на резисторі R5 у колі емітерів транзисторів V1, V2, внаслідок чого транзистор V2 закритий, V3 – відкритий, V4 – закритий і реле K1 є знеструмленим. Аналогічно у каналі з уставкою “мінус 10°C” падіння напруги на резисторі R17 у колі емітерів транзисторів V7, V8 більше, ніж на резисторах R3, R4 датчика A5, внаслідок чого транзистор V7 закритий, V6 – відкритий, V5 – закритий і реле K2 є знеструмленим. Знеструмлені реле K1 та K2 своїми контактами забезпечують отримання режиму “малий” зарядки акумуляторної батареї. При пониженні температури навколишнього середовища опір терморезисторів R1÷R4 датчика A5 збільшується. Збільшується падіння напруги на них.

При досягненні температурою навколишнього середовища уставки каналу “плюс 15°C” падіння напруги на терморезисторах R1, R2 датчика A5 стає більше, ніж падіння напруги на резисторі R5. Унаслідок цього транзистор V2 відкривається, V3 – закривається, V4 – відкривається і реле K1 вмикається. Контакти реле K1 переводять режим зарядки акумуляторної батареї на “середній”.

При подальшому зниженні температури у разі досягнення уставки “мінус 10°C” падіння напруги на терморезисторах R3, R4 датчика A5 стає більше, ніж падіння напруги на резисторі R17, транзистор V7 відкривається, V6 – закривається, V5 – відкривається і реле K2 вмикається та переводить режим акумуляторної батареї на “повний”. При відкритому транзисторі V5 за рахунок протікання струму по колу “плюс” - R13 - V14 - V5 - V10 - R8 - “мінус” збільшується падіння напруги на резисторі R8 і зменшується падіння напруги на резисторах R1, R2, що приводить до закриття транзистора V2 та до увімкнення реле K1.

Коефіцієнт повернення реле за температурою визначається величинами резисторів R1 і R19, які при регулюванні можуть закорочуватись. Уставка каналу “плюс 15°C” регулюється за допомогою резистора R3, “мінус 10°C” – за допомогою резистора R21 шляхом зміни падіння напруги на резисторах R5 та R17.

Діагностика та настроювання електронного блоку БРТ на випробувальному стенді. Діагностика та настроювання БРТ проводять у такі етапи:

а) під'єднати до гнізда штепсельного рознімача типу РП10-ІІ"3" електронного блоку БРТ вилку сполучного кабелю випробувального стенда. Електрична схема випробувального стенда наведена на рис. 8.18;

б) встановити перемикач S2 у положення „0” та ввімкнути живлення стенда;

в) за методикою, наведеною у табл. 8.8, виконати перевірку працездатності електронного блоку БРТ.

г) за необхідності здійснити настроювання БРТ шляхом регулювання уставки за допомогою резистора R випробовуваного блоку БРТ.

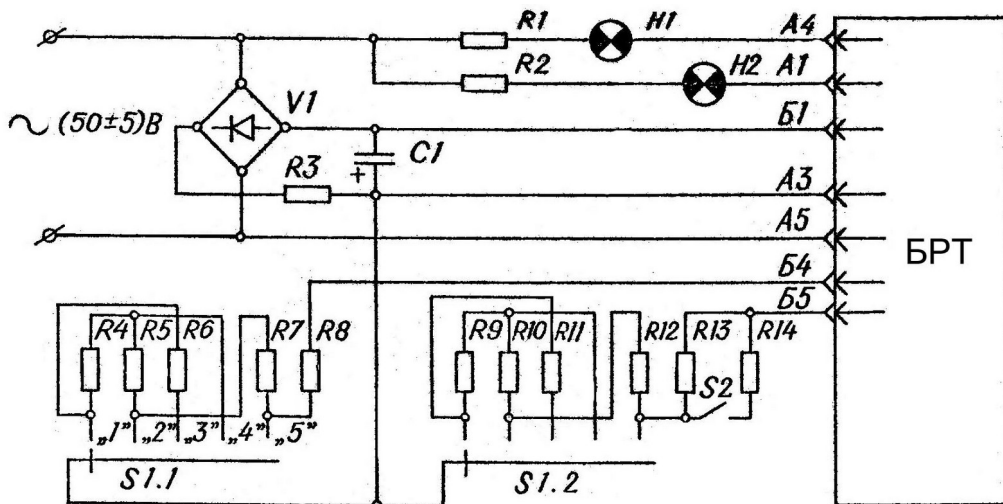


Рис. 8.18. Електрична схема випробувального стенда

Таблиця 8.8

Контроль функціонування блоку БРТ

Показник	Методика перевірки	Полож. S1	Вимоги
Уставка каналу "+15°C" (регулюється резистором R3 блоку)	Увімкнути вимикач S2, перемикати перемикач S1 та контролювати стан лампи Н1 (Н2 не горить)	1	Н1 горить
		2	Н1 не горить
		3	Н1 горить
		4	Н1 горить
		5	Н1 не горить
Уставка каналу "-10°C" (регулюється	Вимкнути вимикач S2, перемикати перемикач S1 та	1	Н1, Н2 горять, реле К1 на блоці БРТ є відключеним
		2	Н1, Н2 не горять

резистором R21 (блоку)	контролювати стан ламп Н1, Н3	3	Н1, Н2 горять
		4	Н1, Н2 горять
		5	Н1, Н2 не горять

8.6. Система автоматичного захисту електрообладнання

Система автоматичного захисту застосовується для захисту мережі електропостачання вагона від неприпустимих перевантажень, що виникають внаслідок:

- 1) підвищення середнього значення напруги на колах навантаження вище (60 ± 2) В;
- 2) пониження напруги розрядженої акумуляторної батареї нижче (41 ± 1) В;
- 3) підвищення амплітудного значення напруги на колах освітлювального навантаження і колах управління вище (130 ± 5) В;
- 4) згоряння запобіжника акумуляторної батареї F1;
- 5) обриву фаз генератора.

Дана система побудована на основі електронного блоку захисту (БЗ), принципова схема якого зображена на рис. 8.19.

Призначення вхідних та вихідних сигналів блоку БЗ наведено у табл. 8.9.

Таблиця 8.9

Призначення вхідних та вихідних сигналів блоку БЗ

Входи блоку	Входи блоку	Призначення сигналів
A1		Живлення «+50 В»
B7		Живлення «+50 В»
B5		Затримка на спрацьовування захисту
A7		Контроль РМН
A6		Сигнал при відновленні захисту
A4, A3		Контроль запобіжника F1 АБ
B1		Контроль фаз генератора
A2, B2, B3		Живлення від фаз генератора
A5		«-50В» - Загальна шина
	A8	«+50В» - Живлення на БРЧ та клему А1 блоку захисту

	Б4	Вихід на РМН
	Б6	Вихід на РПН

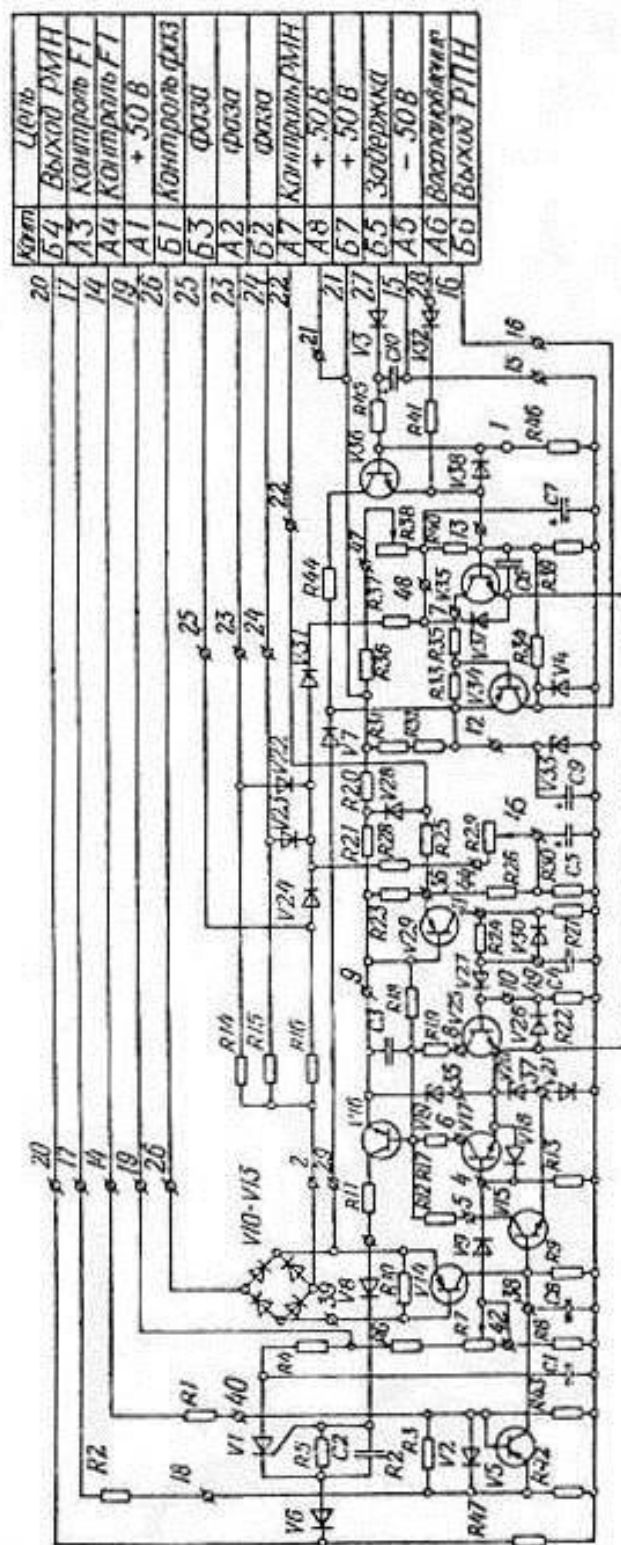


Рис. 8.19. Принципова схема блоку захисту (Б3)

Виконуючими елементами блоку БЗ є:

- 1) реле пониженої напруги (РПН) К29;
- 2) реле підвищеної напруги (РМН) К7.

Реле пониженої напруги К29 має три контакти:

- 1) «Р» контакт 1 (розмикаючий контакт) керує підключенням кола живлення лампи Н23 «Захист батареї»;
- 2) «Р» контакт 2 (розмикаючий контакт) забезпечує шунтування кола котушки реле К7 (РМН), підключаючи його до роботи;

3) «З» контакт (замикаючий контакт) готує до ввімкнення контактор К2, який, у свою чергу, управляє підключенням електричних споживачів вагона. Реле підвищеної напруги К7 має один контакт, який керує роботою реле К6.

Реле К6 має три контакти:

- 1) «З» контакт 1 керує колом живлення обмотки збудження генератора;
- 2) «З» контакт 2 ставить котушку К6 на «самопідхоплення»;

3) «Р» контакт керує підключенням кола, що вмикає лампу Н22 «Захист генератора» і лампи Н28, Н50 освітлення пульта керування для відновлення запобіжника F13 мінусового кола споживачів.

При середньому значенні напруги на колах навантаження, що перевищує уставку (60 ± 2) В, з подільника напруги R28÷R30 на емітер транзистора V29 подається потенціал більший, ніж потенціал бази, транзистор відкривається, і через резистор R24 починається зарядка конденсатора С4.

Якщо напруга на колах навантаження протягом часу ($0,7 \pm 0,2$) с зменшиться нижче уставки, то транзистор V29 закриється і конденсатор С4 розрядиться через діод V30 та резистор R27 і захист не спрацює. Якщо протягом цього часу напруга на колах навантаження перевищуватиме напругу уставки блоку, то напруга на конденсаторі С4 перевищить напругу на емітері транзистора V25, він відкриється, відкриються транзистор V16 та тиристор V4 і сигнал на спрацювання захисту надійде на тиристор V13, він відкривається, відключається реле К7 і розбирається схема.

При підвищенні амплітудного значення напруги на колах навантаження вище (130 ± 5) В потенціал на базі транзистора V17, що надходить з подільника на резисторах R6÷R8, стає більшим, ніж на емітері. Транзистор V17 відкривається і без витримки часу відкриває транзистор V16. Далі спрацьовування захисту відбувається аналогічно вищезгаданому.

Якщо, при непрацюючому генераторі, напруга на батареї знизиться нижче (41 ± 1) В, то потенціал бази транзистора V35 стає нижчим за потенціал його емітера, транзистор V35 закривається, відповідно закривається транзистор V34. Блок БЗ перериває живлення на реле K29.

Значення допоміжних діодів таке: V1, V8 – захищають напівпровідникові прилади від зворотної напруги; V2 – запобігає протіканню струму зворотного напрямку через котушку реле K7; V3 – шунтує котушку реле K29; V5 – підвищує завадостійкість схеми; V6 – захищає елементи схеми від зворотної напруги в перехідних режимах; V26 – обмежує величину замикаючого зсуву на базі транзистора V25; V27 – запобігає попередній зарядці конденсатора C4; V28 – забезпечує розв'язку між колами живлення та вимірювання.

Конденсатор C6 забезпечує усереднювання напруги, що вимірюється, а C3 – підвищує завадостійкість схеми.

Діагностика та налаштування електронного блоку БЗ на випробувальному стенді. Діагностика та налаштування БЗ проводиться у такі етапи:

а) під'єднати до гнізда штепсельного рознімача типу РП10-П"З" електронного блоку БЗ вилку сполучного кабелю випробувального стенда. Електрична схема випробувального стенда наведена на рис. 8.20;

б) встановити перемикач S2 у положення „0” та ввімкнути живлення стенда;

в) за методикою, що наведена у табл. 8.10, виконати перевірку працездатності електронного блоку БЗ;

г) при необхідності виконати налаштування БЗ шляхом регулювання уставки за допомогою резистора R випробовуваного блоку БЗ.

Діагностична модель БЗ, яка зображує логіку його функціонування у всіх робочих режимах, подана на рис. 8.21.

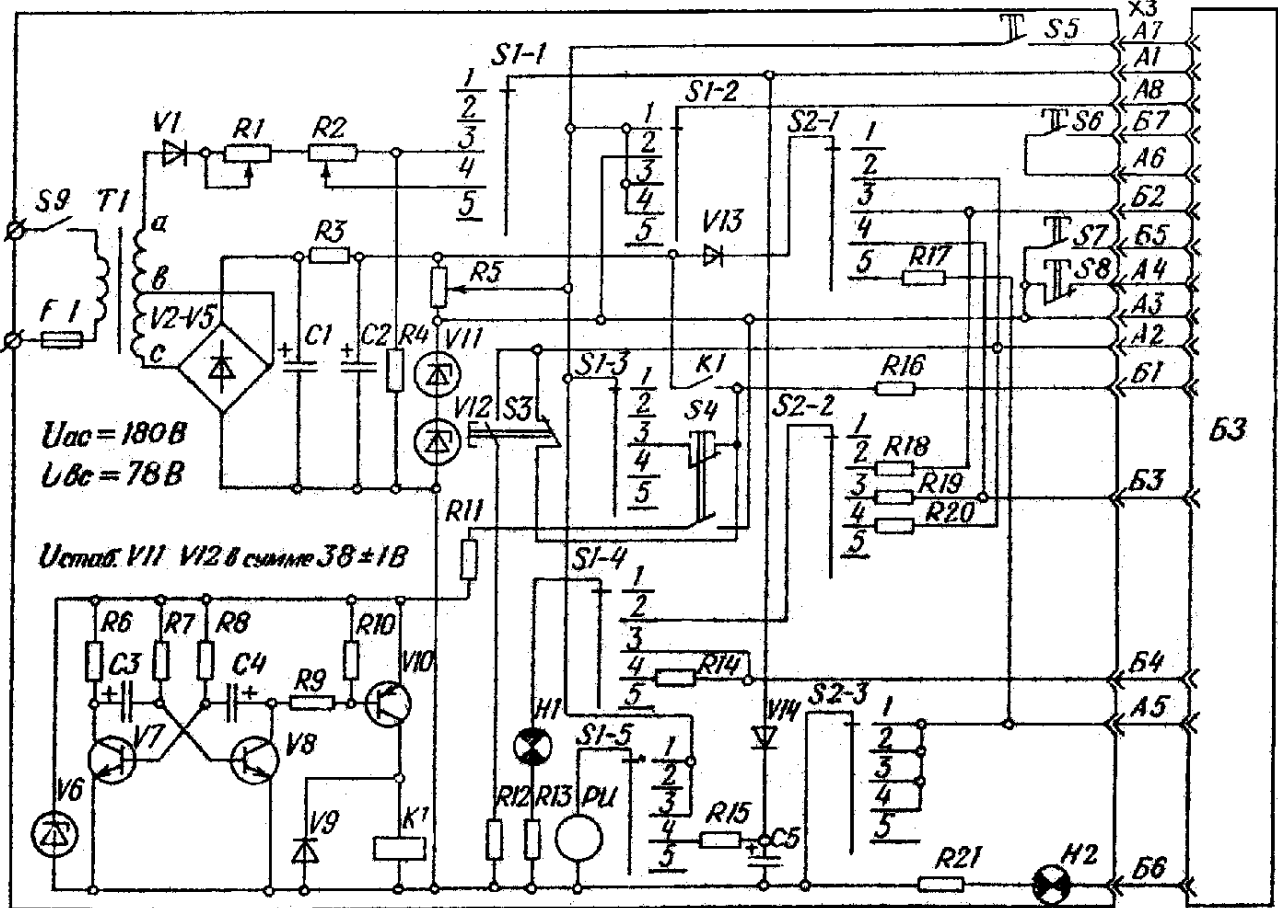


Рис. 8.20. Електрична схема випробувального стенда

Таблиця 8.10

Контроль функціонування блоку БЗ

Параметри та показники, що перевіряються	Методика перевірки	Вимоги
1	2	3
1. Уставка захисту від пониження напруги "40 В".	1.1. Встановити перемикач S1 та S2 у положення 1. Резистором R5 встановити напругу за вольтметром P _u більш ніж 60 В	Лампа H2 горить

	1.2. Резистором R5 зменшувати напругу до згасання лампи Н2	(41±1) В
	1.3. Натиснути на вимикач S6	Загоряння лампи Н2

Продовження табл. 8.10

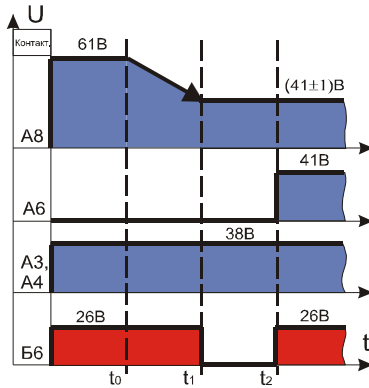
1	2	3
2. Витримка часу відключення захисту від пониження напруги	2.1. Встановити перемикач S1 у положення 2. Натиснути на вимикач S7	Лампа Н2 горить
	2.2. Відпустити вимикач S7	Погасання лампи Н2 через час, не менший ніж 7 с
3. Справність діодів	3.1. Переключати перемикач S2 від положення 2 до положення 5	Лампа Н2 горить, лампа Н1 не горить
4. Уставка захисту від підвищення середнього значення напруги "60 В" (регулюється резистором R29 блоку)	4.1. Встановити перемикач S1 у положення 3, перемикач S2 – у положення 1	Лампа Н1 не горить
	4.2. Резистором R5 збільшувати напругу до загоряння лампи Н1	(60±2) В
5. Витримка часу на спрацювання захисту "60 В"	5.1. Натиснути на вимикач S4 на час, не менший ніж 3 с.	Лампа Н1 не горить та не блимає
6. Наявність кіл перевірки блоку захисту	6.1. Резистором R5 зменшити напругу до величини меншої, ніж 40 В	Лампа Н1 не горить
	6.2. Натиснути на вимикач S5 на час, не менший ніж 2 с	Загоряння лампи Н1
7. Функціонування захисту при згорянні запобіжника акумуляторної батареї	7.1. Натиснути на вимикач S8	Загоряння лампи Н1
8. Функціонування захисту від обриву фаз	8.1. Натиснути на вимикач S3	Загоряння лампи Н1
9. Уставка захисту від підвищення амплітудного значення	9.1. Встановити перемикач S1 у положення 4	
	9.2. Резистором R2 збільшувати	(130±5) В (межа вимі-

напруги "125 В"
(регулюється
резистором R7 блоку)

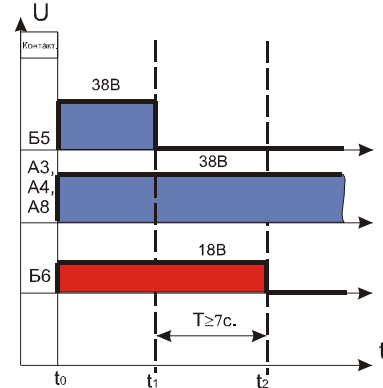
напругу до загоряння лампи Н1

рювання
вольтметра
 P_u при цьо-
му 150 В)

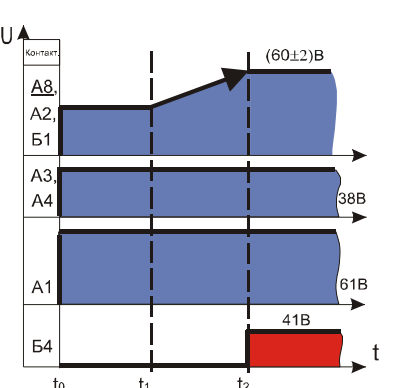
Параметр 1. Уставка захисту від зниження напруги "40В"



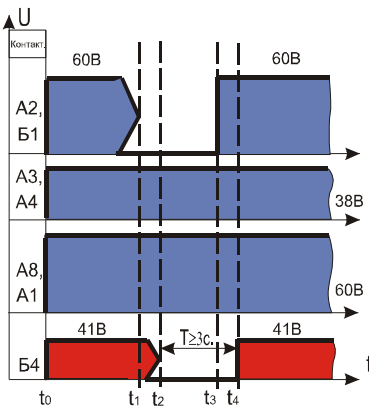
Параметр 2. Затримка на спрацювання захисту від зниження напруги



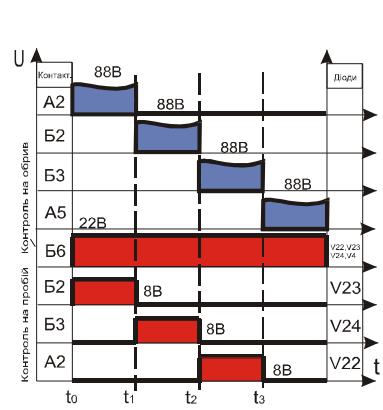
Параметр 3. Уставка захисту від підвищення напруги "60В"



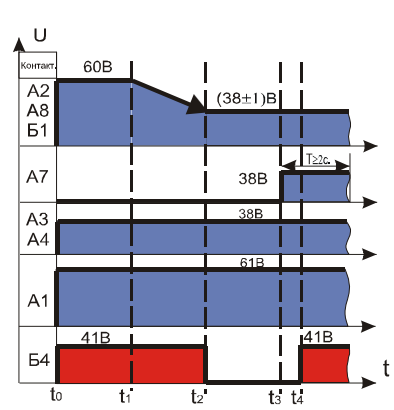
Параметр 4. Затримка на спрацювання захисту від підвищення напруги



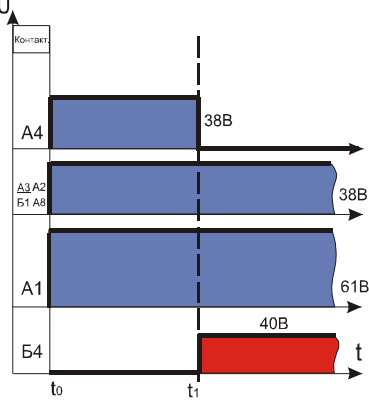
Параметр 5. Справність діодів



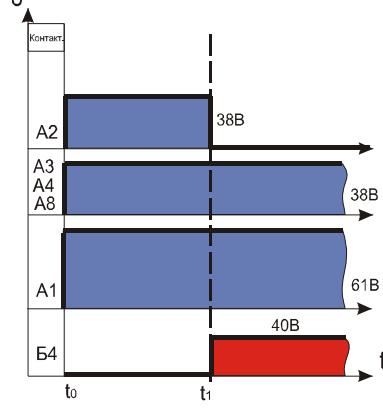
Параметр 6. Наявність ланцюгів перевірки БЗ



Параметр 7. Функціонування захисту при згоранні запобіжника АБ



Параметр 8. Функціонування захисту при обриві фаз генератора



Параметр 9. Уставка захисту від амплітудного підвищення напруги "60В"

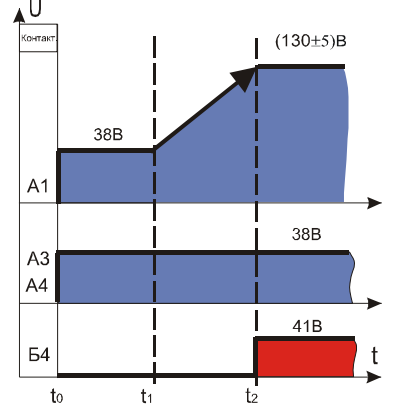


Рис. 8.21. Діагностична модель блоку захисту

При технічному обслуговуванні та ремонті пасажирських вагонів також використовується більш ефективний комплексний мікропроцесорний пристрій МЛ-410 для діагностичного контролю електронних блоків (рис. 8.22).



Рис. 8.22. Пристрій діагностичного контролю електронних блоків пасажирських вагонів МЛ-410

Пристрій МЛ-410 дозволяє виконувати комплексну діагностику та контроль різних типів та модифікацій електронних блоків, які підключаються до відповідних рознімачів.

8.7. Система контролю нагрівання букс

Система контролю нагрівання букс (СКНБ) призначена для забезпечення безпеки руху пасажирських поїздів. Вона дозволяє постійно контролювати нагрівання букс та попереджувати аварії у результаті перегріву та руйнування роликових підшипників. У випадку перегріву підшипника будь-якої букси автоматично подаються звуковий та світловий сигнали з розподільного щита відповідного вагона.

Електрична схема сигналізації двопровідна та постійно знаходиться під напругою із живленням від акумуляторної батареї. Усі термодатчики Д1-Д8 встановлені на буксах візків та з'єднані між собою послідовно (рис. 8.23, а).

У кола термодатчиків послідовно ввімкнена котушка реле Р. Паралельно до термодатчиків через два розімкнутих контакти реле Р підключена сигнальна лампа Л та дзвоник ДЗВ. Коли котушка реле Р під напругою, коло сигнальної лампи та дзвоника є знеструмленим. Вимикач В служить для перевірки кіл сигналізації. Для збільшення терміну служби лампи у її коло ввімкнений резистор R та діод Д, який захищає лампу від перенапруг, що виникають унаслідок ЕРС самоіндукції у котушці дзвоника при відключенні.

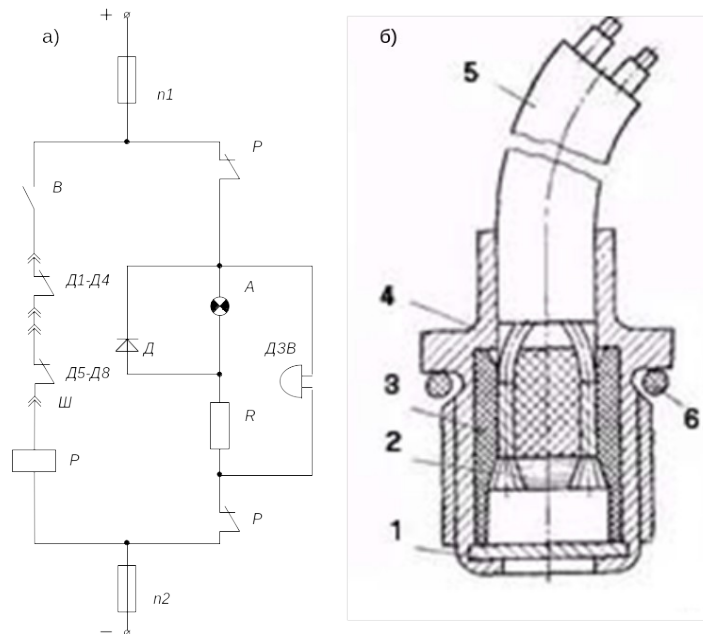


Рис. 8.23. Схема системи контролю нагрівання бокс (а) та контактного термодатчика (б)

Проводи від термодатчиків прокладені по рамі візка в трубах. З'єднано проводи візків із проводами на кузові за допомогою спеціальних штирьових рознімачів Ш. Запобіжники П1 і П2 у колі сигналізації служать для захисту проводів від струмів короткого замикання.

Термодатчик складається з латунного корпуса 4 (рис. 8.23, б), ебонітової втулки 3, завальцьованого у корпус латунного дна 1, легкоплавкого сплаву 2 (температура плавлення 83–92°C) та двожильного проводу 5 перетином 2x0,75 мм². Нижня частина корпуса зовні має різь, а верхня – виступ.

Датчик загвинчується разом з ущільнювальним кільцем 6 у корпус букси. Кінці проводу, які залиті сплавом, служать контактами. При нагріванні корпусу букси в місці установлення термодатчика до температури 83–92 °С сплав розплавляється і розмикає його контакти. При розмиканні – коло реле знеструмлюється і своїми контактами замикає кола дзвоника та сигнальної лампи. При будь-якому розриві кола котушки реле в службовому купе дзвонить дзвоник та загоряється сигнальна лампа. Для приведення у робочий стан сигналізації перед відправленням вагона в рейс головний перемикач освітлення та її вимикач повинні бути ввімкнені.

На вагонах, на візках яких встановлений генератор з редукторно-карданним приводом, крім букс, контролюється нагрівання підшипників хвостовика редуктора за допомогою аналогічного датчика. Тому сигналізація таких вагонів має дев'ять термодатчиків, а на тих вагонах, де встановлені два генератори на візках – десять датчиків. Крім того, замість вимикача перевірки роботи сигналізації на деяких вагонах застосовують кнопки та є можливість відключення кола дзвоника.

Також в комплексах електрообладнання широко використовується позисторна СКНБП, яка в разі перегріву букси дає безперервний звуковий і світловий сигнали, а в разі пошкодження самої системи контролю (обрив кола термодатчиків, коротке замикання кола та ін.) – переривчастий звуковий і світловий сигнали. Термодатчики СКНБП встановлюються в корпусі букси за допомогою притискної планки і болта. З позисторною системою широко використовується пристрій МЛ-520 (рис. 8.24, а).

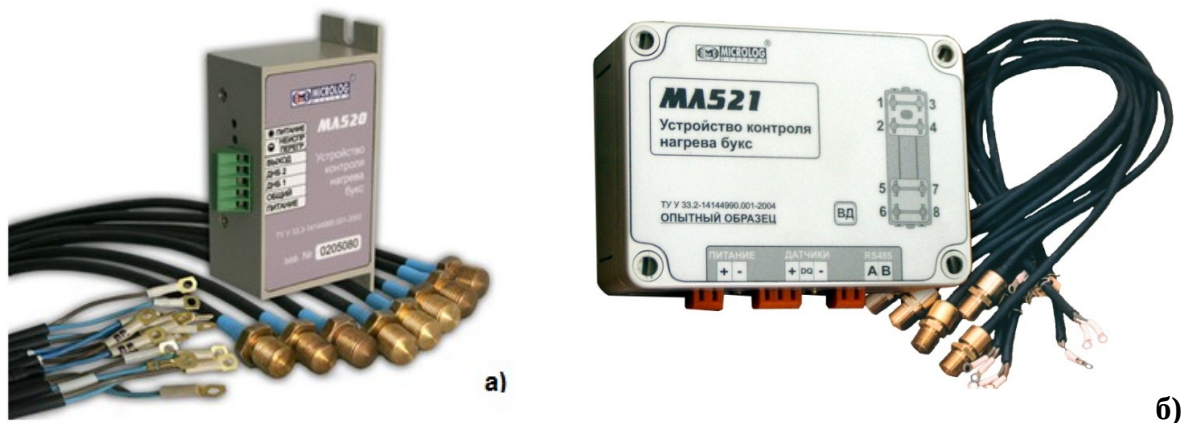


Рис. 8.24. Пристрої контролю перегріву букс типу МЛ-520 (а) та МЛ-521 (б)

Більш сучасним є пристрій контролю перегріву букс пасажирських вагонів типу МЛ-521 (рис. 8.24, б). Основною відмінністю пристрою є те, що замість контактних або позисторних датчиків використовуються терморезистори. Пристрій забезпечує вимірювання поточного значення температури кожної букси вагона і передачу вимірних значень на систему управління вагоном по інтерфейсу RS 485.

8.8. Система контролю замикання на корпус вагона

Система контролю замикання на корпус вагона складається з датчиків напруги 1 та 2 (рис. 8.25, а), які ввімкнені між плюсовим і мінусовим проводами, ізольованими від корпуса вагона, і зв'язують джерело постачання напругою U з споживачами електричної енергії R_H , блоку порівняння 3 та блоку 4 виконання команди. Середню точку O між датчиками напруги 1 та 2 з'єднують з корпусом вагона, що не здійснює ніякого впливу на роботу системи електропостачання з нормальним станом ізоляції проводів та апаратів від корпуса. При нормальному стані кіл системи електропостачання вагона датчики напруги 1 і 2 обтікаються однаковими струмами $I_1=I_2=I$, тому сигнали з датчиків будуть рівні і пропорційні $0,5U=I \cdot R$ (R – опір датчика напруги). В результаті цього сигнал на виході блоку рівняння 3 буде відсутнім. При порушенні ізоляції у будь-якій точці системи електропостачання вагона (наприклад, якщо точка A з'єднується

з корпусом вагона) струм починає протікати по корпусу вагона (опір $R_{ПР}$) між точками А і О, що приводить до перерозподілу напруг U_{AO} і U_{OB} , які фіксуються датчиками 1 та 2, причому $U_{AO} \neq U_{OB}$.

Таким чином, при замиканні будь-якої точки схеми на корпус рівність сигналів з датчиків напруги 1 і 2 порушується, на виході блоку рівняння 3 виникає сигнал, за яким спрацьовує блок 4 виконання команди, сигналізуючи про пошкодження кола електропостачання. В системі електропостачання ЕВ-10 функції датчиків напруги, блоків рівняння та виконання команди виконують дві лампи, які з'єднані послідовно, в коло яких увімкнені два резистори (рис. 8.25, б). При нормальній роботі системи електропостачання лампи світяться однаково. При порушенні ізоляції у будь-якій точці системи одна з ламп починає світитися більш яскраво, що сигналізує про пошкодження.

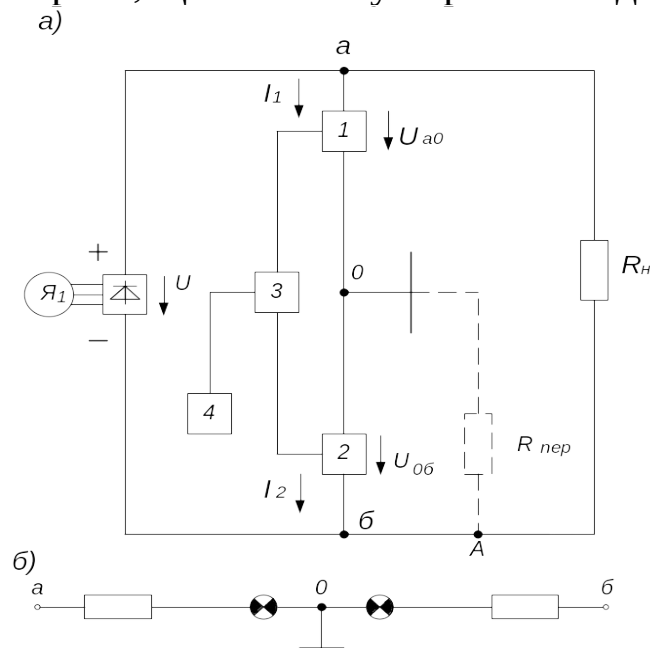


Рис. 8.25. Функціональна (а) та принципова (б) схеми сигналізації замикання кіл електрозабезпечення на корпус вагона

8.9. Система протиюзного захисту

Система застосовується для захисту коліс вагона від пошкоджень при просковзуванні. Просковзування коліс вагона виникає при гальмуванні внаслідок надмірного натиснення гальмівних колодок або погіршення умов зчеплення коліс з

рейками. В процесі руху пошкоджується поверхня кочення коліс, що утворює загрозу безпеки руху особливо при високих швидкостях. Для запобігання пошкодженню коліс необхідно якомога скоріше зменшити гальмівне зусилля і тим самим зупинити просковзування коліс на початковій стадії.

Система з механічними датчиками. Для отримання сигналу про виникнення просковзування коліс можуть застосовуватись механічні датчики юза, які встановлюють на торцевій частині кожної колісної пари. Виходи цих датчиків підключені до входів логічного блоку, який виконує функцію АБО. Сигнал на виході цього блоку з'являється при наявності сигналу на будь-якому з його входів. При виникненні юза однієї з колісних пар виникає сигнал на виході відповідного датчика юза, а отже, і на виході логічного блоку. Цей сигнал посилюється і надходить у виконавчий орган захисту, який діє на гальмівну систему вагона. Внаслідок зменшується гальмівне зусилля на колеса і юз припиняється.

Система з датчиками швидкості. Дана система використовується у сучасних пасажирських вагонах поїздів з прискореним рухом (рис. 8.26). Для отримання сигналу про виникнення юза застосовуються датчики частоти обертання колісних пар

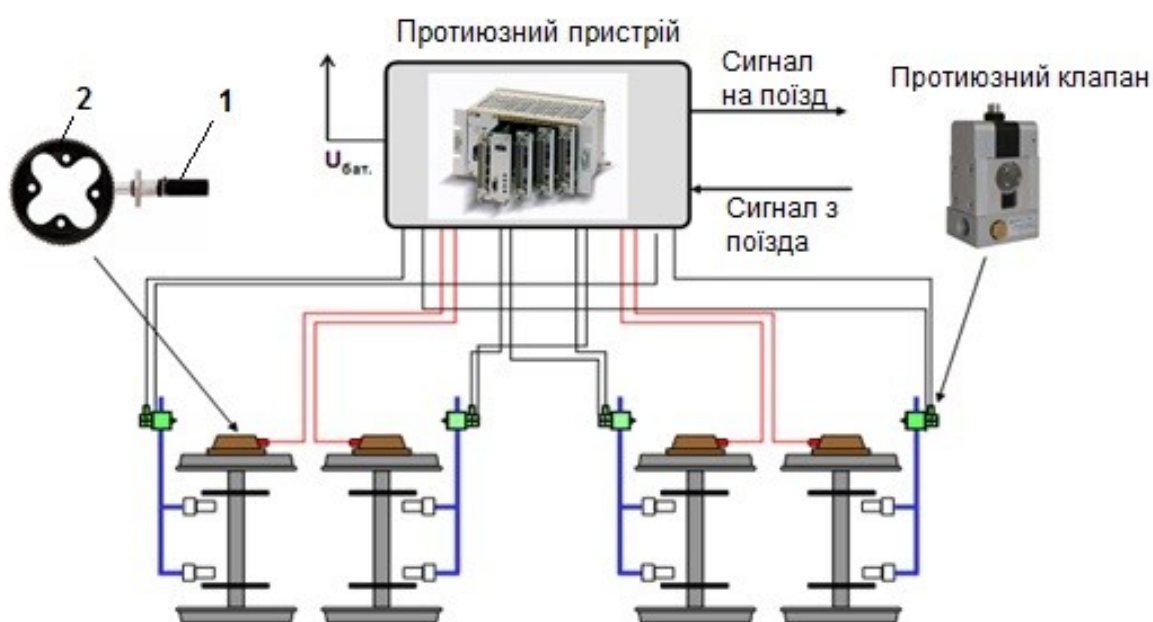


Рис. 8.26. Система протиюзного захисту пасажирського вагона з датчиками швидкості

У буксових вузлах вагонів передбачені місця для установки датчиків швидкості системи протиюзного захисту. На правому торці осі в буксі жорстко закріплено намагнічене зубчасте колесо 2, зубці та пази якого являють собою полюси постійного магніту. Датчик 1 протиюзного пристрою закріплюється в корпусі букси так, щоб між його торцем і поверхнею виступів зубів колеса встановлювався зазор $0,9 \pm 0,5$ мм. Таке розташування датчика дозволяє визначати зміну частоти вхідного сигналу величиною 7 та 14 мА (відповідно коли датчик знаходиться над пазом чи над зубцем зубчастого колеса) в залежності від швидкості руху вагона. Отримані дані від датчиків використовуються для регулювання тиску в пневмосистемі гальма кожної колісної пари, що дозволяє запобігти появі юза.

8.10. Система пожежної сигналізації

Система пожежної сигналізації пасажирських вагонів призначена для визначення місця виникнення пожежі та ввімкнення засобів автоматичного пожежогасіння, яка побудована на базі пристрою приймально-контрольного пожежного (ППКП) «Прометей» (табл. 8.11) та сповіщувачів (табл. 8.12).

Таблиця 8.11

Пристрої приймально-контрольні пожежні (ППКП)

Зовнішній вигляд пристрою ППКП	Назва	Призначення
1	2	3
	Прилад приймально-контрольний пожежний (Прометей-02)	Для визначення місця виникнення тривожної ситуації з видачею світлової та звукової сигналізації за адресою сповіщувача, який спрацював

	<p>Адресний прилад приймально-контрольний пожежний (Прометей-05)</p>	<p>Адресний прилад приймально-контрольний пожежний (ППКП) "Прометей-05" спільно з комбінованими пожежними сповіщувачами "АГАТ-10" і пристроями введення-виведення "АГАТ-12" призначений для встановлення у вагонах залізничного транспорту з метою визначення місця виникнення пожежі на ранніх стадіях</p>
---	--	---

Продовження табл. 8.11

1	2	3
	<p>ППКП – У і 3 Прилад приймально-контрольний пожежний управління та затримки (Прометей-07)</p>	<p>Адресний прилад приймально-контрольний пожежний управління і затримки «Прометей - 07» призначений для встановлення на вагонах з метою визначення місця виникнення пожежі та ввімкнення засобів автоматичного пожежогасіння</p>
	<p>Дистанційна панель управління та індикації</p>	<p>Встановлюється у вагонах рухомого складу. Здійснює видачу світлової та звукової сигналізації при виникненні пожежі</p>

		чи несправності із зазначенням номера вагона і місця його виникнення у вагоні; увімкнення і вимкнення будь-якого пожежного сповіщувача, а також будь-якого датчика, що входить до складу сповіщувача в будь-якому вагоні поїзда
--	--	---

Пожежні сповіщувачі (датчики)

Зовнішній вигляд	Назва	Призначення
1	2	3
	<p>Сповіщувач пожежний, автоматичний, комбінований, адресний (Агат-1)</p>	<p>Реагує на появу диму і підвищення температури, на розрив нормально-замкнених контактів, на замикання нормально-розімкнених контактів. За характером реакції на температуру: максимальний, тепловий. За принципом реагування на дим: оптичний, інфрачервоний, точковий</p>
	<p>Сповіщувач пожежний димовий, автоматичний (Агат-4)</p>	<p>Може працювати цілодобово. За принципом реагування на дим: оптичний, точковий. Сумісний з безадресними приладами приймально-контрольними пожежними, в тому числі Tesla, виробництва Чехії, по двопровідному шлейфу</p>
	<p>Сповіщувач пожежний комбінований, автоматичний адресний (Агат-5)</p>	<p>Реагує на появу диму і підвищення температури, на розрив нормально-замкнених контактів, на замикання нормально-розімкнених контактів. За характером реакції на температуру навколишнього середовища: максимальний, диференційний, тепловий. За принципом реагування на дим: оптичний, інфрачервоний, точковий</p>

Продовження табл. 8.12

1	2	3
	<p>Комбінований адресний пожежний сповіщувач (Агат-10)</p>	<p>Визначає факт виникнення пожежі за такими параметрами: перевищення заданого порогу питомої оптичної щільності навколишнього середовища, досягнення температури навколишнього повітря статичної температури спрацьовування, перевищення швидкості наростання температури навколишнього повітря заданого порогу. Реалізація режиму вимірювання та передачі в ППКП значень аналогових параметрів, вимірюваних датчиками диму і температури</p>
	<p>Модуль (Агат-12)</p>	<p>Ініціювання ввімкнення модулів пожежогасіння при спрацьовуванні пожежних сповіщувачів, подача керуючих сигналів на відключення допоміжних установок при передачі на ППКП сигналу ПОЖЕЖА</p>

Питання для самоконтролю

1. Для чого призначені розподільні щити комплексів електрообладнання?
2. Які основні електронні блоки Ви знаєте та яке їх призначення?
3. Який принцип дії імпульсного тиристорного регулятора напруги генератора та які його вихідні характеристики?

4. Які системи контролю та захисту застосовуються у пасажирському вагоні?

9. ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

9.1. Перетворювачі частоти для живлення електричних споживачів пасажирських вагонів

Система електрозабезпечення. При тепловозній тязі централізоване енергозабезпечення вагонів забезпечується від спеціального багатофазного синхронного генератора 1 (рис. 9.1), який приводиться до обертання головним дизелем тепловоза [12].

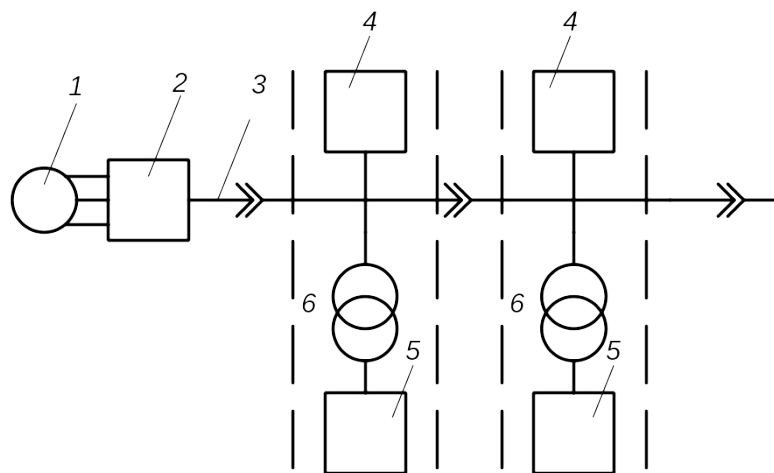


Рис. 9.1. Функціональна схема електрозабезпечення вагонів при тепловозній тязі

Частота струму, який виробляє синхронний генератор, залежить від режиму роботи дизеля тепловоза і пропорційна його частоті обертання, яка визначається режимом руху поїзда. Тому на тепловозах, крім синхронного генератора, необхідно встановлювати перетворювач частоти 2, який перетворює багатофазний змінний струм змінної частоти на однофазний струм стабільної частоти. Безпосереднє живлення вагонного електрообладнання від синхронного генератора, який працює без стабілізації частоти, недопустимо також через сильний заважаючий вплив на рейкові кола, по яких забезпечується живлення пристроїв СЦБ.

З перетворювачем частоти 2 з допомогою однодротової високовольтної поїзної магістралі 3 пов'язані високовольтні вагонні споживачі енергії 4. Низьковольтні вагонні споживачі енергії 5 підключаються до поїзної магістралі 3 через трансформатори 6, встановлені на кожному вагоні.

Перетворювач частоти. У випадках, коли найменша частота f_1 напруги синхронного генератора значно перевищує частоту f_2 напруги поїзної магістралі ($f_1/f_2=8\div 10$), необхідно застосовувати перетворювач частоти з безпосереднім зв'язком вхідної та вихідної напруги змінного струму НПЧ. Такі перетворювачі мають невеликі масу та габаритні розміри у порівнянні з іншими напівпровідниками перетворювачами. Високовольтні перетворювачі НПЧ для централізованого електрозабезпечення пасажирських вагонів від тепловоза однофазним змінним струмом стабільної напруги 3000 В і стабільної частоти $16\frac{2}{3}$ Гц розроблені Талліннським електротехнічним заводом. На цих тепловозах обмотка якоря 3 генератора, ротор 2 якого приводиться в обертання від головного дизеля 1, підключена до перетворювача 5 (рис. 9.2), який здійснює перетворення числа фаз і стабілізацію частоти. Напряга U_{BX} генератора, а отже, і напряга $U_{ВИХ}$ в поїзній електромагістралі стабілізується регулятором напруги 4.

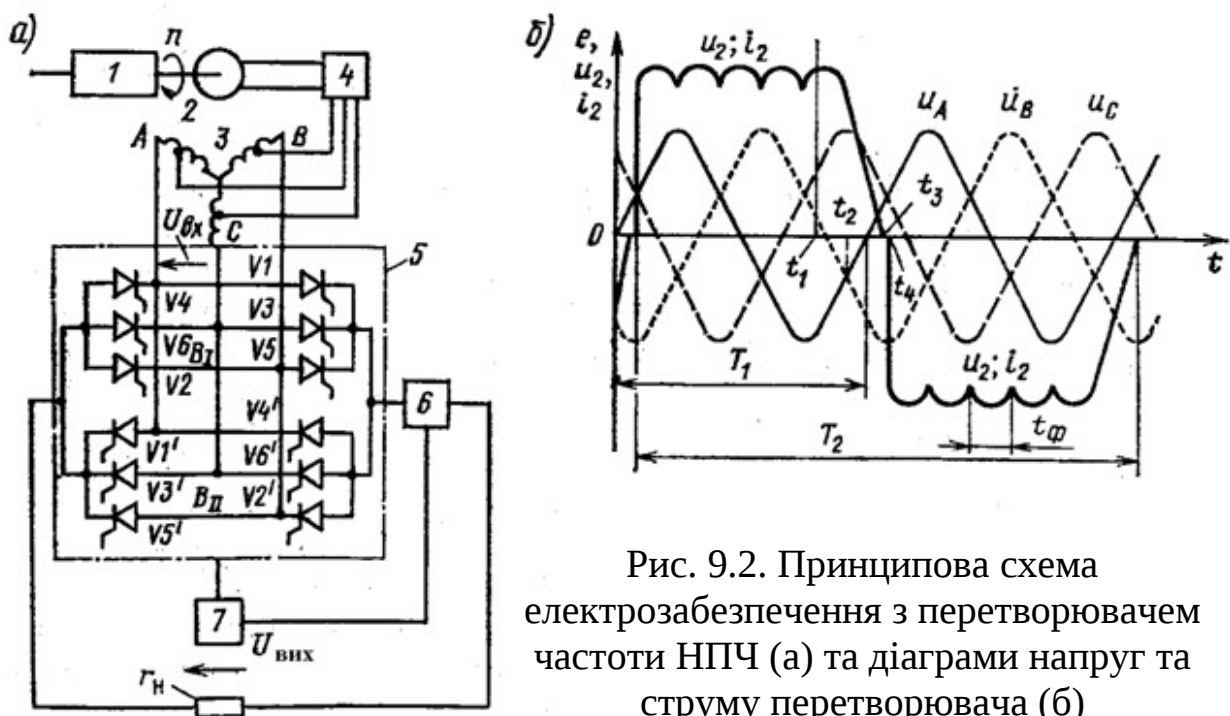


Рис. 9.2. Принципова схема електрозабезпечення з перетворювачем частоти НПЧ (а) та діаграми напруг та струму перетворювача (б)

Перетворювач 5 складається з двох зустрічно ввімкнутих керуючих випрямлячів на тиристорах V_1 і V_{11} , складених за трифазною мостовою схемою, на які подається напруга змінної частоти f_1 . Блок управління 7 перетворювача по чергово вмикає керовані випрямлячі V_1 і V_{11} з заданою вихідною частотою $f_2 = \text{const}$ і часовим зсувом, рівним півперіоду $0,5T_2$. В результаті до навантаження прикладається змінна напруга стабільної частоти f_2 , яка визначається частотою роботи керуючих випрямлячів V_1 і V_{11} . В позитивний півперіод вихідної частоти по чергово подаються короткочасові відпираючі імпульси на тиристори моста V_1 і вони проводять струм; при цьому тиристори моста V_{11} закриті; в негативний проводять струм тиристори моста V_{11} , а тиристори моста V_1 закриті.

Позитивний та негативний півперіоди вихідної напруги формуються з декількох елементарних відрізків фазних напруг u_A , u_B , u_C синхронного генератора, тривалість кожного з яких складає $t_\phi = 1/6T_1$. На рис. 9.2, б як приклад зображено по шість таких відрізків в кожній півхвилі вихідної напруги, хоча в загальному випадку це число може бути вільним і визначається співвідношенням вхідної та вихідної частот.

Використання перетворювача раціонально тільки при певних співвідношеннях між частотами вхідної та вихідної напруги, що може бути забезпечено шляхом встановлення на тепловозах спеціального генератора підвищеної частоти. При централізованому електрозабезпеченні вагонів від електровозів на дільницях постійного струму і однофазного змінного струму частотою 50 Гц застосування перетворювачів НПЧ для живлення вагонних споживачів змінним струмом частотою $f_2 = 50$ Гц неможливо, так як умови електрозабезпечення суперечать принципам роботи цього перетворювача.

9.2. Електромашинні перетворювачі

Люмінесцентні лампи, радіоапаратура, кола контролю температури на рефрижераторному рухомому складі, електричні бритви та деякі інші споживачі живляться однофазним змінним

струмом. У зв'язку з цим на вагонах встановлюють електромашинні та напівпровідникові перетворювачі постійного струму на змінний.

Електромашинний перетворювач складається з двигуна постійного струму і генератора однофазного змінного струму, змонтованого в загальному корпусі. В машинах типів АПО-03, ПО-300Б, ПНД-5 та FV-120 якір 4 (рис. 9.3) двигуна і ротор 5 генератора встановлено на загальному валу.

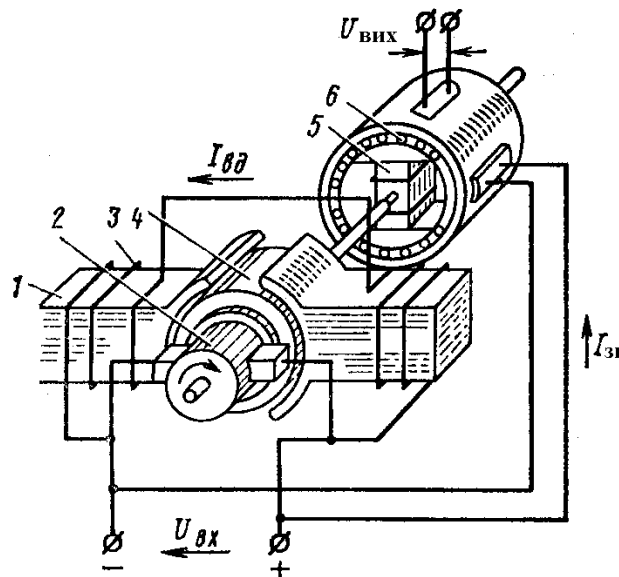


Рис. 9.3. Схема електромашинного перетворювача

Напруга $U_{ВХ}$ постійного струму подається на якір двигуна через щітки, що ковзають по колектору 2. З обмотки якоря 6 генератора знімається напруга змінного струму $U_{ВНХ}$. Обмотка збудження 3 двигуна розташована на полюсах 1 статора і ввімкнена паралельно обмотці якоря, тому струм збудження I_3 двигуна пропорційний напрузі $U_{ВХ}$. Обмотка збудження генератора розташована на статорі і отримує живлення від мережі постійного струму, до якої підключено якір та обмотку збудження двигуна. Тому струм збудження I_3 також пропорційний напрузі $U_{ВХ}$.

Машини типу UGW виконані у вигляді одноякірного перетворювача, вони мають загальний якір та загальну систему полюсів з обмоткою збудження. На якорі розташовано обмотку постійного струму, підключеного до колектора, та обмотку

змінного струму, підключену до двох контактних кілець. В перетворювачі типу ППО-400 використано індукторний генератор без обмотки збудження. Магнітний потік в ньому створюється постійними магнітами, розташованими на роторі і виготовленими з сплаву альніку (сплав алюмінію, нікелю та кобальту), що має високу коерцитивну силу. В більшості випадків перетворювачі монтуються в спеціальних підвагонних ящиках на опорних плитах з амортизуючими гумовими прокладками. Захист перетворювачів здійснюється плавкими запобіжниками, встановленими на внутрішній боковій стінці ящика.

Напруга на виході генератора перетворювача $U_{ВИХ} \approx c_E \Phi_n$ і його частота $f = pn/60$. Отже, зміна частоти обертання двигуна n викликає зміну вихідної напруги та частоти змінного струму. Частота обертання електродвигуна перетворювача n визначається вхідною напругою $U_{ВХ}$ і навантажуючим моментом M , який залежить від навантаження генератора (змінюються частота обертання n , а отже, частота f та напруга $U_{ВХ}$). Для стабілізації частоти обертання перетворювача застосовують різні способи.

В перетворювачі ППО-400 генератор живить змінною напругою частотою 400 Гц люмінесцентні лампи. Для покращення форми вихідної напруги генератора паралельно його обмотці якоря ввімкнено фільтр. Автоматична стабілізація частоти обертання електродвигуна здійснюється за допомогою САР, яка змінює струм у другій обмотці збудження, при цьому змінюється результуючий магнітний потік двигуна і його частота обертання. САР частоти обертання має вимірювальний орган, що реагує на частоту зміни вихідної напруги генератора, підсилювач та виконавчий орган, який змінює струм у обмотці збудження. Однак, останнім часом у вагонах набувають все більш широкого застосування надійніші електронні статичні перетворювачі.

9.3. Статичні високовольтні перетворювачі для живлення низьковольтних вагонних споживачів

Для поїздів з централізованим електропостачанням розроблено статичні напівпровідникові високовольтні перетворювачі, які повинні встановлюватися у кожному вагоні та

підключатись до високовольтної поїзної електромагістралі. Вони забезпечують живлення низьковольтних вагонних споживачів трифазним та однофазним змінним струмом стабільної напруги та частоти незалежно від напруги та роду струму у високовольтній поїзній електромагістралі. Вагонний статичний перетворювач принципово повинен включати такі функціональні блоки: випрямляч, безпосередньо зв'язаний з поїзною високовольтною електромагістраллю і який використовується при змінному струмі в електромагістралі; інвертор для перетворення постійного струму у багатofазний (звичайно однофазний) змінний струм стабільної частоти; стабілізатор для підтримання на заданому рівні напруги на низьковольтних споживачах незалежно від коливань напруги в електромагістралі; трифазний трансформатор для зменшення вихідної напруги інвертора до значення, потрібного для живлення низьковольтних споживачів (звичайно напруга на виході трансформатора вибирається 380/220 В).

Схема статичного високовольтного перетворювача, яка прийнята для стандартного європейського вагона, показана на рис. 9.4.

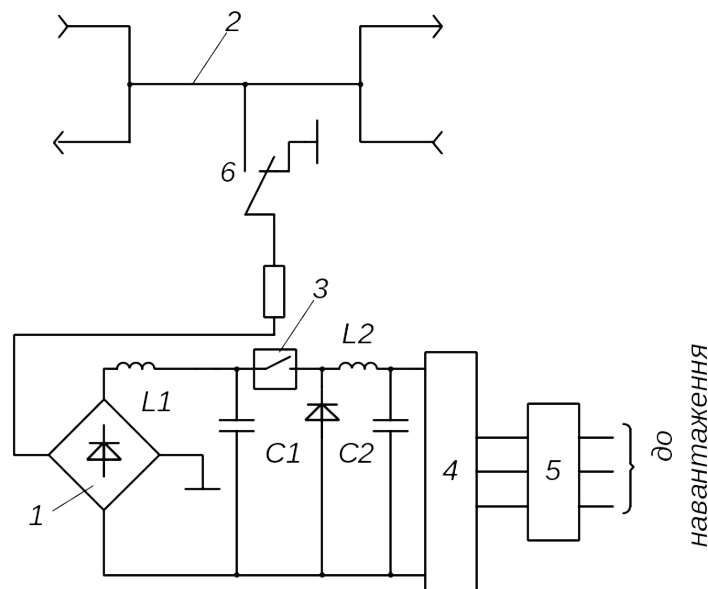


Рис. 9.4. Принципова схема високовольтного статичного перетворювача

Перетворювач складається із мостового випрямляча 1, імпульсного регулятора-стабілізатора 3, на вході і виході якого встановлено фільтри L1-C1 та L2-C2, та трифазного автономного інвертора 4. Вхід випрямляча з'єднано за допомогою комутаційної апаратури 6 з високовольтною магістраллю 2. У інверторі здійснюється перетворення постійної напруги у систему симетричної трифазної напруги, яку через трифазний знижувальний трансформатор 5 подають на навантаження вагона. Номінальна потужність перетворювача складає 31 кВт. Її обрано з деяким запасом, щоб забезпечити можливість живлення основних споживачів сусіднього вагона при виході з ладу власного перетворювача. Маса перетворювача 2335 кг.

Різні схемні рішення перетворювача, що розглядається, в основному визначаються вибором типу інвертора та способу стабілізації вихідної напруги. У високовольтних статичних перетворювачах, розроблених для електропостачання пасажирських вагонів, використовуються трифазні інвертори напруги (рис. 9.5, а).

Інвертор виготовлено у вигляді трифазної мостової схеми, у плечі якої увімкнені тиристори V1-V6, зворотні діоди V7-V12, комутуючі конденсатори C1-C6 та дроселі L1-L3. До входу інвертора підключено демпферний резистор R1. Комутація тиристорів відбувається кожну $1/6$ частину періоду. Одночасно в робочому інтервалі працюють три тиристори, при цьому один у анодній (або катодній) та два в катодній (анодній) групах. Внаслідок цього напруга на виході має ступеневу форму, приближену до синусоїди 1 (рис. 9.5, б). Так, в інтервалі роботи перетворювача $0-\pi/3$ увімкнені два тиристори V1 і V5 анодної групи та один тиристор V4 катодної групи. В результаті до джерела живлення напругою $U_{ВХ}$ виявляється під'єднане за допомогою тиристорів електричне коло, що складається з паралельно з'єднаних фаз А та С, послідовно з якими ввімкнено фазу В трансформатора. Таким чином, до фази А прикладена напруга $U_A=1/3U_{ВХ}$. В інтервалі $\pi/3-2/3\pi$ вмикається тиристор V6, а тиристор V5 вимикається, тобто виявляються ввімкнутими один тиристор V1 анодної групи та два тиристори V4 і V6 катодної групи. До джерела підключається коло з послідовно з'єднаних

Стабілізувати вихідну напругу статичного перетворювача раціонально таким чином:

- 1) за допомогою стабілізатора, ввімкнутого між інвертором та трансформатором;
- 2) широтно-імпульсного керування тиристорами інвертора;
- 3) стабілізатора, виконаного у вигляді імпульсного тиристорного регулятора, ввімкненого між випрямлячем (або поїзною магістраллю) та інвертором.

При першому та другому варіантах стабілізація вихідної напруги інвертора безпосередньо зв'язана з високовольтною поїзною магістраллю, тому її напівпровідникові прилади необхідно вибирати виходячи з найбільшої напруги в магістралі, що є недоліком цих варіантів стабілізації.

Третій варіант стабілізації позбавлений вказаного недоліку, проте це досягається шляхом використання спеціального імпульсного тиристорного регулятора. Вибір варіанта стабілізації здійснюється на основі техніко-економічного аналізу з урахуванням напруги в поїзній електромагістралі, потужності статичного перетворювача та параметрів напівпровідникових приладів, що використовуються.

На сучасних пасажирських вагонах поїздів з прискореним рухом широко використовується статичний перетворювач типу PSM-45W (рис. 9.6).



Рис. 9.6. Статичний перетворювач PSM-45W вагона Україна-2

Перетворювач здійснює перетворення напруги 3000 В (постійної або змінної) залізничних тягових мереж, на постійну напругу (110 В) і (24 В), а також змінну (3x380 В) і (220 В), що використовується у вагонних колах низької напруги.

Під час стоянки (при вимкненому живленні напругою 3000 В) перетворювач може житися з промислової мережі з напругою 3x380 В.

Технічні параметри перетворювача подано у табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Технічні параметри перетворювача PSM-45W

Параметр		Величина	
Напруги вхідні		3000 V – 50 Hz (діапазон зміни 2200÷3600 V) 3000 V – DC (діапазон зміни 2200÷4000 V) 3x380 V – 50 Hz	
Напруги вихідні	1	110 VDC	P=15 kW; робота з батареєю акумуляторів; стаб. струму $\pm 2\%$; стаб. напруги $\pm 1\%$ (терм. корекція)
	2/1	3x380 V (50 Hz)	P=2 kW; стаб. напруги $\pm 5\%$; стаб. частоти $\pm 1,0\%$; кількість гармонік $\pm 5\%$
	2/2	3x380 V (50 Hz)	P=8 kW; стаб. напруги $\pm 5\%$; стаб. частоти $\pm 1,0\%$; кількість гармонік $\pm 5\%$
	2/3	3x380 V (50 Hz)	P=8 kW; стаб. напруги $\pm 5\%$; стаб. частоти $\pm 1,0\%$; кількість гармонік $\pm 5\%$
	3	3x380 V (20-60 Hz)	P=3 kW; регуляція U/f (152 – 456 V)
	4	220 V (50 Hz)	P=5 kW; стаб. напруги $\pm 5\%$; стаб. частоти $\pm 1,0\%$; кількість гармонік $\pm 5\%$
	5	110 VDC	P=1,5 kW; стаб. напруги $\pm 2\%$
	6	24 VDC	P=1,5 kW; стаб. напруги $\pm 5\%$
Загальна потужність		45 kW	
ККП		$>83\%$	
Температура навколишнього		$-40\dots 40^\circ\text{C}$	

о середовища	
Тип корпусу	IP56
Маса	1200 kg
Розмір (шир. x глиб. x вис.), мм	HV (1000x1000x 600), MAG (1000x1590x600), LV (1000x1000x600)

Перетворювач PSM-45W є пристроєм повністю автоматизованим і дає можливість постійного живлення вагонних ланцюгів високої напруги, незалежно від величини вхідної напруги.

Електрична схема перетворювача PSM-45W подана на рис. 9.7.

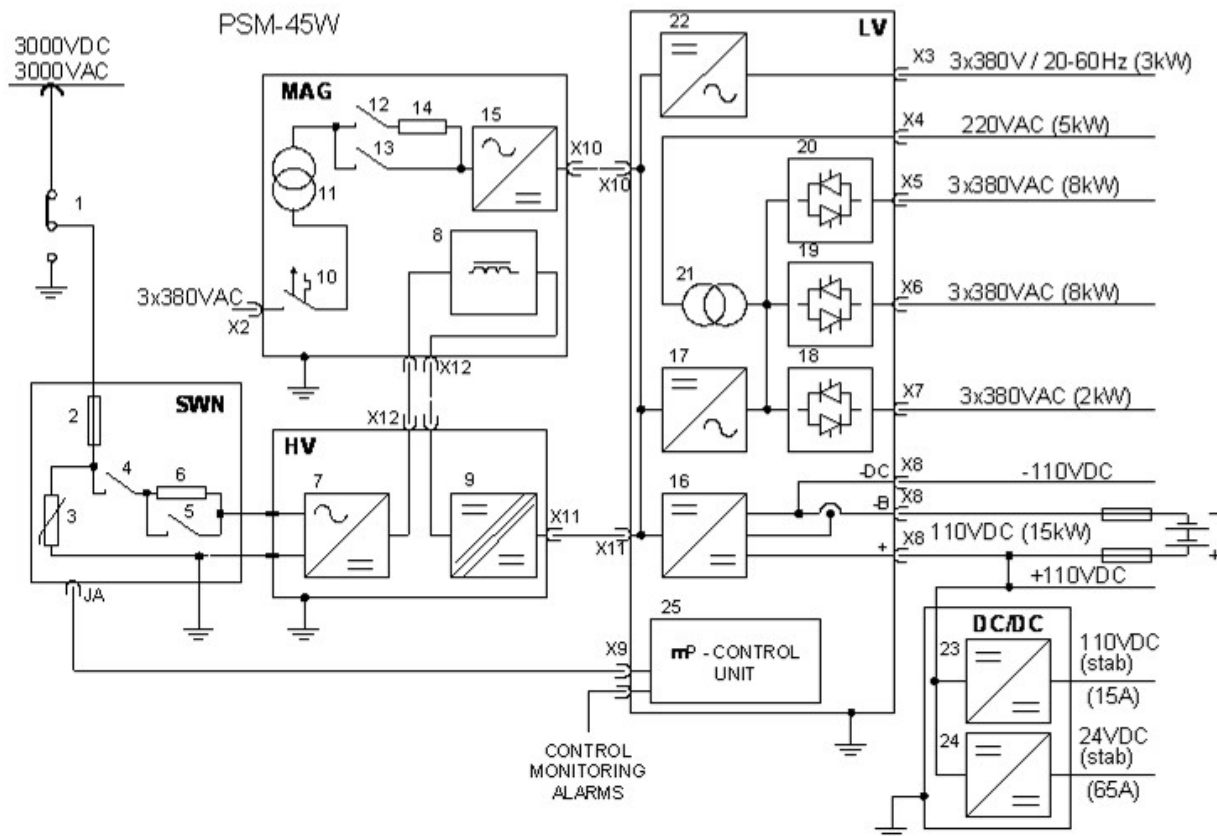


Рис. 9.7. Електрична схема перетворювача PSM-45W

У вхідному колі перетворювача розміщений перемикач (1), який в замкнутому положенні підводить до пристрою високу напругу, а у відкритому положенні гарантує заземлення вхідного кола, також шухляда високої напруги (SWN) містить:

- запобіжник (2) вхідного кола;
- розрядний захисник (3);

- стик контактора (4) і резистор (6), що дає перетворювачу можливість «soft-start»;

- стик контактора (5) ввімкнений по закінченні запуску.

В шухляді SWN розміщений перемикач, що дозволяє заблокувати ввімкнення перетворювача. Перетворювач складається з чотирьох модулів:

- модуль високої напруги (HV) складається з блоків (7) і (9);

- модуль з магнетичними підгрупами і входом в промислову мережу 3x380V (MAG) включає блоки (8), (10), (11), (12), (13), (14) і (15);

- модуль низької напруги (LV) включає блоки (16), (17), (18), (19), (20), (21) і (24);

- модуль перетворювачів стабілізованих напруг (DC/DC) включає блоки (22) і (23).

Вхідна напруга підведена до перетворювача (7), далі через дросель (8) до перетворювача (9), що стабілізує напругу DC. Напруга, за відсутності живлення з тягової мережі, може бути вироблена при живленні з промислової мережі 3x380 V. Вхідна напруга 3x380 V підведена через рознімачі X2 в модулі MAG, далі запобіжник (10) і трансформатор (11) до системи «soft-start», що складається зі стику контактора (12) і резистора (14), а також стику контактора (13), який замикається по закінченні запуску. Далі через живильник (15) перетворено на напругу DC. Напругу DC підведено через рознімачі X11 - X11 або X10 - X10 до модуля низької напруги (LV), використовується для живлення розміщеного в цьому модулі складу перетворювачів, які виробляють вихідну напругу.

Перетворювач DC/DC (16) виробляє постійну напругу 110 V, призначений для живлення приймачів і настроювання батареї акумуляторів, враховуючи термічну корекцію напруги настроювання. Напругу виведено через рознімач X8. Інвертор (17) виробляє трифазну напругу 3x380V для живлення двигунів та інших приймачів змінної напруги. Для живлення двигуна:

1) 1,3 kW – напруга виведена рознімачем X7;

2) 6,75 kW – напруга через безконтактний з'єднувач (18) виведена рознімачем X6;

3) 6,75 kW – напруга через безконтактний з'єднувач (19) виведена рознімачем X5.

Для живлення приймачів 220 V (50 Hz) напруга з інвертора (17) через трансформатор (20) виведена рознімачем Х4. Для живлення двигуна 2,3 kW (з регуляцією U/f) напруга з інвертора (21) виведена рознімачем Х3. Напруга 110 VDC використана для модуля перетворювачів DC/DC. У цьому модулі перетворювач виробляє стабілізовану напругу 110 VDC, а перетворювач (23) стабілізовану напругу 24 VDC.

У модулі LV розташований мікропроцесорний блок керування (24), що контролює роботу всього перетворювача PSM-45 W. Завдяки використанню сучасних односистемних мікропроцесорів і транзисторів IGBT інвертори гарантують на виході синусоїдальну змінну напругу з мінімальною кількістю гармонік. Використовувана система управління гарантує високу стабілізацію частоти, а також дуже добру симетрію фаз вихідної напруги.

Питання для самоконтролю

1. З яких елементів складається система централізованого електрозабезпечення пасажирських вагонів при тепловозній тязі?
2. Які перетворювачі застосовуються в пасажирських вагонах?
3. Яка конструкція та принцип дії високовольтного перетворювача частоти?
4. Яка конструкція та принцип дії електромашинного перетворювача постійного струму на змінний?
5. Яке призначення статичного високовольтного перетворювача для живлення низьковольтних вагонних споживачів та які його основні переваги?
6. Які функції виконує інвертор, з яких елементів він складається та яка форма вихідної напруги?
7. Який перелік вихідних напруг має статичний перетворювач PSM-45W?

10. ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ВАГОНІВ

10.1. Способи та види електричного освітлення вагонів

У приміщеннях вагона повинна створюватися освітленість, зазначена у відповідних нормах, що забезпечує створення необхідного комфорту для пасажирів. Норми визначають найменшу освітленість основних робочих поверхонь вагона, полиць приміщення, столика в купе і горизонтальної площі над краями диванів або сидінь для пасажирів на рівні 0,8 м від підлоги. У багажних і поштових вагонах нормуються освітленість столу багажних роздавальників, столу для сортування кореспонденції, підлоги в кладових та ін.

За способами розміщення світильників у виробничих приміщеннях і у вагонах розрізняють системи загального і комбінованого освітлення. При загальному освітленні світильники встановлюють тільки у верхній зоні приміщення – безпосередньо на поверхні стелі або підвішують до неї. Вони називаються світильниками загального освітлення. До них відносяться світильники купе, коридорів, туалетів і тамбурів. Загальне освітлення підрозділяється на рівномірне і локалізоване. При рівномірному освітленні світильники встановлюють рядами на визначеній відстані один від одного і між рядами. Загальне рівномірне освітлення має найбільше поширення (наприклад, у міжбласних пасажирських вагонах). Для створення більш високої освітленості окремих ділянок приміщення застосовують локалізоване освітлення. Однак воно не набуло поширення в пасажирських вагонах.

При комбінованому освітленні в приміщеннях передбачають загальне освітлення, як правило, з рівномірним розміщенням світильників, і місцеве освітлення світильниками, встановленими на робочих місцях. Такий вид освітлення набув поширення в електроцехах вагонних депо.

Різні за функціональним призначенням частини освітлювальної установки називаються видами освітлення.

Штучне освітлення може бути двох основних видів: робоче й аварійне. Робоче освітлення створює в приміщеннях вагонів необхідну за нормами освітленість у нормальних умовах. Аварійне освітлення діє у випадку припинення живлення освітлювальних навантажень від основного джерела електричної енергії. Для аварійного освітлення виділяють, як правило, частину світильників, що передбачаються для робочого освітлення. Живлення цих світильників часто здійснюють від акумуляторної батареї, а як джерело світла використовують лампи розжарювання.

У пасажирських вагонах розрізняють також чергове і службове освітлення. Чергове освітлення діє в нічний час, коли пасажери сплять. Освітленість, створювана черговим освітленням, не нормується. У загальних нормах штучного освітлення міститься тільки рекомендація виділяти на чергове освітлення частину світильників робочого освітлення. Службове освітлення вмикається провідниками в міру потреби, до нього відносяться: освітлення сходинок вагона, котлових відділень, номерних знаків вагонів, а також освітлення для огляду автозчеплення, генератора, батареї та ін.

10.2. Основні поняття світлотехніки та методи розрахунку

Потужність світлової енергії характеризується світловим потоком Φ , що являє собою кількість світлової енергії, яка проходить через яку-небудь площу в одиницю часу.

Світловий потік оцінюється за дією його світлового відчуття і виміряється в люменах (лм). Люмен – це світловий потік, що випускається повним випромінювачем (абсолютно чорним тілом), при температурі затвердіння платини з площі $5,305 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$. Щоб оцінити якість освітлювальних установок в умовах експлуатації, у світлотехніці застосовується ряд величин, які є похідними від світлового потоку: сила світла, освітленість, світимість та яскравість [12].

Силою світла I називається просторова щільність світлового потоку в заданому напрямку. Вона визначається

відношенням світлового потоку Φ до тілесного кута ω , у який він поширюється. У загальному випадку $I = d\Phi/d\omega$.

Тілесний кут – це частина простору, обмеженого конічною поверхнею (рис. 10.1, а); його вимірюють у стерadians і визначають за формулою $d\omega = dS/r^2$ (dS – площа ділянки сфери, що вирізується тілесним кутом $d\omega$; r – радіус сфери).

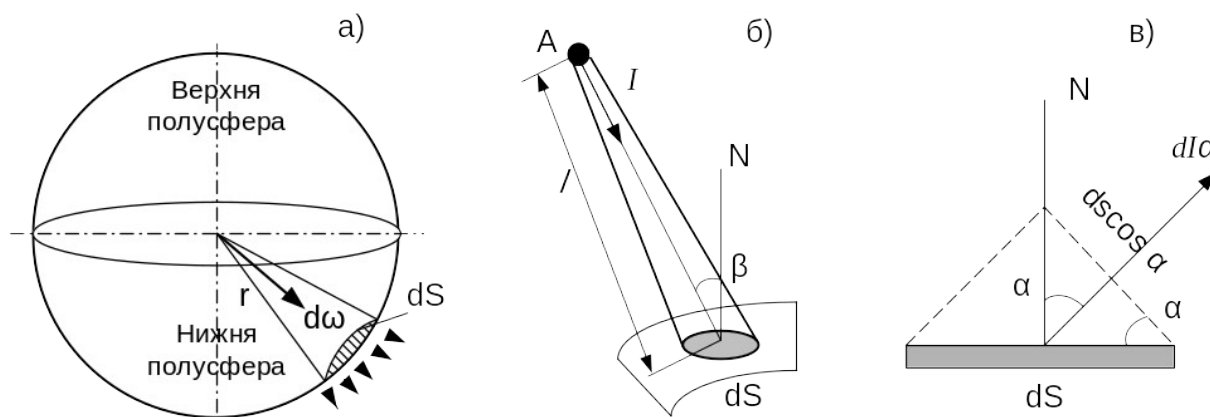


Рис. 10.1. Співвідношення між основними величинами

Сила світла вимірюється в канделах (кд) (лат. candela – свічка), $1 \text{ кд} = 1 \text{ лм/ср}$.

В електричних лампах сила світла розподіляється неоднаково в різних напрямках, що характеризується кривими світлорозподілу, побудованими в полярних координатах (рис. 10.2). Криві світлорозподілу будуються звичайно для лампи зі світловим потоком у 1000 лм. За такими кривими можна визначити силу світла, яка створена даним джерелом у будь-якому напрямку: вона виражається у визначеному масштабі довжиною відрізка радіуса, проведеного під визначеним кутом до вертикалі з полюса 0 до точки перетину з кривою світлорозподілу.

Приклад. Для лампи розжарювання з прозорою колбою сила світла для променя, спрямованого під кутом 20° до вертикалі (відрізок OA), дорівнює 90 кд. При установленні цієї лампи у світильник прямого світла сила світла зростає до 200 кд (відрізок OB).

Освітленість E характеризує поверхневу щільність падаючого світлового потоку і дорівнює відношенню світлового

поток Φ до площі S освітлюваної ним поверхні. У загальному випадку

$$E = d\Phi / dS. \quad (10.1)$$

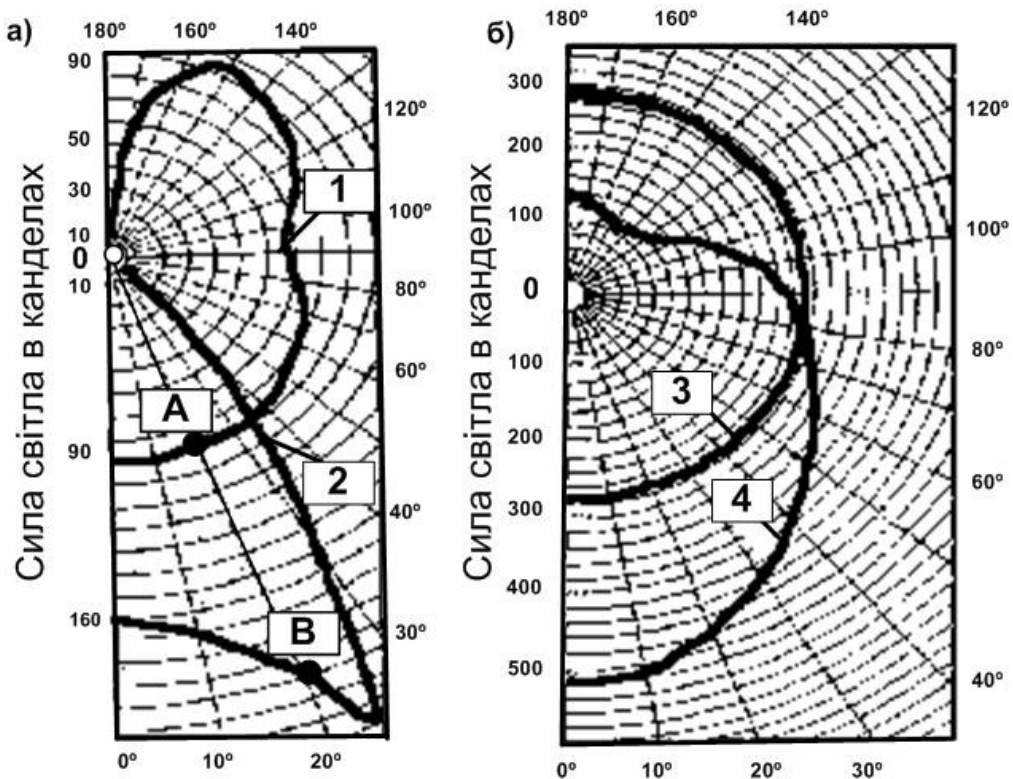


Рис. 10.2. Криві світлорозподілу для ламп розжарювання (а) та люмінесцентних (б):

1 – залізничні лампи з прозорим склом; 2 – світильники прямого світла; 3 – лампи радіальної дії; 4 – лампи направленої дії

Одиницею освітленості є люкс (лк). Люкс являє собою освітленість поверхні, на кожен квадратний метр якої припадає рівномірно розподілений світловий потік у 1лм. Співвідношення між силою світла й освітленістю можна визначити в такий спосіб. Якщо поверхня площею dS (рис. 10.1, б) освітлюється джерелом А, що знаходиться від неї на відстані l , і сила світла I спрямована на цю поверхню під кутом β до вертикалі N , то освітленість E визначається за формулою

$$E = \frac{I \cos \beta}{l^2}. \quad (10.2)$$

Світимість M характеризує поверхневу щільність випромінюваного потоку. Її використовують для оцінки джерел світла або будь-яких поверхонь, що світяться в результаті світлового потоку, який проходить через них, або відбитого світлового потоку. У загальному випадку світимість $M=d\Phi/dS$.

Одиницею світимості є люмен на квадратний метр (лм/м²).

Яскравість L характеризує поверхневу щільність сили світла в заданому напрямку. Вона визначає зорове відчуття, що, однак, залежить і від інших факторів. Якщо яскравість поверхні, яка світиться, площею dS визначають у напрямку під деяким кутом α до перпендикуляра N до даної поверхні (рис. 10.1, в), то в загальному випадку

$$L_{\alpha} = \frac{dI_{\alpha}}{dS \cos \alpha}. \quad (10.3)$$

Якщо поверхня, яка світиться, S має всюди однакову яскравість, тоді

$$L_{\alpha} = \frac{I_{\alpha}}{S \cos \alpha}. \quad (10.4)$$

Одиницею яскравості є кандела на квадратний метр (кд/м²).

Одним з основних показників, що визначають економічність джерела світла, є світлова віддача, вимірювана у люменах на Ватт (лм/Вт). Світлова віддача – це відношення випромінюваного джерелом світлового потоку Φ до споживаної ним електричної потужності P , тобто $\gamma = \Phi/P$.

Світловий потік, що падає на тіло, яке не просвічується, частково поглинається ним, а частково відбивається. У випадку тіла, яке просвічується, крім відображення і поглинання, має місце також пропускання світлового потоку. Кількісне відображення, поглинання і пропускання світлового потоку тілом оцінюються відповідними коефіцієнтами: відображення ρ , поглинання α і пропускання τ . При цьому

$$\rho = \Phi_{\rho}/\Phi; \quad \alpha = \Phi_{\alpha}/\Phi; \quad \tau = \Phi_{\tau}/\Phi, \quad (10.5)$$

де Φ_ρ – світловий потік, який відбивається тілом; Φ – світловий потік, що падає на тіло; Φ_α – світловий потік, що поглинається тілом; Φ_τ – світловий потік, що проходить крізь тіло.

За законом збереження енергії $\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\alpha + \Phi_\tau$. Поділивши всі члени цього рівняння на Φ , одержимо $\rho + \alpha + \tau = 1$.

Якісними критеріями комфортних умов, які створюються освітлювальними установками, є відбитий блиск, засліпленість і пульсація освітленості. Відбитий блиск виникає в результаті дзеркального чи направлено-розсіяного відображення випромінювання світлового потоку від робочої поверхні. Засліпленість дозволяє оцінити сліпучу дію, що створюється освітлювальною установкою. Її визначають за формулою

$$P_{3C} = (S_{3C} - 1) \cdot 1000, \quad (10.6)$$

де $S_{3C} = V_1/V_2$ – коефіцієнт засліпленості (V_1 – видимість об'єкта спостереження при екрануванні блискучих джерел світла; V_2 – те саме при наявності блискучих джерел у полі зору).

Пульсація освітленості може бути викликана коливаннями напруги в освітлювальній мережі вагона. Якщо коливання освітленості часті і значні за амплітудою, то вони можуть викликати значне зорове стомлення. Коливання освітленості, які сприймаються оком, відзначаються при плавній зміні амплітуди напруги на 4%. Пульсація освітленості характеризується коефіцієнтом пульсації

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\text{МАКС}} - E_{\text{МИН}}}{2E_{\text{СР}}} 100, \quad (10.7)$$

де $E_{\text{МАКС}}$ і $E_{\text{МИН}}$ – найбільше і найменше значення освітленості за період її коливання; $E_{\text{СР}} = \frac{1}{T} \int_0^t E(t) dt$ – середнє значення освітленості за цей же період.

У лампах розжарювання теплова інерція спіралі настільки велика, що коливання світлового потоку практично не помітні для ока. У люмінесцентних ламп така теплова інерція відсутня. Тому в них доводиться обмежувати коефіцієнт k_n різними способами.

Розрахунок електричного освітлення вагонів (світлотехнічний розрахунок) полягає у виборі типу світильника і висоти його підвісу, числа світильників і їхнього розміщення по приміщенню, визначенні світлового потоку, потужності лампи і повної потужності освітлювальної установки, для забезпечення заданих норм освітленості робочих поверхонь. Світлотехнічний розрахунок може проводитися трьома методами: за коефіцієнтом використання світлового потоку, за питомою потужністю і точковим методом.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку дає можливість визначити світловий потік, необхідний для створення необхідної освітленості горизонтальної робочої поверхні при симетричному розташуванні світильників з урахуванням світлових потоків, відбитих від стін і стелі. Його використовують для розрахунку загального рівномірного освітлення лампами розжарювання або люмінесцентними при відсутності великих предметів, що затіняють. Отримане значення ρ порівнюють зі зведеними показниками, що подаються в довідниках для окремих виробничих і побутових приміщень.

Метод питомої потужності застосовують при наближених способах розрахунку освітлення закритих (зокрема, вагонних) приміщень при загальному рівномірному розташуванні світильників і визначенні освітленості на горизонтальній поверхні [9]. Значення питомої потужності ρ для визначених типів світильників подаються в довідниках у залежності від освітленості, площі S освітлювального приміщення і висоти підвісу світильників над робочою поверхнею. За цими даними визначають за формулою (10.8) установлену потужність усіх світильників, необхідну для створення необхідної освітленості в заданому приміщенні площею S .

$$\rho = \Sigma P / S, \quad (10.8)$$

де ΣP – установлена потужність усіх світильників, Вт.

Розрахункова потужність однієї лампи P_L при цьому складе $P_L = \Sigma P / N$, де N – кількість ламп. Потім за значенням P_L вибирають найближчу за потужністю стандартну лампу і за необхідності корегують число світильників.

Точковий метод дає можливість визначити освітленість у будь-якій точці довільно розташованої поверхні при будь-якім розміщенні світильників за відповідною методикою та з використанням спеціальних таблиць. Також використовують елементарні криві освітленості і просторові криві рівних значень горизонтальної освітленості (ізолюксів) для основних типів світильників.

10.3. Лампи та світильники вагонів

У вагонах як джерело світла застосовують лампи розжарювання і люмінесцентні лампи, які розміщують у світильниках. У пасажирських вагонах люмінесцентне освітлення зазвичай є основним, а освітлення з лампами розжарювання – допоміжним. При працюючому люмінесцентному освітленні лампи розжарювання відключаються.

Лампи розжарювання є джерелом світла, що діє за принципом теплового випромінювання. У лампах малої потужності повітря з балона видаляють (вакуумні лампи), а потужністю 60 Вт і вище після відкачування повітря балон заповнюють газами (сумішшю аргону з азотом, криптоном чиксеноном), що не вступають у хімічну взаємодію з розпеченим вольфрамом нитки лампи. Це обмежує розпилення нитки лампи і сприяє збільшенню терміну її служби. Лампи розжарювання не мають принципової відмінності від звичайних ламп. Їх особливістю є підвищена вібростійкість і спеціальний цоколь. За формою колби залізничні лампи розділяються на кульові 1, пальцеподібні 2, циліндричні (софітні) 3 (рис. 10.3).

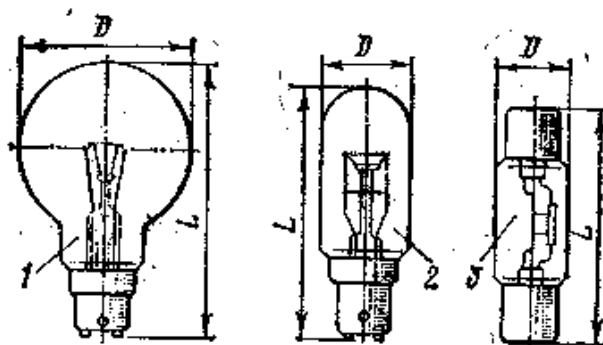




Рис. 10.3. Залізничні електричні лампи розжарювання

Лампи 1 і 2 мають двоконтактний штифтовий цоколь, а лампа 3 – софiтний. Цоколі з гвинтовою нарізкою на вагонах не застосовують, тому що лампа з таким цоколем при трясінні може мимовiльно викрутитися з патрона. Пружинні контакти штифтових і софiтних цоколів забезпечують надійний контакт струмоведучих частин і стійке положення лампи в патроні. Основними параметрами ламп розжарювання є напруга, потужність, світловий потік, світлова віддача і середній термін служби. Залізничні лампи розжарювання мають знижену (на 12-15 %) у порівнянні зі звичайними лампами світлову віддачу, тому що їхня нитка нагрівається до більш низької температури розжарення. Це необхідно для кращого опору нитки трясінню і вібраціям і забезпечення терміну служби, гарантованого для звичайних ламп розжарювання (1000 год).

Після закінчення гарантованого терміну служби світловий потік лампи внаслідок розпилення вольфрамової нитки й осідання вольфраму на стінці колби значно знижується. На термін служби залізничних ламп і їхню світловіддачу також сильно впливає зміна напруги.

При підвищенні напруги до 110 % номінального значення термін служби зменшується до 40-50 %, а при зменшенні напруги до 90 % номінального значення світловіддача зменшується більш ніж у 2 рази. Тому напруга освітлювальної установки не повинна відхилятися від номінального значення більш ніж на $\pm 5\%$. Основні технічні дані залізничних ламп розжарювання, розрахованих на номінальну напругу 54 та 110 В, подано в табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Типи вагонних ламп розжарювання

Тип лампи	Напруга,	Потужність,	Світловий	Тип цоколю
-----------	----------	-------------	-----------	------------

	В	Вт	потік, лм	
Ж 54-25	54	25	270	B22d
Ж 54-40	54	40	480	B22d
Ж 54-60	54	60	810	B22d
Ж 110-15	110	15	80	B22d
Ж 110-25	110	25	185	B22d

Люмінесцентні лампи. Для освітлення вагонів широко застосовують люмінесцентні лампи, що мають у порівнянні з лампами розжарювання ряд переваг. Основні з них:

- більш висока світлова віддача (65-75 лм/Вт у люмінесцентних ламп і 7-22 лм/Вт у ламп розжар.);
- більший термін служби (відповідно – 10 тис. і 1-2 тис. год),
- кращий спектральний склад світла;
- більш рівномірний світлорозподіл за рахунок подовженої форми лампи.

Люмінесцентна лампа являє собою джерело світла, у якому випромінювання створюється в результаті дугового розряду в колбі лампи, заповненої парами ртуті (рис. 10.4).

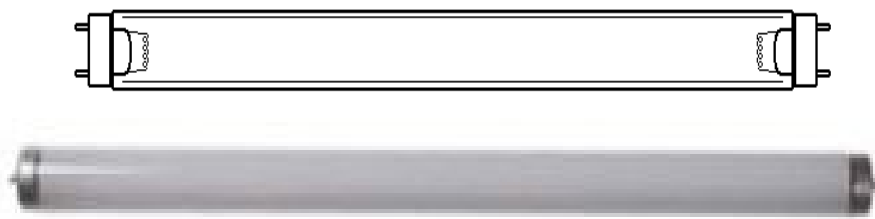


Рис. 10.4. Люмінесцентна лампа

Основні параметри ламп подано в табл. 10.2.

Таблиця 10.2

Типи вагонних люмінесцентних ламп

Тип лампи	Напруга	Пот	Світловий	Середня	Габарити, мм		Тип цоколя
					L	D	

			Ві- ність, Вт	триваліс- ті	Довжи- на	Діа- метр колб и	ля
Лампи люмінесцентні ртутні							
ЛБ 18	127	18	1060	12000	596,9	28,0	G13d
ЛБ 20-2	127	20	1060	12000	596,9	32,0	G13d
ЛБ 30	220	30	2020	12000	901,7	40,5	G13d
ЛБ 40-2	106	40	3000	12000	1213,6	32,0	G13d
ЛБ 40-7	106	40	3000	12000	1213,6	38,5	G13d
ЛБ 80-7	99	80	5200	12000	1514,2	38,5	G13d

Перетворення ультрафіолетового випромінювання розряду у світло, близьке за своїм спектральним складом до розсіяного денного світла, здійснюють за допомогою люмінофорів (оброблених спеціальним способом сірчаних з'єднань кальцію, магнію, цинку).

Люмінесцентна лампа виконана у вигляді скляної трубки 1 (рис. 10.5), покритої зсередини шаром люмінофора. Повітря з трубки видаляють і її заповнюють нейтральним газом (аргоном) при низькому тиску; усередині трубки є також деяка кількість ртуті для утворення ртутних парів. На кожному кінці трубки впаяно по два утримувачі 2, між якими укріплений вольфрамовий біспіральний електрод 3, покритий тонким шаром окису барію для посилення термоелектронної емісії. Лампа має штирьовий цоколь з контактними штирями 4, за допомогою яких її закріплюють у патроні і вмикають в електричну мережу.

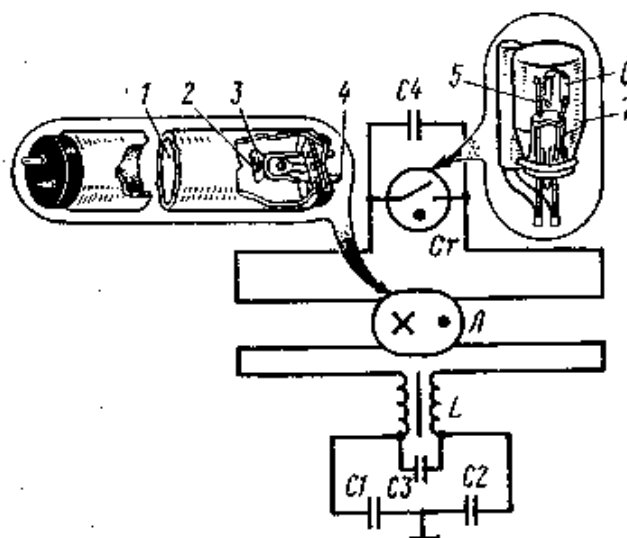


Рис. 10.5. Стартерна схема ввімкнення люмінесцентної лампи

При нагріванні електродів струмом ртуть лампи випаровується і у ній виникає дуговий розряд; ультрафіолетове випромінювання, що утворюється при цьому, збуджує видиме світіння люмінофора. У залежності від способу пуску люмінесцентні лампи розподіляються на лампи із стартерним пуском, лампи без стартера. Основними елементами схеми ввімкнення лампи Л зі стартерним пуском є стартер Ст, дросель L і конденсатори С1-С4. Стартер ввімкнений паралельно лампі і являє невелику газорозрядну лампу тліючого розряду. Скляна колба стартера 7 заповнена сумішшю інертних газів (аргону, неону, гелію) і встановлена в металевий чи пластмасовий корпус, на верхній кришці якого вирізане оглядове вікно. У стартері є два електроди: нерухомий 5 і рухомий 6, виконаний у вигляді біметалічної пластини.

При подачі напруги на люмінесцентну лампу вона виявляється повністю прикладена до стартера і між його електродами виникає тліючий розряд. Склад газів у колбі стартера, їхній тиск і поверхня електродів підбирають так, щоб напруга запалювання стартера $U_{СТ}$ (рис. 10.6, а) була менше напруги мережі, але більше робочої напруги люмінесцентної лампи U_L . Струм I_P тліючого розряду розігріває біметалічний електрод 6 (див. рис. 10.5), який згинається і з'єднується з іншим електродом стартера. З цього моменту починається підігрів електродів люмінесцентної лампи. Струм підігріву I_P (рис. 10.6, а) обмежується дроселем, який розраховують таким чином, щоб струм попереднього підігріву електродів складав 1,2–1,8 номінального струму лампи. При замиканні електродів стартера вони охолоджуються і після закінчення деякого часу, названого часом контактування, знову розмикаються. Так як дросель має велику індуктивність, то в момент розмикання електродів у дроселі виникає пік напруги $U_{МАКС}$, який запалює лампу.

Після загоряння лампи напруга на стартері зменшується і стає рівною напрузі U_L на лампі, яка горить. Так як вона недостатня для запалювання тліючого розряду в стартері, то його електроди залишаються розімкнутими. Якщо лампа не

загоряється, то стартер буде спрацьовувати доти, поки лампа не загориться. Загоряння лампи повинне бути забезпечене протягом не більш 15 с і звичайно відбувається при двох-п'ятих спрацьовуваннях стартера. При цьому сумарний час контактування стартера складає 1-4 с.

Паралельно контактам стартера ввімкнений конденсатор С4 (рис. 10.5), який разом із дроселем визначає значення і тривалість піка напруги, що засвічує лампу. Він зменшує також імовірність зварювання контактів, яке може відбутися в результаті утворення електричної дуги в момент розмикання електродів. Зниження рівня радіоперешкод, що виникають при горінні лампи, і генеруючих при контактуванні електродів стартера забезпечується конденсатором С4 і фільтром С1-С2, увімкненим на вхід лампи.

Люмінесцентні лампи мають спадну вольт-амперну характеристику 1 (рис. 10.6, б). Із збільшенням струму напруга на лампі зменшується, тому при великому струмі і малій напрузі може відбутися руйнування лампи. Через це люмінесцентна лампа не може бути безпосередньо ввімкнена в мережу без обмежника струму з лінійною вольт-амперною характеристикою 2. Електричне коло, що складається з послідовно з'єднаної лампи і обмежувача струму, має, за винятком дуже малої області, яка відповідає невеликим значенням струму, зростаючу вольт-амперну характеристику 3. Як лінійний обмежувач струму ввімкнення лампи використовують дросель L (див. рис. 10.5). Найбільшого поширення набули дроселі із симетрированою обмоткою, що складаються з двох однакових частин, намотаних на загальний сердечник і з'єднаних кожен послідовно з одним із електродів лампи. Такий поділ обмоток дроселя сприяє зменшенню радіоперешкод, які створюються лампою. Так як дросель має велику індуктивність, то його ввімкнення в коло живлення лампи знижує коефіцієнт потужності установки до 0,5–0,6. Для його збільшення паралельно лампі підключають конденсатор С3 достатньої ємності (3-5 мкФ), який вибирають таким чином, щоб коефіцієнт потужності досягав 0,85–0,9.

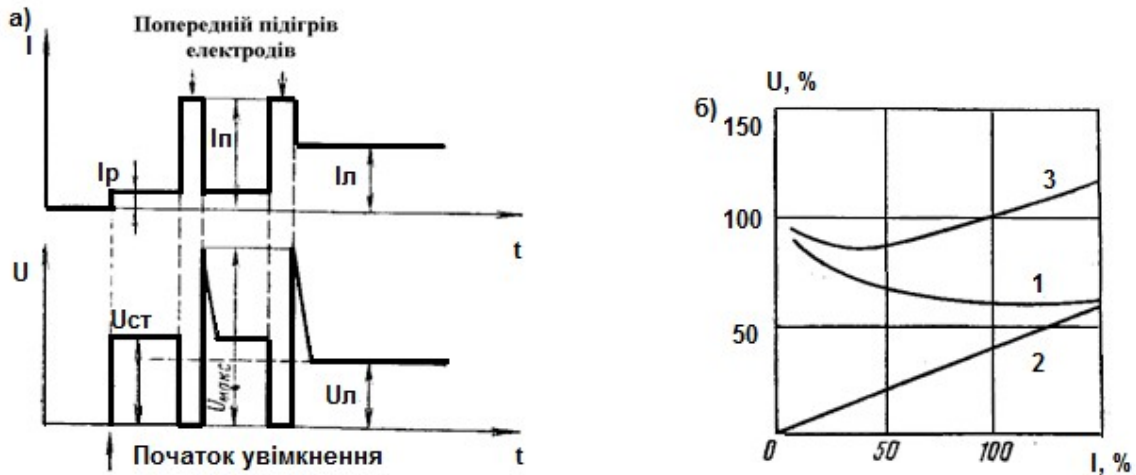


Рис. 10.6. Графіки зміни струму і напруги в процесі загоряння люмінесцентної лампи (а) та її вольт-амперні характеристики (б)

Недоліком однолампових схем є неможливість зменшення пульсації світлового потоку, який створюється однією лампою при її живленні струмом промислової частоти 50 Гц. З метою зменшення пульсацій лампи вмикають у різні фази трифазної мережі.

Поширення набула дволампова схема з розщепленою фазою (рис. 10.7, а). Вона дає можливість зменшити пульсацію сумарного світлового потоку, тому що пульсації потоку кожної лампи відбуваються з деякою розбіжністю у часі.

Надійність роботи стартерних схем увімкнення люмінесцентних ламп невисока в результаті частого виходу з ладу стартерів. Крім того, процес загоряння в цих схемах супроводжується неприємним миготінням і є джерелом радіоперешкод. Усе це визначило поширення безстартерних схем увімкнення люмінесцентних ламп, у яких використовують залежність напруги загоряння від температури електродів лампи (вона зменшується в міру підвищення температури електродів). За способом загоряння ламп усі безстартерні схеми підрозділяються на схеми з попереднім підігрівом електродів (швидке загоряння) і схеми холодного загоряння. В освітлювальних установках вагонів застосовують тільки схеми швидкого загоряння.

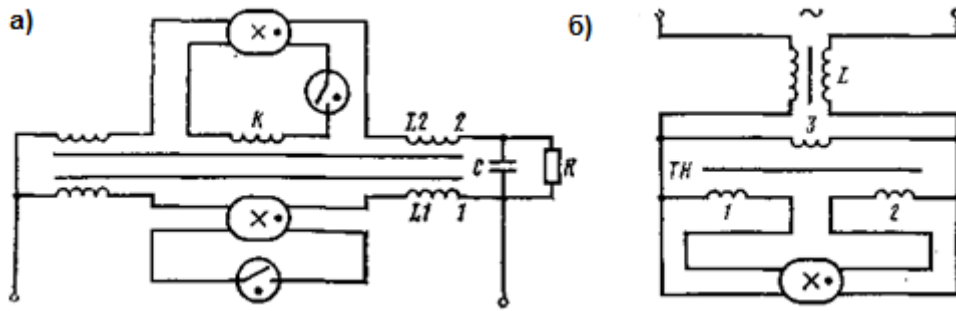


Рис. 10.7. Дволампова схема з розщепленою фазою (а) та безстартерна схема загоряється люмінесцентної лампи (б)

У безстартерній схемі загоряння (рис. 10.7, б) як обмежувач струму використовують дросель L , а попередній підігрів електродів здійснюють трансформатором ТН. Трансформатор має вторинні обмотки 1 і 2, які з'єднують таким чином, щоб їхня напруга складалася з напругою, що подається на первинну обмотку 3 трансформатора. Струм, проходячи через електроди лампи, нагріває їх, і при відповідній напрузі між електродами лампа загоряється. Після загоряння через дросель почне проходити робочий струм, який створює на ньому падіння напруги. Тому напруга на первинній обмотці трансформатора зменшується приблизно в 2 рази, що приводить до відповідного зниження напруги і струму розжарювання.

Застосування люмінесцентних ламп замість ламп розжарювання дозволяє при тій же встановленій потужності отримати значно більшу освітленість приміщення. Так, наприклад, для одержання світлового потоку, який випромінюється однією люмінесцентною лампою ЛБ-40 потужністю 40 Вт, потрібно було б шість ламп розжарювання типу Ж-54-40 загальною потужністю 240 Вт. Люмінесцентні лампи мають меншу чутливість до коливань напруги. Зміна на 1% напруги U мережі, що живить люмінесцентні лампи, викликає зміну світлового потоку Φ на 1-1,5 %, терміну служби T на 1,5-3 %. У ламп розжарювання ці значення складають відповідно 3,7 і 6 %. Однак при зниженні напруги живлення на 10 % і більш номінальної люмінесцентні лампи починають горіти нестійко і при подальшому зниженні можуть згаснути.

При централізованому електропостачанні для живлення люмінесцентних ламп застосовують частоту 50 Гц, у вагонах з електромашинними перетворювачами – 400 Гц, а з напівпровідниковими перетворювачами – 500 Гц. Підвищення частоти приводить до збільшення світлової віддачі ламп, зниження маси пускорегулювальної апаратури і витрати матеріалів на її виготовлення. Крім того, при підвищеній частоті знижується загальне зорове стомлення в результаті пульсації світлового потоку ламп при змінному струмі. У ламп, що працюють на підвищеній частоті, збільшується термін служби на 20-30 % і сповільнюється зменшення світлового потоку з часом. При підвищенні частоти більш 400 Гц стартери не забезпечують надійного загоряння ламп, тому в цьому випадку можуть бути використані тільки безстартерні схеми ввімкнення.

Світильники. Світильником називають сукупність арматури з лампою і захисними пристроями. Основні призначення світильників – перерозподіл світлового потоку джерел світла в необхідних для освітлювальних установок напрямках, захист очей від сліпучої дії джерела світла, захист ламп, оптичних елементів і пускорегулювальних апаратів від впливів навколишнього середовища і механічних ушкоджень, з'єднання лампи з електричною мережею.

Світильники розподіляються на класи за світлорозподілом взаємності від відношення K світлового потоку Φ_{Π} , який випромінюється світильником у нижню півсферу, до загального потоку світильника $\Phi_{СВ}$. За світлорозподілом світильники розділяються на такі класи: прямого світла $K > 0,8$; переважно прямого світла $0,6 < K < 0,8$; розсіяного світла $0,4 < K < 0,6$; переважно відбитого світла $0,2 < K < 0,4$ і відбитого світла $K < 0,2$. В електричному освітленні вагонів знайшли застосування всі зазначені вище класи світильників.

Конструкція світильників повинна надійно захищати всі частини світильника від шкідливих впливів навколишнього середовища, володіти пожежно-, електро- і вибухонебезпечністю, надійністю, стабільністю світлотехнічних характеристик у даних умовах середовища, зручністю монтажу й обслуговування (зокрема, очищення і зміни ламп, що вийшли з ладу). Доцільно застосовувати найбільш зручні і прості для обслуговування

світильники з легкознімними розсіювачами чи відбивачами, люмінесцентні світильники зі знімними панелями, на яких змонтована електрична схема, і т. д. При виборі типу світильника враховується призначення вагона, фарбування стін і стелі, елементи інтер'єра вагона й ін.

На рис. 10.8 та 10.9 подано світильники з лампами розжарювання, які встановлюються в пасажирських вагонах. Світильник НВВ 01-25 УХЛ.2 призначений для освітлення тамбурів, туалетів і службових приміщень вагонів пасажирських поїздів з живленням від мережі постійного і змінного струму номінальною напругою 50 або 110 В.

Світильник НВВ01-15-002 «Софіт» УХЛ 4.2 призначений для місцевого освітлення в пасажирських вагонах, живиться від мережі постійного струму з напругою 100 В, лампа розжарювання потужністю 15 Вт.



Рис. 10.8. Світильник НВВ 01-25 УХЛ.2



Рис. 10.9. Світильник НБВ01-15-002 «Софіт» УХЛ 4.2

На рис. 10.10-10.12 подано світильники з люмінесцентними та світлодіодними лампами, які встановлюються в пасажирських вагонах. Світильник для освітлення тамбурів і приміщень вагонів Омега-Ел110 з компактною люмінесцентною лампою потужністю 11 Вт і з вбудованим електронним пускорегулювальним апаратом і вимикачем. Світильники стельові типу ЛНВВ 01-2x20-001 з двома (однією) двоцокольними люмінесцентними лампами потужністю 20 Вт для основного режиму роботи і з лампою розжарювання потужністю 25 Вт для чергового режиму. Світильник світлодіодний використовується для заміни світильників з лампами ЛБ-18, ЛБ-20. Основне освітлення: напруга 50, 110 В, потужність 13 Вт, шість світлодіодів, світловий потік 1200 Лм, термін служби 80000 год. Службове освітлення: напруга 50, 110 В, потужність 6 Вт, 3 світлодіоди, світловий потік 300 лм.

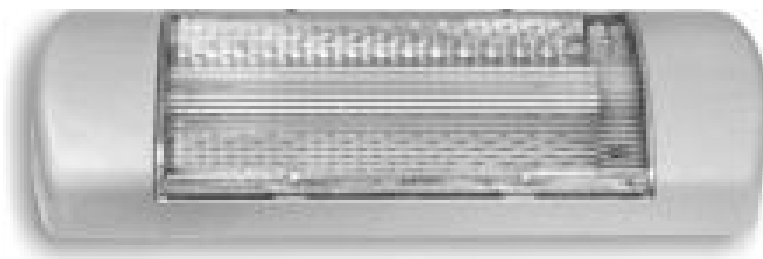


Рис. 10.10. Світильник Омега-Ел110

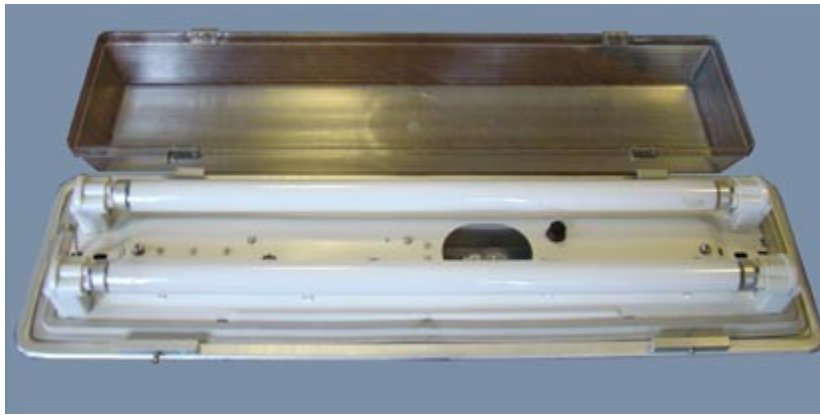


Рис. 10.11. Світильники стельові типу ЛНВВ 01-2x20-001



Рис. 10.12. Світильники світлодіодні

На рис. 10.13 наведений зовнішній вигляд хвостового ліхтаря.

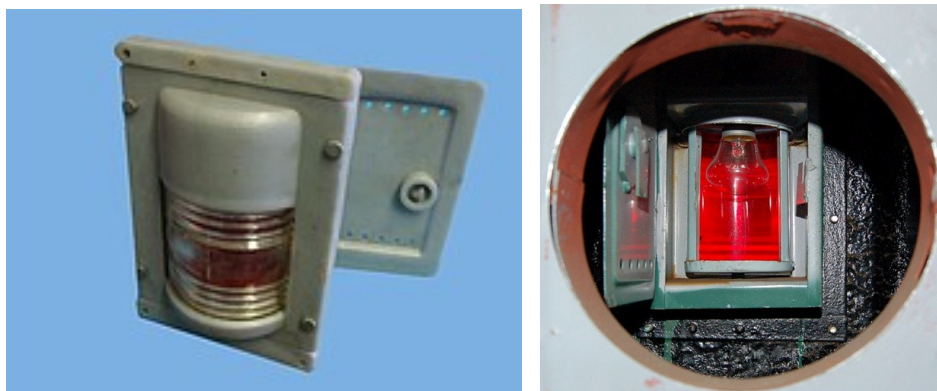


Рис. 10.13. Хвостовий сигнальний ліхтар вагона КБ-1641, (КБ-1640)

В одному світильнику може встановлюватися одна лампа (рис. 10.14, а) або кілька ламп (рис. 10.14, б), наприклад звичайні лампи розжарювання для загального освітлення і сині лампи для

нічного освітлення. У світильниках для люмінесцентних ламп іноді передбачають лампи розжарювання (рис. 10.14, в) – синю для нічного освітлення або білу, що вмикається при несправностях системи люмінесцентного освітлення. Лампи розжарювання у світильниках і софітах купе можуть бути ввімкнені тільки при вимкненому люмінесцентному освітленні. Однак лампи, які встановлюються в приміщеннях з малою освітленістю (тамбури, котельня, туалети), на розподільному щиті, у номерних посадкових і сигнальних хвостових ліхтарях, можуть бути ввімкнені незалежно від роботи люмінесцентних ламп. У багажних і поштових вагонах передбачені спеціальні світильники для освітлення робочих місць усередині вагона, а також фари для висвітлення місць навантаження і вивантаження поштових вантажів і багажу.

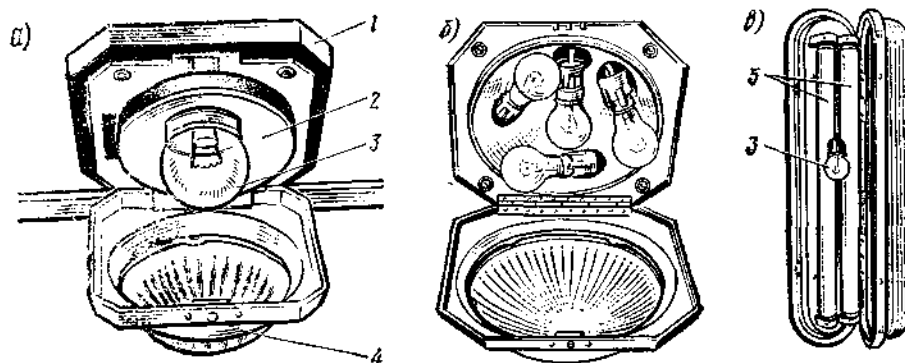


Рис. 10.14. Світильники пасажирських вагонів

Розташування світильників. У вагоні повинно забезпечуватися рівномірне освітлення приміщення. Для підвищення якості та економічності освітлювальних установок і створення необхідних зручностей при їхній експлуатації в приміщеннях, де передбачається загальне рівномірне освітлення лампами розжарювання, світильники рекомендується розташовувати по вершинах квадратних (рис. 10.15, а) чи прямокутних (рис. 10.15, б) полів з відношенням більшого боку L до меншого L_1 не більш ніж 1,5.

Світильники з люмінесцентними лампами звичайно розміщують рядами без розривів (рис. 10.15, в) чи з розривами між світильниками (рис. 10.15, г) за умови, що відстань d між кінцями сусідніх світильників не перевищує половини висоти установки світильників над робочою поверхнею H_p (рис. 10.15, д),

яку визначають за формулою $H_p = H - h - h_c$ (H – висота приміщення; h – рівень освітлюваної поверхні; h_c – відстань світильників від перекриття).

У міжобласних пасажирських вагонах із загальним рівномірним освітленням відстань l від крайніх світильників чи крайніх рядів світильників до стін (рис. 10.15, в, г) рекомендується приймати приблизно втричі меншою, ніж відстань між рядами світильників L .

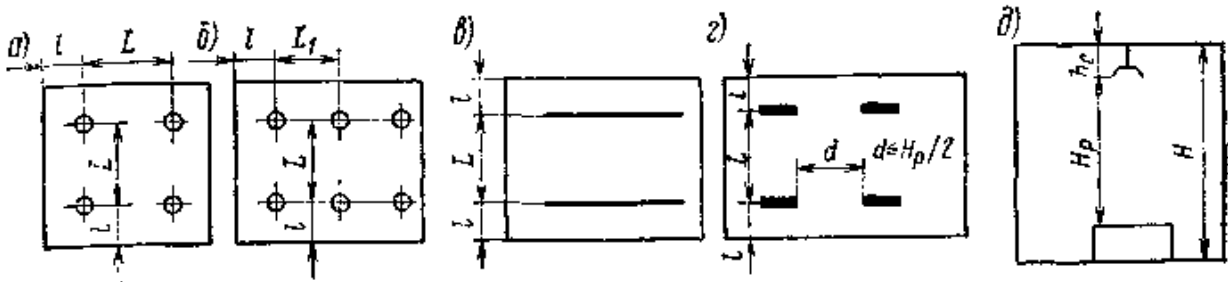


Рис. 10.15. Схема розміщення світильників

Розміщення світильників залежить від типу і призначення вагона і характеристик світильників.

10.4. Схеми живлення електричних ламп

Схема живлення ламп розжарювання. Живлення лампи розжарювання отримують від вагонного генератора через випрямляч В або від акумуляторної батареї АБ (на стоянці і при малій швидкості руху). Освітлення лампами розжарювання в розглянутих вагонах використовується як нічне, аварійне (при непрацюючому перетворювачі люмінесцентного освітлення) і для освітлення тамбурів, туалетів і проходів вагона, де не встановлені люмінесцентні світильники. Лампи розжарювання включені в дві групи (рис. 10.16): в одну із них входять лампи Л1-Л9, розташовані в проході по салону, в другу – лампи Л10-Л18, встановлені в купе. Кожна група у свою чергу поділена на дві частини: в першу групу включені лампи Л1-Л5 і Л6-Л9, в другу – лампи Л10-Л14 і Л15-Л18. Ці частини груп можуть з'єднуватись за допомогою пакетних перемикачів П1 і П2 паралельно (перемикачі знаходяться в положенні 1) або послідовно (перемикачі знаходяться в положенні 2). При паралельному

з'єднуванні на лампи подається повна напруга, при послідовному – в 2 рази менше, що знижує її світловий потік (нічний режим освітлення).

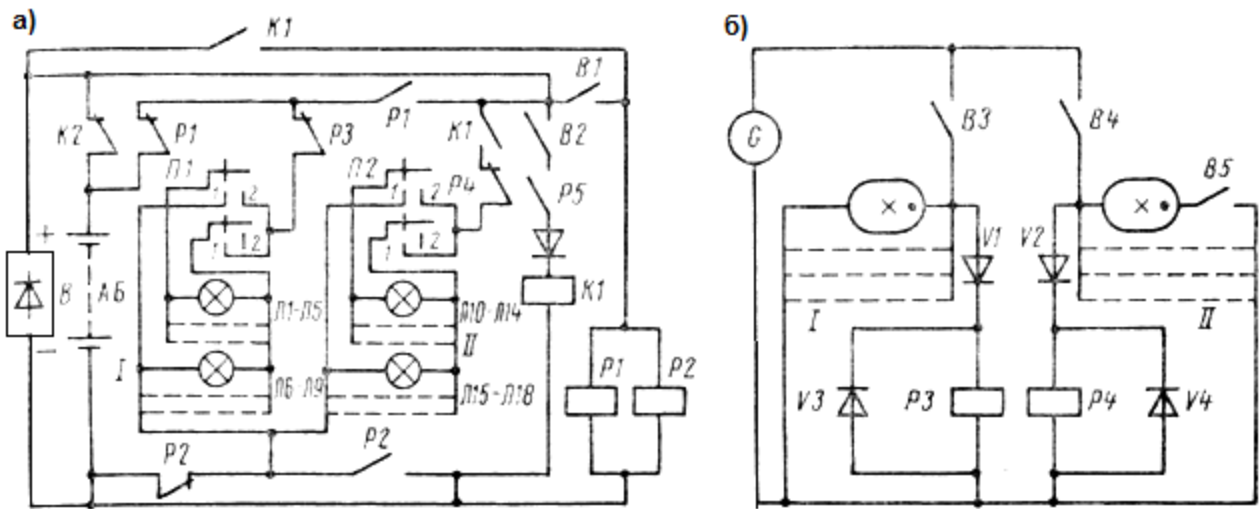


Рис. 10.16. Схема живлення ламп розжарювання (а) та люмінесцентних ламп (б) в системі електрозабезпечення ЭВ-10

Під час руху вагона при ввімкненні вимикачів В1 і В2 отримують живлення від випрямляча В котушки контактора К1 і проміжних реле Р1 і Р2. Живлення на котушку контактора К1 подається через контакт реле Р5 тиристорного захисту, який замкнений при нормальному режимі роботи системи вагонного електрозабезпечення. За допомогою контактора К1 подається напруга через розмикальний контакт Р4 і замикальний контакт Р2 на лампи другої групи. На лампи проходу напруга подається через замикальні контакти Р2 і Р1, а також розмикальний контакт Р3. Котушки реле Р3 і Р4 увімкнені в коло люмінесцентних ламп вагона. Тому при ввімкненні люмінесцентного освітлення лампи розжарювання виявляються відключеними від джерела живлення.

Під час стоянки поїзда живлення на групи ламп розжарювання подається від акумуляторної батареї через розмикальні контакти контактора К2 перемикального пристрою. Ці контакти замкнуті при непрацюючому генераторі на стоянці чи при малій швидкості поїзда. При аварійних режимах з метою запобігання АБ надмірній розрядці частина споживачів електроенергії вагона відключається. При спрацюванні

тиристорного захисту контакт реле Р5 замикається, що приводить до зняття напруги з котушок контактора К1 і реле Р1, Р2. При цьому лампи освітлення купе відключаються від джерела живлення, а лампи, встановлені в проході, підключаються до АБ через розмикальні контакти реле Р1 і Р2.

Схема живлення люмінесцентних ламп. Люмінесцентні лампи у вагоні отримують живлення від генератора G електромашинного перетворювача (рис. 10.16, б). Лампи люмінесцентного освітлення поділені на дві групи. В першу групу входять лампи, розміщені в проході по салону, в другу – лампи, встановлені в купе. Управління лампами виконується груповими вимикачами В3 і В4. Лампи другої групи можуть бути також увімкнені і вимкнені індивідуальними вимикачами В5, розміщеними в купе. В обидві групи люмінесцентних ламп увімкнені котушки реле Р3 і Р4, які своїми контактами автоматично відключають коло ламп розжарювання (див. рис. 10.16, а) при працюючому перетворювачі і ввімкнених положеннях вимикачів В3 і В4. Як реле Р3 і Р4 використані реле постійного струму, тому вони підключені до мережі, яка живить люмінесцентні лампи, через діоди V1 і V2. Паралельно котушкам реле Р3 і Р4 підключені діоди V3 і V4, які захищають ці котушки від перенапруг, що виникають при відключенні вимикачів В1 і В2.

Питання для самоконтролю

1. Які існують способи та види електричного освітлення вагонів?
2. Чим характеризується потужність світлової енергії та що таке тілесний кут?
3. У яких одиницях вимірюється сила світла, світловий потік, освітленість та світимість?
4. Для якої мети використовуються криві світлорозподілу?
5. З яких етапів складається розрахунок електричного освітлення вагона?
6. Які методи використовуються для визначення світлового потоку у вагоні?
7. Які лампи використовуються у пасажирських вагонах?

11. ЕЛЕКТРИЧНЕ ОПАЛЕННЯ ВАГОНІВ

11.1. Класифікація систем електричного опалення

За конструктивними ознаками системи електричного опалення вагонів можна розділити на такі основні групи [12]:

- система водяного опалення з комбінованим електровугільним котлом, у якому є топковий пристрій для спалювання твердого палива і високовольтні електронагрівальні елементи. Як прилади опалення в цій системі використовують водяні труби. При русі вагона по неелектрифікованих ділянках залізниці котел працює на твердому паливі. На електрифікованих ділянках вода в котлі нагрівається за рахунок енергії, що виділяється електронагрівальними елементами, які одержують

живлення від контактної мережі через високовольтну електромагістраль, підключену до електровоза;

- система повітряного опалення з природною циркуляцією повітря і розташуванням приладів опалення – електричних печей безпосередньо у вагоні;

- система повітряного опалення з використанням електрокалорифера, через який у вагон подається вентилятором нагріте повітря; змішана повітряна система опалення електропечами і електрокалорифером;

- система повітряного опалення з природною циркуляцією повітря з генеруванням тепла в електронагрівальних елементах, вмонтованих у панелі, розташовані на внутрішніх поверхнях вагона (під вікнами, у простінках, на стелі і на підлозі), що є одночасно оздоблювальними елементами; є облицювальні панелі зі спеціальних шаруватих термічних пластиків, внутрішній шар яких є струмопровідним. При підключенні такої панелі до джерела електричної енергії вона працює як опалювальний електроприлад, що має велику зовнішню поверхню. На пасажирських вагонах прийнята в основному система водяного опалення з комбінованим електровугільним котлом. На вагонах, побудованих до 1975 р., використовують систему повітряного опалення з природною циркуляцією повітря і розташуванням електричних печей усередині вагона, а також змішану повітряну систему з використанням електропечей і електрокалориферів.

У пасажирських вагонах з кондиціонуванням повітря поряд з основною водяною системою опалення з комбінованим електровугільним котлом застосовується й електрична система як додаткова при низьких зовнішніх температурах і основна в перехідні періоди року.

Система електричного опалення вагона повинна бути пожежобезпечною; автоматично підтримувати усередині вагона заданий температурний режим незалежно від коливань температури зовнішнього повітря при найменшій різниці температур у двох будь-яких точках усередині вагона; забезпечувати встановлені санітарно-гігієнічні вимоги в приміщеннях вагона (не забруднювати вагон, не допускати виникнення шуму, вібрацій та ін.); мати високі енергетичні показники, бути простою і зручною в експлуатації. Так,

наприклад, при температурі навколишнього повітря – 40°C система електричного опалення повинна підтримувати в пасажирських вагонах температуру 20±2°C при перепаді температур за висотою і довжиною вагона в межах 3°C.

Електричне опалення при електропостачанні від вагона-електростанції. При централізованій системі електропостачання від вагона-електростанції система електричного опалення вагонів проектується на напругу 380 В трифазного змінного струму частотою 50 Гц. При централізованому електропостачанні від контактної мережі систему електричного опалення виконують на напругу 3000 В.

У розглянутій системі застосовують змішане повітряне опалення. У пасажирських вагонах встановлюють електричні печі і електрокалорифер. Електричні печі 1 (рис. 11.1) розташовані біля підлоги 2 уздовж бокових стін, а електрокалорифер 4 – у нагнітальному каналі 6 повітропроводу, розташованого в стельовій частині 5 вагона. Повітря подається в канал вентилятором 3 із приводом від асинхронного електродвигуна.

Електричні печі 1 розбиті на три групи, а електрокалорифер 4 має дві секції, підключені до трифазної трипровідної електромагістралі (роль нульового проводу відіграє корпус вагона), від якої одержує також живлення асинхронний двигун 7. У вагонах відкритого типу перша і друга групи звичайно об'єднують електropечі, встановлені відповідно уздовж однієї та другої бокових стін вагона. У третю групу включені електropечі опалення службових приміщень. У купейних вагонах у кожному купе встановлено по дві електropечі, одна з яких включена в першу групу електropечей, а інша – у другу.

Розподіл нагрівальних приладів по групах і секціях дозволяє шляхом східчастої зміни числа ввімкнених приладів автоматично підтримувати температуру повітря у вагоні в заданих межах.

Потужність системи електроопалення розглянутих вагонів складає приблизно 40 кВт, причому встановлені потужності електрокалорифера і всіх електropечей приблизно рівні.

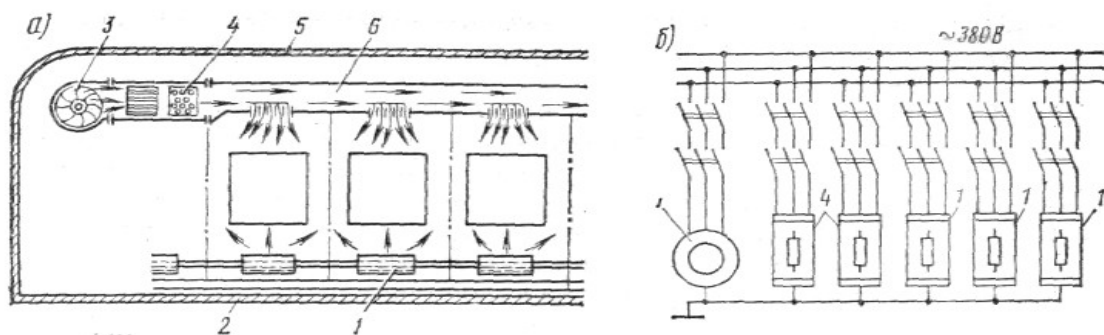


Рис. 11.1. Схема змішаної системи повітряного опалення (а) та принципова схема ввімкнення електронагрівальних приладів (б)

На рефрижераторному рухомому складі для опалення вантажних приміщень використовують тільки електропечі, сумарна потужність яких у кожному вагоні складає від 6 до 16 кВт, у залежності від типу вантажного вагона. Електропечі одержують енергію від трифазної чотирипровідної магістралі. Звичайно печі поділяють на дві рівні за потужністю групи. Шляхом східчастого переключення груп електропечей автоматично чи вручну підтримується заданий температурний режим у приміщенні вагона.

Електричне опалення при електропостачанні від контактної мережі. При системі змішаного повітряного опалення розміщення електричних нагрівальних приладів у вагоні і побудова електричних схем увімкнення цих приладів здійснюється так само, як у системах електроопалення з живленням електронагрівальних приладів від вагона-електростанції. Загальна потужність електронагрівальних приладів, встановлених у вагоні, залежить від типу вагона і знаходиться в межах 40–48 кВт. Електричні печі випускаються на номінальну напругу 450–1500 В і потужністю 0,5–5 кВт. При живленні від високовольтної електромагістралі напругою 3000 В їх з'єднують послідовно.

Електрокалорифер розрахований на номінальну напругу 3000 В. Принципова схема електроопалення вагона міжбласного сполучення подана на рис. 11.2. Групи електричних печей 6 і секції 8 електрокалорифера підключені до високовольтної електромагістралі 1 через головний роз'єднувач 2, запобіжник 3, групові 4 і секційні 7 запобіжники і високовольтні контактори 5. Електричні печі вагона об'єднані в три групи: перша і друга

призначені для опалення салону вагона, третя – службових відділень. Перші дві групи мають по шість паралельних гілок, у кожній з яких увімкнено по чотири послідовно з'єднаних електричних печі.

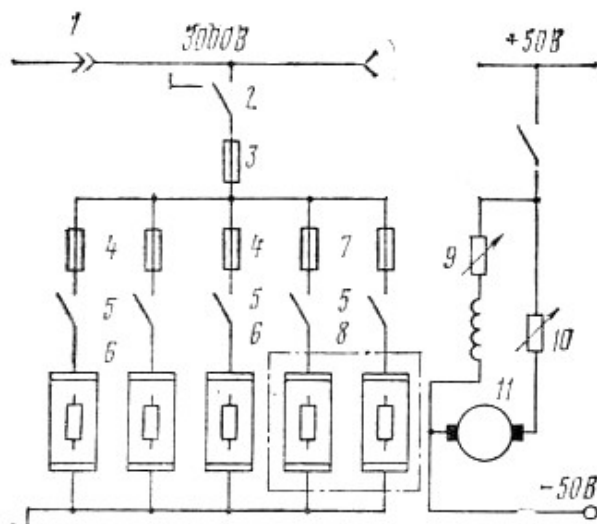


Рис. 11.2. Схема електричного опалення вагона міжобласного сполучення при електрозабезпеченні від контактної мережі

Третя група складається з однієї гілки. Потужність кожної печі 0,5 кВт, номінальна напруга 750 В. Нагрівальні елементи калорифера, розрахованого на 3000 В, розділені на дві секції: перша складається з однієї, друга – із двох рівнобіжних гілок. Вентилятор калорифера приводиться в обертання двигуном постійного струму, що одержує живлення від акумуляторної батареї вагона. Частота обертання вентилятора регулюється зміною опорів реостатів 9 і 10, увімкнених у коло якоря і збудження двигуна 11. Система електроопалення вагонів при централізованому електроживленні від контактної мережі дуже ефективна. Однак вагони, обладнані цією системою опалення, можуть експлуатуватися тільки на електрифікованих ділянках залізниць.

Системою водяного опалення з комбінованим котлом обладнані вагони різних типів. Ця система складається з котла з розширювачем і опалювальними приладами. Котел (рис. 11.3) з електровугільним опаленням має звичайну вугільну топку 4 і

водяну сорочку 2, у якій на опорному фланці 11 розташовані 24 високовольтних нагрівальних елементи 3.

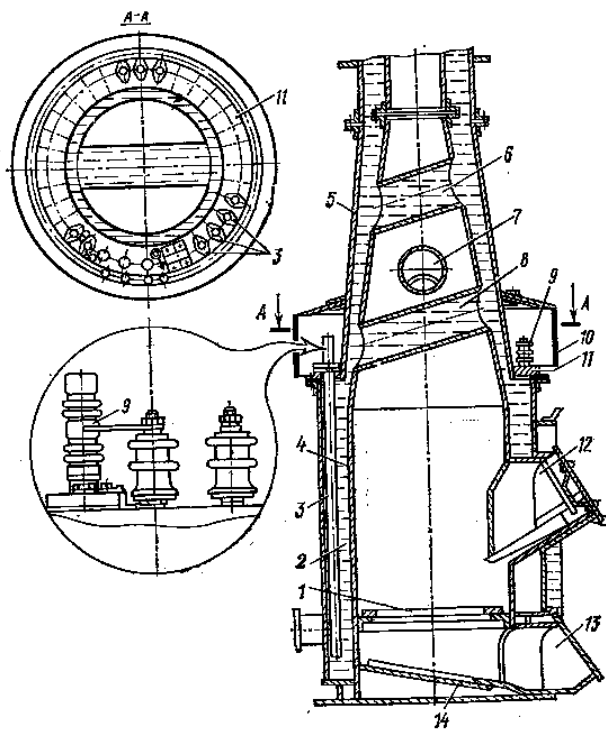


Рис. 11.3. Комбінований електровугільний водогрійний котел, який використовується в системі водяного опалення

Для збільшення поверхні нагрівання води в конічну частину топки введені циркуляційні труби 6, 7 і 8. У нижній частині топки

розташовані колосникові ґрати 1 і похилий лист зольника 14. Вугілля завантажується в котел через топковий отвір 12, через нього ж витягається шлак. Зола і дрібний шлак видаляються через отвір зольника 13. На опорному фланці в зоні топки розміщені три ізолятори 9, через які високовольтні проводи підводяться до нагрівальних елементів котла. Для забезпечення електробезпечності кожух 5 котла заземлюється. Для цього в нижній частині кожуха передбачений спеціальний болт, до якого приєднується провід заземлення.

Нагрівальні елементи закриті захисним кожухом 10, на якому встановлене блокування, яке розриває коло котушок високовольтних контакторів при підйомі кожуха при наявності високої напруги. У піднятому положенні для огляду нагрівальних елементів кожух підвішується на ланцюгах. Об'єм води в системі – 855 л, з яких 370 л знаходиться в котлі і розширнику.

Схема опалення, нагрівальні елементи й інше високовольтне устаткування в різних типах вагонів (незалежно від заводу і країни виготовлення) однакові. Високовольтні нагрівальні елементи котла мають загальну потужність 48 кВт і розділені на дві паралельні групи 5 і 6 (рис. 11.4, а), кожна з яких складається з двох паралельних гілок, що включають по шість послідовно з'єднаних нагрівальних елементів (номінальна напруга нагрівального елемента 500 В). Кожна група нагрівальних елементів захищена запобіжником 3 і керується високовольтним контактором 4. Через головний роз'єднувач 2 обидві групи електронагрівальних елементів підключаються до високовольтної магістралі 1. Для захисту котла передбачене теплове реле, що відключає електронагрівальні елементи при підвищенні температури води в котлі вище 90°C, і реле мінімального рівня (рідинний вимикач), що відключає їх при зниженні рівня води в розширнику більш ніж на 200 мм.

Ящик можна відкрити тільки при наявності спеціального ключа опалення. Високовольтна поїзна магістраль 1 зв'язана з контактним проводом через встановлені на електровозі струмоприймач 7, роз'єднувач 8, швидкодіючий вимикач 9, реле перенавантаження 10 і контактор 11 (рис. 11.4, б). На електровозах змінного струму поїзна магістраль підключається до окремої обмотки тягового трансформатора напругою 3000 В.

В аварійних режимах, коли струм у високовольтній магістралі перевищить струм уставки реле перенавантаження 10, воно діє на швидкодіючий вимикач 9. Уставка струму реле перенавантаження 10 вибирається виходячи зі струму $I_{\Pi} = U_{\text{МАКС}} n / R_K$, який споживається в робочому режимі системою електроопалення потяга при найбільшій напрузі $U_{\text{МАКС}}$ у контактній мережі (n – число вагонів у потязі; $R_K = 187,5$ Ом – еквівалентний опір опалювальних елементів одного котла при робочій температурі).

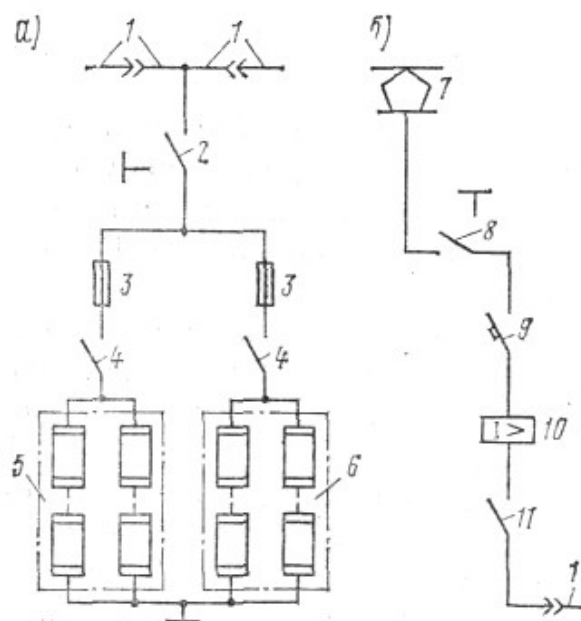


Рис. 11.4. Принципові схеми ввімкнення високовольтних нагрівальних елементів комбінованого котла (а) та поїзної магістралі на електровозі (б)

Головний роз'єднувач, високовольтні запобіжники і контактори розташовані в підвагонному високовольтному ящику, кришка якого механічно заблокована з головним роз'єднувачем (рис. 11.5). В підвагонному високовольтному ящику розташовані головний запобіжник 2 на струм 25 А, два групових запобіжники 3 і 5 на струм 10 А, запобіжник 8 кола сигналізації наявності високої напруги на струм 3А, два високовольтних електромагнітних контактори 6 і 7 і апаратура системи сигналізації наявності високої напруги (реле напруги 4, діодний міст, згладжуючий конденсатор і резистори). Низьковольтне блокування 1 і головний роз'єднувач 9 служать для забезпечення

електробезпечності обслуговуючого персоналу. При відкритті шафи низьковольтне блокування 1 розриває коло живлення котушок високовольтних контакторів і вони відключають мережу опалення вагона з усією встановленою в шафі апаратурою від високовольтної електромагістралі. Одночасно ніж головного роз'єднувача замикає цю мережу й апаратуру шафи на землю для зняття високого потенціалу, що вона може отримати в результаті наявності визначеної ємності між цією мережею і землею. Кришка шафи відкривається зовні і для електробезпечності обладнана замком для блокувального високовольтного ключа.

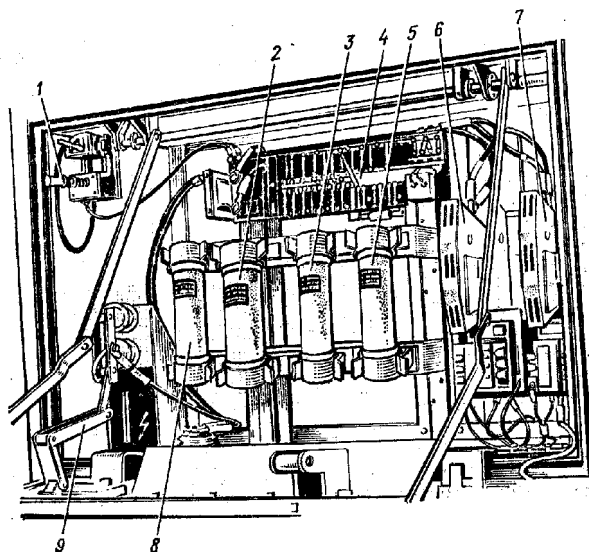


Рис. 11.5. Підвагонний ящик з високовольтною апаратурою

Ящик типу ЯВП (рис. 11.6) призначений для подачі напруги від високовольтної підвагонної магістралі на дві групи високовольтних нагрівачів водяного опалювального котла. Ящик має дві модифікації: для роботи в пасажирських вагонах з напругою бортової мережі 50 В і 110 В.

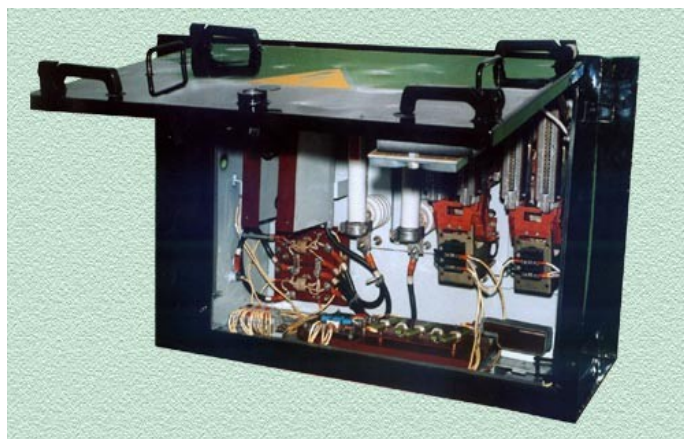


Рис. 11.6. Ящик підвагонний високовольтний типу ЯВП-1/50,
ЯВП-1/100

Технічні характеристики:

- напруга, що комутується (постійна або змінна 50 Гц) 2,2...4,0 кВ;
- номінальна напруга 3,0 кВ;
- номінальна потужність комутації по кожному виходу 24,0 кВт;
- постійна напруга кола керування ЯВП-1/50: 40–65 В,
ЯВП-1/110: 83–150 В.

Система водяного опалення з комбінованим електровугільним котлом має велику масу і габаритні розміри, а також нижчі енергетичні показники, ніж змішана система повітряного електричного опалення. При системі водяного опалення спочатку за рахунок електричної енергії здійснюється підігрів води в котлі; тільки після цього теплова енергія води витрачається на обігрів приміщень вагона. При повітряному опаленні теплова енергія, яка виділяється опалювальними приладами, безпосередньо витрачається на опалення приміщень вагона. Однак можливість переходу на вугільне опалення котла робить систему водяного опалення з комбінованим котлом універсальною, що й обумовило її поширення на різних типах вагонів.

Електричне опалення при автономній системі електропостачання. У пасажирських вагонах з автономною системою електропостачання і кондиціонуванням повітря використовувати тільки електричне опалення неможливо внаслідок обмеженої потужності системи електропостачання (потужність підвагонного генератора складає 20–35 кВт). Тому в таких вагонах найбільш доцільно як основне мати водяне опалення, а як додаткове – електричне.

Електричне опалення здійснюється групою електрочайників і електрокалорифером. Вони розташовані у вагоні в такий же спосіб, як і в розглянутих вище системах. Сумарна потужність електричних опалювальних приладів не повинна перевищувати потужність, яка споживається холодильною установкою в літньому режимі роботи, що складає приблизно 10–15 кВт. Водяне опалення здійснюється подачею нагрітої води з котла в труби, прокладені уздовж вагона, й у водяний калорифер, що знаходиться в повітряному каналі поруч з нагрівальним елементом електрокалорифера. При одночасній роботі обох

систем електричне опалення використовується для вирівнювання невеликих коливань температури, що неминучі при роботі одного водяного опалення з котлом на твердому паливі. В осінній і весняний періоди, коли водяна система опалення не працює, діє лише електричне опалення. У вагонах звичайно встановлено 10 електропечей потужністю по 0,5 кВт і електрокалорифер потужністю 5 кВт, що складається з двох однакових секцій. У вагонах типу 47К встановлено 11 електропечей потужністю 0,5 кВт кожна і електрокалорифер потужністю 6 кВт. Наявність електричного опалення як додаткового дозволяє цілком автоматизувати процес підтримки заданого теплового режиму в приміщеннях вагона.

Електричне опалення вагонів у пунктах відстою. У поточному відстої состави з електричним опаленням для забезпечення необхідного теплового режиму підключають до стаціонарних колонок напругою 3000 В постійного чи однофазного змінного струму або 380 В трифазного змінного струму.

На стаціонарні колонки електрична енергія подається від контактної мережі через високовольтний розподільний пристрій (рис. 11.7). Він розрахований на живлення декількох стаціонарних колонок, до кожної з яких підключається один потяг. Так, наприклад, широко використовується розподільний пристрій загальною потужністю до 2800 кВт для опалення чотирьох потягів. Від секційного роз'єднувача 3 швидкодіючого вимикача 4 через лічильник електроенергії 6 напруга 3000 В підводиться до високовольтних стаціонарних колонок 9, які захищені від коротких замикань і перевантажень швидкодіючими вимикачами, у коло живлення утримувальних котушок увімкнені контакти реле перенавантаження 7.

Живлення на високовольтні колонки подається за допомогою контакторів 8, при цьому загораються сигнальні лампи, розташовані в колонках. Пристрої захищені від атмосферних перенапруг розрядником 2 з реєстратором спрацьовувань 1. Реле напруги 5 виключає можливість увімкнення швидкодіючого вимикача при відсутності високої напруги. Високовольтні колонки обладнані розетками, що замикаються, і сигнальним пристроєм.

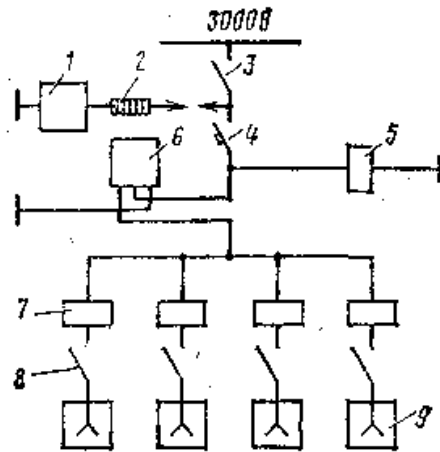


Рис. 11.7. Принципова схема розподільного пристрою постійного струму для живлення стаціонарних колонок

Аналогічно побудовані пристрої електроживлення систем опалення вагонів у пунктах відстою при напрузі в контактній мережі 25 кВ однофазного змінного струму. У цьому випадку в системі електроживлення використовується знижувальний трансформатор 25000/3100 В. Усе високовольтне устаткування в розглянутих випадках встановлюється на майданчику, обгородженому сіткою, поруч із щоглою-опорою контактної мережі. До розеток підключають штепсель міжвагонного високовольтного з'єднання. Кришка розетки замикається ключем опалення потяга. При вийманні штепселя з розетки і наявності високої напруги ззовні в колонці блокувальні контакти розмикають коло швидкодіючого вимикача і напруга знімається перш, ніж розімкнуться штепсель і розетка. Стаціонарні колонки звичайно розміщуються біля головного і хвостового вагонів потяга.

11.2. Будова електронагрівальних приладів

Високовольтні електричні печі, калорифери і нагрівальні елементи котла. Високовольтна електрична піч складається з електронагрівальних елементів, змонтованих у металевому корпусі на високовольтних ізоляторах. Існує кілька типів електричних печей, що випускаються серійно, які відрізняються одна від однієї номінальними потужністю і напругою, типом нагрівальних елементів, які використовуються, і

їх електричним з'єднанням, конструкцією і т.п. Основні технічні дані електропечей, які використовуються для опалення вагонів з централізованим електропостачанням від контактної мережі, подана в табл. 11.1.

В електропечі типу П-106 (рис. 11.8, а) нагрівальні елементи 4 розташовані на ізоляторах 2 і змонтовані за допомогою скоб 3 у середині сталевого корпуса 1 з жалюзі для поліпшення теплообміну.

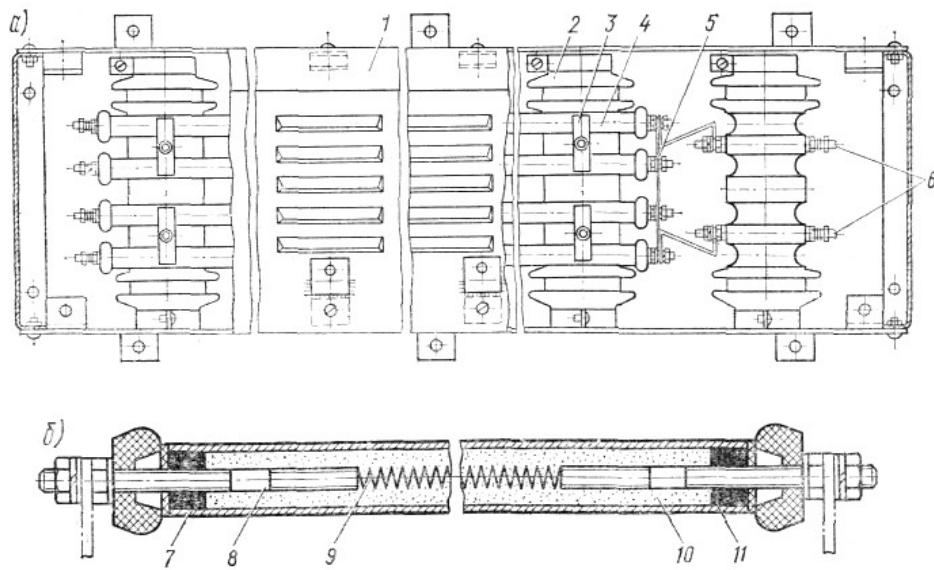


Рис. 11.8. Електропеч типу П-106 (а) та її нагрівальний елемент (б)

Таблиця 11.1

Потужності нагрівальних елементів електричних печей

Електрична піч (нагрівальний елемент)	Потужність, кВт	Напруга, В	Число послідовних елементів
П104-УД (ЭТ-80)	1,1/0,09	900/75	12
П106-У (ЭТ-80)	0,74/0,09	600/75	8
П104-У (ЭТ-80)	0,55/0,09	450/75	6
OKv-10IE (G-215B)	0,5/0,167	750/250	3
BS2-1.5/3-750 (8231.065)	0,75/0,25	15000/300	3
BS2-1/3-1500 (8231.053)	1,5/0,5	1000/333	3
AS2-1/3-1000 (8231.061)	1/0,5	1000/500	3

Примітка. У чисельнику подано дані для електричної печі, у знаменнику – для нагрівального елемента.

Нагрівальні елементи з'єднані між собою перемичками 5; живлення до них підводиться через високовольтні вводи 6.

Нагрівальний елемент (рис. 11.8, б), виконаний у вигляді спіралі 9 зі сплаву з високим опором (ніхром, фехраль та ін.), знаходиться усередині сталевий тонкостінної трубки 7. Простір усередині трубки заповнюється кварцовим піском 10. Кінці спіралі приварюють до сталевих шпильок 8. З торців трубка заливається склоемаллю 11, що забезпечує її герметичність. Для забезпечення електробезпечності корпус кожної електропечі з'єднаний з кузовом вагона (заземлений). Зовні електропіч закривається декоративним металевим щитом, що надійно захищає пасажирів від контактів зі струмоведучими частинами електропечі. Електропечі, які використовуються в системах електроопалення з електроживленням від вагона-електростанції напругою 380 В, випускаються в одно- і трифазному виконанні. У першому випадку нагрівальні елементи з'єднують послідовно в дві паралельні гілки, у другому кожна фаза містить по одній гілці. Печі типу ПО-45 компонуються в групи таким чином, щоб забезпечити симетричне навантаження фаз. Так, наприклад, у суцільнометалевому вагоні перша і друга групи електропечей мають потужність 8,37 кВт кожна і складаються з 17 печей ПО-45 і однієї печі ПО-72; третя група скомпонована з чотирьох трифазних печей типу ПО-72 і має потужність 2,88 кВт. У кожній з першої і другої груп є деяка асиметрія в навантаженні по фазах. У першій групі до фаз А, В, С відповідно підключено 6, 6 і 5 печей типу ПО-45, у другий – 5, 6, 6. У цілому ж по вагоні асиметрія в навантаженні фаз незначна. Основні технічні дані електропечей подано в табл. 11.2.

Таблиця 11.2

Потужності нагрівальних елементів електричних печей

Тип печі (нагрівальний елемент)	Потужність , кВт	Напруга, В	Число елементів	Схема з'єднання елементів печі
ПО-45 (ЭТ-80)	0,45/0,045	220/45	10	Однофазна
ПО-72 (ЭТ-44)	0,72/0,024	220/22	30	«Зірка»
ПЭ-3-6 (ЭТ-64)	0,66/0,055	380/110	12	«Трикутник»

Примітка. У чисельнику подано дані для печі, а в знаменнику – для нагрівального елемента.

Електрокалорифер являє собою теплообмінний апарат, у якому тепло, що виділяється в нагрівальних елементах, передається у повітря, яке продувається через них вентилятором. Найбільш поширені двосекційні калорифери. Увімкнення однієї чи двох секцій електрокалорифера і зміна продуктивності вентилятора дозволяють здійснити швидку і плавну зміну температури повітря, яке подається у вагон. Нагрівальні елементи електрокалорифера встановлені в металевому кожусі і з'єднані між собою паралельно. Так, наприклад, у електрокалорифері EELR-4 нагрівальні елементи з номінальною напругою 500 В з'єднуються послідовно в групи по шість елементів. Перша секція калорифера потужністю 13,5 кВт складається з двох паралельних груп, друга потужністю 4,5 кВт – з однієї. Основні технічні дані високовольтних калориферів наведені в табл. 11.3.

Таблиця 11.3

Потужності нагрівальних елементів електрокалориферів

Тип електрокалорифера (нагрівальний елемент)	Потужність, кВт	Напруга, В	Число елементів електрокалорифера
NWN-3/22 (201 А)	22/0,634	3000/250	36
NKy-85 (G201 А)	22/0,367	3000/150	60
EELR-4 (SK1A123)	18/0,75	3000/500	24
ЭК-14 (ЭТ-80)	14,76/0,37	3000/150	40

Примітка. У чисельнику, подано дані для електрокалорифера, у знаменнику – для нагрівального елемента.

На усіх вагонах із системою водяного опалення для комбінованого котла застосовують уніфіковані високовольтні нагрівальні елементи типу ННС2-0.5. Номінальна напруга одного елемента 500 В, потужність 2 кВт, термін служби не менш 10000 тис. год. Нагрівальний елемент виконаний у вигляді спіралі 8 (рис. 11.9) із дроту з високим опором (опір спіралі при температурі 20°C складає 118 ± 2 (Ом)), що навита на керамічний стрижень 7, змонтований у кварцовій трубці 6. Між кварцовою трубкою і сталевим кожухом 5 знаходиться шар графітового порошку 4 і гумова прокладка 10.

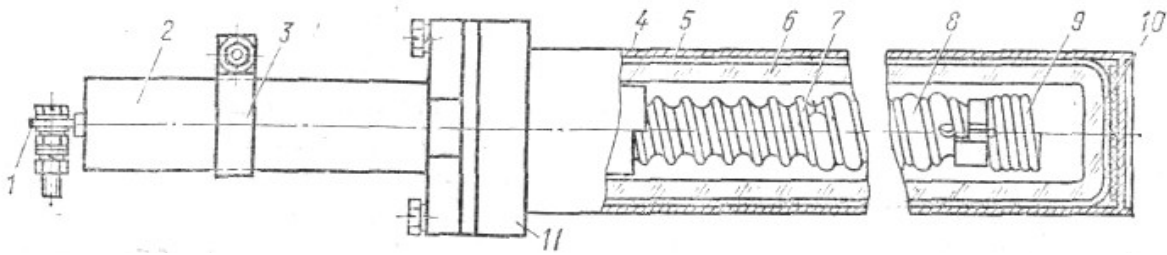


Рис. 11.9. Високовольтний нагрівальний елемент для водогрійного котла

Така конструкція забезпечує необхідну ізоляцію частин, що знаходяться під високою напругою, хорошу теплопередачу, високу механічну міцність, стійкість до ударів і вібрацій. Кварц, володіючи високою термостійкістю і малим коефіцієнтом термічного розширення, довгостроково витримує нагрівання до температури 1100°C і нечутливий до різких змін температури. Теплова енергія від спіралі передається кварцовій трубці переважно випромінюванням. Верхній кінець спіралі приварений до дугозахисної пружини, нижній – до пружини 9, що компенсує зміну довжини спіралі при нагріванні чи охолодженні. Дугозахисна пружина з'єднана з вивідним затискачем 3, а та, що компенсує – із затискачем 1 за допомогою проводів, прокладених у тонких кварцових трубках уздовж осьових каналів керамічного стрижня через високовольтний ізолятор 2. Для самогасіння дуги, що виникає при перегорянні спіралі, у перших шести витках жолоба керамічного стрижня спіраль не покладена. Щоб при згорянні спіралі тиск усередині кварцової трубки не підвищувався, у високовольтному ізоляторі є отвір, що з'єднує порожнину кварцової трубки з атмосферою. Керамічний стрижень 7 разом зі спіраллю 8 і ізолятором 2 легко виймається з кожуха при відкручуванні болтів фланця 11.

Високовольтний електронагрівач типу ВВЕН для котла опалення пасажирського вагона зображено на рис. 11.10.

Активний опір нагрівальних елементів котла наведено у табл. 11.3.

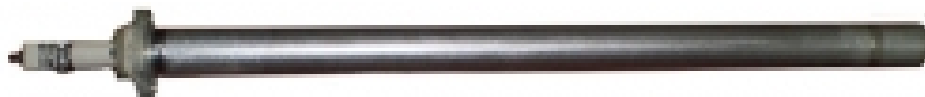


Рис. 11.10. Високовольтний електронагрівач ВВЕН 500/2000 для котла опалення пасажирського вагона

Технічні характеристики ВВЕН 500/2000

Потужність, кВт	2
Номинальна напруга, В	500
Зовнішній діаметр, мм	90
Розгорнута довжина, мм	970
Робоче середовище	вода
Температура нагріву, до ° С	100
Маса, кг	4

Таблиця 11.3

Значення опорів нагрівальних елементів котла

№ з/п	Умови вимірювання (ланцюг, який вимірюється)	Нові нагрівачі, Ом	Нагрівачі, які експлуатуються, Ом	Примітки
1	Одного елемента	118±2	110	
2	Однієї секції шести послідовно з'єднаних елементів	708±12	680	
3	Однієї групи із двох паралельно з'єднаних секцій	354±6	340	
4	Двох паралельно з'єднаних груп	177±3	170	
5	Вимоги до опору нагрівальних елементів при їх заміні. Опір нагрівальних елементів при заміні в одній секції: 4 нових	-		

	2 старих		188±2 не менше 112	
--	----------	--	-----------------------	--

Низьковольтні електронагрівальні елементи. На пасажирських вагонах використовуються низьковольтні трубчаті електронагрівачі (ТЕНи) для нагрівання води в кип'ятильнику і в котлі системи опалення. Принцип дії ТЕНів заснований на нагріванні дротяної спіралі при проходженні по ній струму. Тепло від спіралі передається в середовище, яке нагрівається. У кип'ятильнику, що встановлюється на вагоні, вмонтовані два бічних і один центральний ТЕНи, що працюють від системи електропостачання ЕВ.10.02 з напругою 50 В (напруга: 55; 67; 127; 140; 155; 220 В, потужність 1,25 кВт). Загальний вигляд одного з них показаний на рис. 11.11.

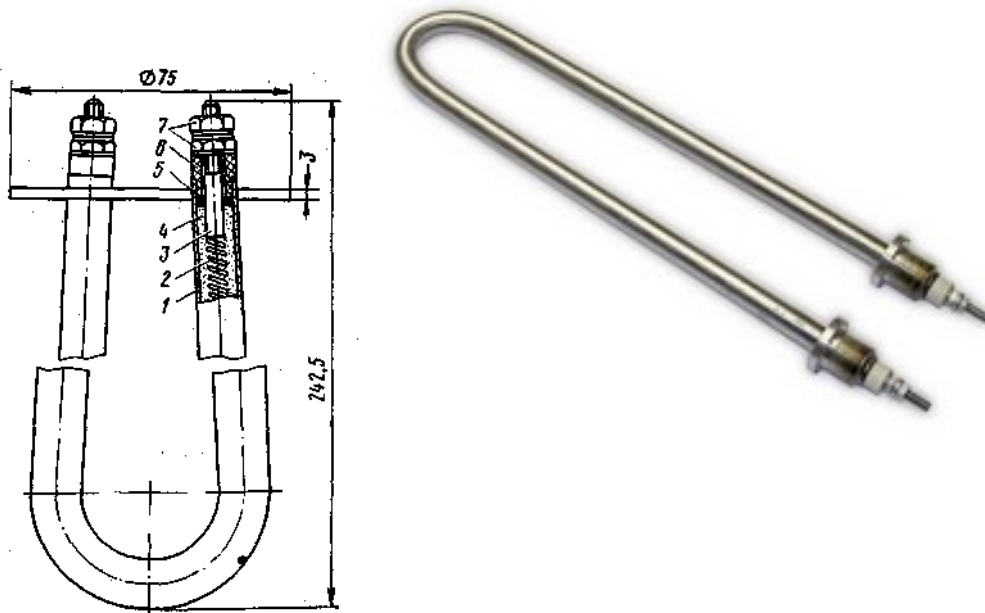


Рис. 11.11. ТЕН для кип'ятильника

Електричні проводи, що йдуть від системи електропостачання, під'єднуються гайками 7 до контактного стрижня 3 нагрівача. До стрижня 3 приварена дротова спіраль 2. Стрижень 3 і гайки 7 з шайбами ізолювані від металевої оболонки 1 ізолятором 6. Ізоляція спіралі від оболонки здійснюється спеціальним наповнювачем – периклазом 4, що

забезпечує також і передачу тепла від спіралі до корпусу і далі в середовище, яке нагрівається.

При виготовленні ТЕНів периклаз у вигляді піску засипається в оболонку. Для того, щоб периклаз не зволожувати, проводиться герметизація ТЕНів герметиком 5, що наноситься на поверхню ущільненого периклаза в процесі складання. Як герметик використовується спеціальна емаль. Найбільш частою несправністю ТЕНів є замикання спіралі на корпус через зволожений периклаз. У цьому випадку лампи, які сигналізують про замикання на корпус вагона, вказують на несправність в електричній схемі. Якщо замикання спіралі сталося поблизу плюсового або мінусового затискача, то сигнальні лампи будуть вказувати на несправність як при ввімкненому, так і при вимкненому кип'ятильнику. Якщо замикання сталося в середині елемента, то при ввімкненому кип'ятильнику сигнальні лампи несправність не покажуть. Те, що вийшли з ладу один або два нагрівачі, можна виявити, заміривши по щитових приладах загальний струм нагрівачів при напрузі 50 В. Несправні ТЕНи ремонту не підлягають – вони повинні бути замінені новими.

11.3. Автоматичне керування системою електричного опалення

Автоматичне керування електричними печами. Автоматичний режим роботи електропечей контролюється термодатчиками, що встановлюються в приміщеннях вагона в місцях, де можна одержати найбільш об'єктивну інформацію про середню температуру повітря t_B цього приміщення (пасажирське приміщення, службове, туалети).

У процесі автоматичного регулювання температури сигнали з термодатчика 8 і блоку уставок 7 (рис. 11.12, а) пропорційні значенням вимірюваної температури t і температури уставки t_y (встановлюється перемикачем режимів опалення в залежності від зовнішньої температури і необхідного режиму опалення), порівнюються в блоці порівняння 6. У тому випадку, коли температура повітря в даному приміщенні вагона t_B стає менше температури уставки t_y , на виході блоку порівняння 6 з'являється сигнал на ввімкнення відповідної групи (чи одночасно двох груп)

електропечей 3. За цим сигналом керуючий вхід силового контактора 2 через підсилювач 4 підключається до джерела живлення кіл керування 5. Контактор 2 вмикається, замикаючи коло живлення електропечей 3 від джерела 1. Через визначений проміжок часу, обумовлений інерційністю системи опалення, температура повітря в місці установлення термодатчика почне збільшуватися. Як тільки ця температура перевищить рівень уставки $t_B \geq t_y$, сигнал на виході блоку порівняння 6 стає рівним нулю і контактор 2 відключає електропечі 3 від джерела 1. Надалі при зниженні температури повітря до рівня уставки знову відбувається ввімкнення електропечей і цикл регулювання повторюється. У процесі регулювання температура повітря в контрольованому місці приміщення вагона коливається в межах $t_{B \text{ МИН}} < t_y < t_{B \text{ МАКС}}$.

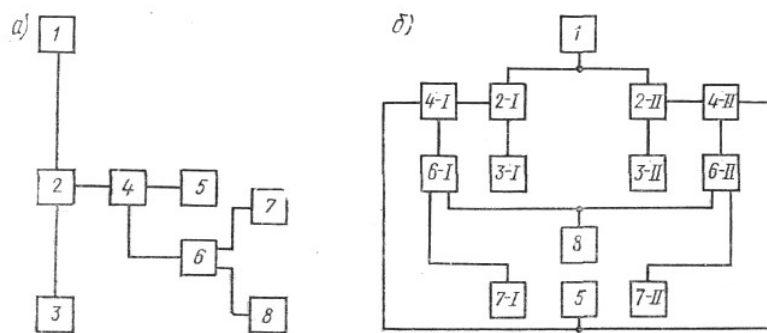


Рис.11.12. Функціональні схеми автоматичного керування ввімкненням та вимкненням однієї групи (а) та двох груп (б) опалювальних приладів

У ряді випадків для зменшення коливань температури в пасажирському приміщенні купейного вагона використовується роздільне автоматичне керування кожної з двох груп електропечей. У процесі регулювання температура повітря в пасажирському приміщенні вагона t_B , вимірювана термодатчиком 8, порівнюється в блоках порівняння 6-I і 6-II зі значеннями двох уставок за температурою t_y і $t_{yII} < t_{yI}$ відповідно з блоків 7-I і 7-II (рис. 11.12, б). У тому випадку, коли температура повітря t_B стає менше мінімальної уставки за температурою $t_{yII} > t_B$ на виходах блоків 6-I і 6-II, з'являються сигнали, що дозволяють, на ввімкнення відповідно першої і другої груп електропечей 3-I і 3-II.

II. За цими сигналами керуючі входи контакторів 2-I і 2-II через підсилювачі 4-I і 4-II підключаються до джерела живлення кіл керування 5. Контактори 2 вмикаються, замикаючи коло живлення груп електропечей 3-I і 3-II від джерела 1. При досягненні температури повітря t_B у приміщенні вагона величини $t_{yII} < t_B < t_{yI}$ сигнал на виході блоку порівняння 6-II стає рівним нулю. У результаті друга група електропечей 3-II відключається. У цих умовах обігрівання приміщення відбувається тільки першою групою електропечей 3-I. Інтенсивність зміни температури повітря зменшується. У тому випадку, коли температура повітря перевищить значення максимальної уставки $t_{yI} < t_B$, стає рівним нулю і сигнал на виході блоку порівняння 6-I, що приводить до відключення першої групи електропечей 3-I. Повторне ввімкнення першої групи електропечей опалення відбудеться при зниженні температури повітря в приміщенні вагона до величини уставки t_{yII} , другої групи – при зниженні температури до величини уставки t_{yII} . Використання розглянутого способу керування дозволяє збільшити період між повторними ввімкненнями груп електронагрівальних приладів, що приводить до скорочення числа переключень контакторів і збільшення терміну їхньої служби.

Автоматичне керування електричним калорифером. Керування електрокалорифером здійснюється за більш складним алгоритмом, ніж керування електропечами. Температура повітря на виході електрокалорифера змінюється при відключенні секцій електронагрівальних елементів значно швидше, ніж температура повітря в приміщенні вагона при відключенні електропечей. Щоб не допустити збільшення числа спрацьовувань контакторів, які підключають секції електрокалорифера до джерела живлення, ввімкнення і вимкнення здійснюється за різними температурними уставками t_{yII0} і t_{yII} (звичайно $\Delta t = t_{yII0} - t_{yII} = 2^\circ\text{C}$) припливного повітря у повітроводі за калорифером. Для підтримки заданого температурного режиму в пасажирському приміщенні вагона керування електрокалорифером здійснюється з урахуванням температури припливного повітря і температури повітря зовні й усередині вагона. Автоматичне керування системою водяного опалення з комбінованим електровугільним котлом при русі потяга по електрифікованих ділянках залізниць здійснюється

таким же способом. Температура в приміщенні вагона підтримується на заданому рівні за рахунок зміни тривалостей ввімкненого і вимкненого станів груп високовольтних нагрівальних елементів котла і подачі гарячої води в калорифер. Додатково в цій системі при низьких зовнішніх температурах здійснюється ввімкнення циркуляційного насоса, що забезпечує швидке підвищення температури в приміщенні вагона.

Системи автоматичного регулювання температури, які використовуються в даний час в приміщенні вагона, виконані на релейних або цифрових схемах. У цих системах використовуються термостати, що реалізують функції термодатчика, блоку уставок і блоку порівняння.

Термостат являє собою комплект ртутних контактних термометрів 1, встановлених в одному корпусі (рис. 11.13).

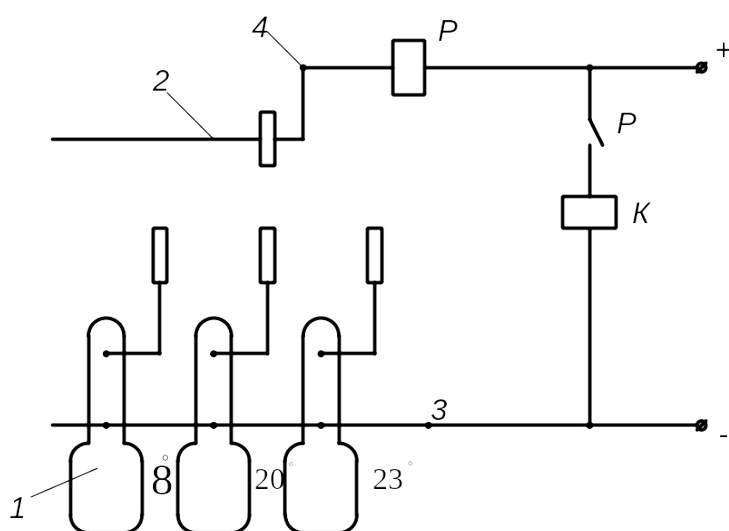


Рис. 11.13. Принципова схема увімкнення ртутних контактних термометрів

Ртутний контактний термометр виконаний у вигляді скляної посудини з двома упаяними електродами, що з'єднані з зовнішніми контактними кільцями. У середині запаяної посудини розташована ртуть. Об'єм посудини і кількість ртуті вибирається таким чином, щоб при температурі уставки, значення якої зазначено на посудині, ртутний стовпчик замкнув обидва електроди. При зниженні контрольованої температури ртутний стовпчик опускається і електричне коло потужністю не більш 5

Вт переривається. Ртутні контактні термостати виготовляють на різні уставки; для цього електроди запаюються на різних рівнях посудини. Точність спрацьовування термостата $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Електроди кожного термометра через контактні затискачі термостата, у які встановлюється термометр, і контакти перемикача 2 з'єднуються з затискачами 3 і 4 (чи 5, що є резервним). Ртутний контакт розрахований на невеликий струм (не більш 0,05 А) і не може бути встановлений у колі котушок контакторів опалювальних приладів, робочий струм яких значно більше. Тому в коло ртутного контакту вмикається котушка проміжного реле Р, що використовується як підсилювач, і своїм контактом замикає або розмикає коло котушки контактора К. Групуючи термометри в термостатах для різних значень температури, можна створювати різноманітні схеми керування роботою апаратури системи електроопалення. Окрім термостатів, як датчики температури також можуть використовуватись терморезистори з відповідною системою САР.

Питання для самоконтролю

1. На які групи поділяються системи електричного опалення вагонів?
2. Які вимоги ставляться до систем електричного опалення?
3. Який принцип дії електричного опалення при електропостачанні від вагона-електростанції та контактної мережі?
4. Який принцип дії водяного опалення з комбінованим електровугільним котлом?

12. РОЗРАХУНКИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

12.1. Визначення потужності споживачів електроенергії

Визначення потужності електродвигунів вентиляторів. В сучасних пасажирських вагонах застосовується велика кількість різних механізмів з електричним приводом. У вагонах без кондиціонування повітря використовують електродвигуни для привода 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, кВт, для привода вентилятора системи вентиляції вагона визначається з формули [9]

$$P_{\text{в}} = \frac{k_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} \cdot H_{\text{в}}}{0,102 \cdot \eta_{\text{в}}}, \quad (12.1)$$

де $k_{\text{в}}$ – коефіцієнт запасу потужності (приймається $k_{\text{в}}=1,15 \div 1,5$);
 $V_{\text{в}}$ – розрахункова подача (продуктивність) вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $H_{\text{в}}$ – сумарний напір, створюваний вентилятором, м;
 $\eta_{\text{в}}$ – ККД вентилятора (приймається $\eta_{\text{в}}=0,6 \div 0,8$).

Якщо продуктивність вентилятора не задана, то її слід визначити.

Продуктивність вентилятора системи вентиляції вагона у метрах квадратних на секунду в літній період визначається з формули

$$V_{\text{вл}} = \frac{V_{\text{пл}} \cdot n_{\text{л}}}{k_{\text{рв}}}, \quad (12.2)$$

де $V_{пл}$ – розрахункова норма подачі зовнішнього повітря на одного пасажера в літній період, m^3/c ;

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

n_l – розрахункове число пасажирів у вагоні.

Потужність двигуна, кВт, для вентилятора конденсатора установки кондиціонування повітря визначається з формули

$$P_{вк} = \frac{k_{вк} \cdot V_{вк} \cdot H_{вк}}{0.102 \cdot \eta_{вк}}, \quad (12.3)$$

де $\eta_{вк}$ – ККД вентилятора ($\eta_{вк} = 0,4 \div 0,5$).

При водяному та електроводяному опаленні потрібно визначити потужність двигуна, кВт, циркуляційного насоса системи опалення

$$P_{цн} = \frac{k_{цн} \cdot V_{цн} \cdot H_{цн}}{0.102 \eta_{цн}}, \quad (12.4)$$

де $\eta_{цн}$ – ККД насоса ($\eta_{цн} = 0,4 \div 0,6$);

$k_{цн}$ – коефіцієнт запасу потужності ($k_{цн} = 1,1 \div 1,3$).

Визначення потужності електричних пристроїв опалення вагонів. 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 вагонах ранніх років побудови переважно застосовується опалення електричними печами з природною циркуляцією повітря усередині вагона, а також змішана повітряна система з використанням електропечей та електрокалориферів.

В 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, кВт, калорифера визначається з формули

$$P_K = V_B \cdot C_B \cdot (t_{B3} - t_{H3}) \cdot 10^{-3}, \quad (12.5)$$

де $V_B = V_{пл} \cdot n_L$ – об'єм зовнішнього повітря, що подається у вагон, м³/с;

$V_{пл}$ – розрахункова норма подачі зовнішнього повітря на одного пасажера в зимовий період, м³/с;

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

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

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

Потужність електропечей, кВт, вагона при цій системі опалення визначається з формули

$$P_{еп} = Q_1 + Q_2 = 1,1 \cdot F_B \cdot k \cdot (t_{B3} - t_{H3}) \cdot 10^{-3}, \quad (12.6)$$

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, кВт, електронагрівників котла визначається з формули

$$P_{ев} = (1,1 F_B \cdot k + V_{лз} \cdot n_L \cdot C_B) (t_{B3} - t_{H3}) \cdot 10^{-3}. \quad (12.7)$$

Визначення потужності двигуна компресора установки кондиціонування повітря. Розрахункова потужність, кВт, електродвигуна компресора визначається за формулою

$$P_{\text{дк}} = k_{\text{к}} \cdot Q_0 \cdot 10^{-3}, \quad (12.8)$$

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

Q_0 – загальний (повний) тепловий потік, який повинен бути відведений повітроохолоджувачем, Вт.

Загальний (повний) тепловий потік складається із шести теплових потоків. Тепловий потік, який надходить через поверхню кузова вагона, Вт,

$$Q_1 = F_{\text{в}} \cdot k \cdot (t_{\text{нл}} - t_{\text{вл}}), \quad (12.9)$$

де $F_{\text{в}} = 270,5 \text{ м}^2$ (див. вище);

$t_{\text{нл}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря влітку, °С;

$t_{\text{вл}}$ – розрахункова температура усередині вагона влітку;

k – середній коефіцієнт теплопередачі поверхні вагона, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{с}}$, ($k=1,3 \div 1,4$, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{с}}$).

Тепловий потік від інфільтрації для літнього періоду експлуатації, Вт,

$$Q_2 = 0,3 \cdot Q_1. \quad (12.10)$$

Тепловий потік, принесений зовнішнім повітрям при вентиляції вагона, Вт,

$$Q_3 = V_{\text{пл}} \cdot n_{\text{л}} \cdot C_{\text{в}} (t_{\text{нл}} - t_{\text{вл}}), \quad (12.11)$$

де $V_{\text{пл}}$ – розрахункова норма подачі зовнішнього повітря на одного пасажирського влітку, $\text{м}^3/\text{с}$.

Тепловий потік за рахунок сонячної радіації, Вт,

$$Q_4 = F_p \cdot k \cdot (t_m - t_{вл}) \cdot \frac{Z_p}{24}, \quad (12.12)$$

де F_p – розрахункова поверхня кузова вагона, яка опромінюється сонцем, m^2 (приймається $F_p=(0,3 \div 0,4) F$);

t_m – розрахункова (максимальна) температура поверхні кузова вагона (приймається $t_m = 50^\circ C$);

Z_p – тривалість сонячного опромінювання вагона впродовж доби, год.

Тепловий потік, що виділяється пасажиром вагона, Вт,

$$Q_5 = q \cdot n_{п}, \quad (12.13)$$

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

Тепловий потік від роботи електродвигунів, розташованих усередині вагона, освітлювальних та інших електроприладів

$$Q_6 = (1500 \div 2100) \text{ Вт.}$$

Загальний (повний) тепловий потік у вагон

$$Q_0 = \sum_1^6 Q_i.$$

Вибір двигунів за каталогом. За найданою потужністю і з врахуванням умов роботи вибираються за каталогом необхідні електродвигуни [10]. Якщо такий двигун за каталогом вибрати неможливо, то вибирають із каталогу двигун ближчої більшої потужності.

Вибір двигунів за каталогом зручно звести до таблиці, складеної за формою табл. 12.1.

Таблиця 12.1

Електродвигуни вагона

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

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 набув широкого 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 проводів, захисних і комутаційних апаратів.

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

$$P_{\text{оп}} = p \cdot F_{\text{п}}, \quad (12.14)$$

де p – питома потужність освітлювального навантаження для даного виду приміщення, тобто потужність на одиницю площі цього приміщення, (Вт/м², табл. 12.2);

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

Таблиця 12.2

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	—
Тамбури	8 ÷ 11	—
Інші приміщення	8 ÷ 10	—

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

Потужність освітлювального навантаження всього вагона

$$P_{\text{ов}} = \sum P_{\text{оп}}. \quad (12.15)$$

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

$$P_{\text{пер}} = \frac{P_{\text{ов.люом}}}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (12.16)$$

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

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

Якщо обраний перетворювач для живлення люмінесцентних ламп електромашинного типу, то за потужністю $P_{\text{пер}}$ за каталогом обирається двигун перетворювача [10].

Потужність сигнальних, службових та інших спеціальних ламп можливо прийняти рівною 300 ÷ 400 Вт.

12.2. Визначення розрахункових навантажень

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

Під розрахунковим навантаженням розуміють деяке незмінне навантаження (струму, потужності), яке викликає такий же нагрів проводів двигунів, 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 в зимовий і літній періоди експлуатації неоднаково. 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,

$$P_p = \sum P_n, \quad (12.17)$$

- розрахункове реактивне навантаження, кВ·А,

$$Q_p = \sum (P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n). \quad (12.18)$$

Номінальний тангенс потужності $\operatorname{tg} \varphi_n$ споживача визначається через номінальний $\cos \varphi_n$. Якщо $\cos \varphi_n$ визначити неможливо, то його значення може бути взято з табл. 12.3.

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

Таблиця 12.3

Орієнтовні значення $\cos \varphi$ і $\operatorname{tg} \varphi$ споживачів пасажирських вагонів

Споживачі електроенергії	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	2	3

Двигун компресора	0,8	0,75
Двигун вентилятора конденсатора	0,75	0,88
Двигун вентилятора системи вентиляції	0,75÷0,8	0,88÷0,75
Двигун циркуляційного насоса опалення	0,65÷0,7	1,17÷1,02

Продовження табл. 12.3

1	2	3
Двигун перетворювача люмінесцентного освітлення	0,8÷0,85	0,75÷0,62
Електрокип'ятильник	1	0
Перетворювач електробритв	0,6÷0,65	1,33-1,17
Електроохолоджувач питної води	0,6÷0,7	1,33-1,02
Електронагрівачі зливних і наливних труб	1	0
Електричні печі	1	0
Електрокалорифер	1	0
Лампи розжарювання	1	0
Люмінесцентні лампи	0,9	0,48
Електронагрівачі котла опалення вагона	1	0
Перетворювач для живлення радіопристроїв	0,70÷0,75	1,2÷0,88
Ланцюги керування	0,8÷0,85	0,75÷0,62

Для систем електропостачання постійного струму реактивна потужність $Q_p=0$, тобто $S_p=P_p$.

Загальна розрахункова потужність для мереж змінного струму, $kB \cdot A$,

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (12.19)$$

Розрахунковий коефіцієнт потужності групи споживачів електроенергії визначають через розрахункові потужності

$$\cos \varphi_p = \frac{P_p}{S_p}. \quad (12.20)$$

Розрахунковий струм, А:
для електроприймачів трифазного струму

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_p}, \quad (12.21)$$

для однофазного змінного струму

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_n \cdot \cos \varphi_p}, \quad (12.22)$$

для групи споживачів при системі електропостачання на постійному струмі

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_n}, \quad (12.23)$$

де U_n – номінальна напруга мережі електропостачання (надається в завданні на проектування).

12.3. Визначення пікових навантажень

Пікове навантаження – це найбільше навантаження впродовж не більш 5-10 с. Пікові струми виникають, наприклад, при пуску двигуна 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 розрахунків точністю визначається

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск.найб}} + (I_p - k_i I_{i.\text{найб}}), \quad (12.24)$$

де I_p – розрахунковий струм навантаження всієї групи приймачів;

$I_{i.\text{найб}}$ – номінальний струм двигуна, у якого найбільший пусковий струм;

k_i – коефіцієнт, який враховує частковий характер роботи двигуна, у якого найбільший струм;

$I_{\text{пуск.найб}}$ – пусковий струм двигуна найбільшої потужності (що має найбільший пусковий струм)

$$I_{\text{пуск.найб}} = \lambda \cdot I_{\text{н.найб}}, \quad (12.25)$$

$\lambda = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{н}}}$ – кратність пускового струму по відношенню до номінального (для двигунів постійного струму $\lambda=2\div 2,5$; для асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором подається в каталогах; для асинхронних двигунів з фазним ротором, при відсутності в каталозі $\lambda=(2,5\div 3)$).

Піковий струм одиночного двигуна дорівнює його пусковому струму.

12.4. Визначення потужності джерела електроенергії

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 змінного 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 струм 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 діють і при визначенні пікового струму.

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

Потужність визначається з тотожності:

- генератор постійного струму, кВт,

$$P_{\Gamma} = U_{\text{н}} \cdot I_{\text{р}} \cdot 10^{-3}, \quad (12.26)$$

- генератор однофазного змінного струму, кВ · А,

$$S_{\Gamma} = U_{\text{н}} \cdot I_{\text{р}} \cdot 10^{-3}, \quad (12.27)$$

- генератор і трансформатор перетворювача трифазного струму, кВ · А,

$$S_{\Gamma} = \sqrt{3} U_{\text{н}} \cdot I_{\text{р}} \cdot 10^{-3}. \quad (12.28)$$

Потужність джерела електроенергії за умов навантаження його піковим струмом:

- генератор постійного струму, кВт,

$$P_{\Gamma} = \frac{U_{\text{н}} \cdot I_{\text{пik}}}{k_{\text{пер}}} \cdot 10^{-3}, \quad (12.29)$$

- генератор однофазного змінного струму, кВ · А,

$$S_{\Gamma} = \frac{U_{\text{н}} \cdot I_{\text{пik}}}{k_{\text{пер}}} \cdot 10^{-3}, \quad (12.30)$$

- генератор трифазного змінного струму, кВ · А,

$$S_{\Gamma} = \frac{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cdot I_{\text{пik}}}{k_{\text{пер}}} \cdot 10^{-3}. \quad (12.31)$$

Тут коефіцієнт короткочасного навантаження для генераторів $k_{\text{пер}} = 1,5 \div 2$.

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.

12.5. Вибір проводів мережі електропостачання

Проводи вибираються відповідно до вимог, які ставляться до мережі електропостачання пасажирських вагонів. Ці вимоги будуть виконані, якщо перетин проводів обрано з урахуванням таких чотирьох умов:

а) нагрів проводів не повинен перевищувати допустимого значення. Це буде виконано, якщо $I_{\text{дрот.н}} \geq I_p$, тобто, якщо номінальний струм проводу дорівнює або більше розрахункового струму. Знаючи розрахунковий струм, за цією умовою вибирають перетин проводу;

б) при коротких замиканнях або великих навантаженнях, коли відбувається спрацювання захисного апарата, не повинна порушуватись термічна стійкість проводів. Ця вимога буде виконана, якщо номінальний струм проводу відповідає струму захисного апарата, тобто, якщо $I_{\text{дрот.н}} \approx k_z \cdot I_z$, де I_z – струм захисного апарата. Для електричних мереж вагонів – це номінальний струм плавкої вставки запобіжника або номінальний струм установки автоматичного вимикача; k_z – коефіцієнт захисту або кратність довгочасного допустимого струму плавкої вставки або номінальний струм уставки автоматичного вимикача (значення K_z наведені в табл. 12.4).

Таблиця 12.4

Значення коефіцієнта захисту

Тип захисного апарату	k_z
Автоматичний вимикач з миттєво діючим вимикаючим пристроєм	1,25
Автоматичний вимикач з тепловим розщеплювачем незалежно від того, є або немає миттєво діючого розщеплювача	1,0
Плавка вставка	1,25

Дозволяється брати ближчий менший перетин проводу, що задовольняє цю умову;

в) втрата напруги в проводах не повинна перевищувати допустимого значення $\Delta U_{\text{л}} \leq \Delta U_{\text{доп}}$ (у відсотках $\Delta U_{\text{доп}} = 10 \%$).

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

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{200}{U_{\text{н}}} \cdot I_{\text{пик}} \cdot r_{\text{л}} \quad (12.32)$$

Для мереж електропостачання однофазного змінного струму

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{200}{U_{\text{н}}} \cdot I_{\text{пик}} (r_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{р}} + x_{\text{л}} \sin \varphi_{\text{р}}) \quad (12.33)$$

Для трифазних мереж змінного струму

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{100\sqrt{3}}{U_{\text{н}}} \cdot I_{\text{пик}} (r_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{р}} + x_{\text{л}} \sin \varphi_{\text{р}}) \quad (12.34)$$

де $I_{\text{пик}}$ – сумарний піковий струм проводу, якщо по ньому одержує енергію група споживачів;

$U_{\text{н}}$ – номінальна напруга мережі електропостачання;

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

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

$\cos \varphi_{\text{р}}$, $\sin \varphi_{\text{р}}$ – розрахункові значення $\cos \varphi$ і $\sin \varphi$.

Активний опір лінії електропостачання, Ом,

$$r_{\text{л}} = \frac{l_{\text{л}}}{\gamma_{\text{л}} \cdot F_{\text{л}}}, \quad (12.35)$$

де $l_{\text{л}}$ – довжина лінії, м;

$F_{\text{л}}$ – перетин проводу даної ділянки лінії електропостачання, мм²;

$\gamma_{\text{л}}$ – питома провідність проводів (для мідних проводів $\gamma_{\text{л}} = 57$ м/Ом · мм²; для алюмінієвих $\gamma_{\text{л}} = 35,8$ м/Ом · мм²).

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

$$X_{\text{л}} = 7 \cdot 10^{-5} \cdot l_{\text{л}}.$$

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

г) проводи повинні бути обрані так, щоб їх механічна міцність була достатня. Це буде виконано, якщо перетин проводів буде взято не менш зазначеного у табл. 12.5.

Таблиця 12.5

Мінімальний перетин проводів мережі електропостачання вагонів

Характеристика проводів і умов прокладення	Найменший перетин проводів, мм ²	
	мідних	алюмінієвих
Ізольовані проводи для освітлювальної апаратури	0,5	—
Проводи для переносних приладів	0,75	—
Незахищені ізольовані проводи для стаціонарного прокладення у трубах і металевих рукавах, групові лінії силових і освітлювальних мереж при відсутності штепсельних рознімачів	1	2,5
Групові проводи силової мережі, мережі освітлення зі штепсельними рознімачами	1,5	2,5

12.6. Вибір комутаційної апаратури

До комутаційних апаратів, які служать для вмикання і вимикання кіл, відносяться рубильники, контактори і реле. Рубильники служать для ручного вмикання і вимикання кіл, контактори і реле – дистанційного, автоматичного і неавтоматичного вмикання кіл 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.

Найбільшого розповсюдження набули 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

$$U_{\text{н.апарата}} \geq U_{\text{н.мережі}} ;$$

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

$$U_{\text{н.кат}} = U_{\text{н.мереж}} ;$$

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 $I_{\text{н.ап}} \geq I_{\text{р}}$. Технічні дані на рубильники і контактори наведені у спеціальних каталогах або довідниках.

12.7. Вибір захисної апаратури

До захисної апаратури, що застосовується на пасажирських вагонах, належать запобіжники і автоматичні вимикачі.

Запобіжники застосовуються для захисту від струму короткого замикання або дуже великих перенавантажень, що діють значний час (запобіжники не повинні вимикати ділянки мережі електропостачання при пікових струмах, дія яких короткочасна). Автоматичні вимикачі призначаються для захисту як від струму короткого замикання (за допомогою миттєво діючих електромагнітних розщеплювачів), так і від струму

перенавантажень (за допомогою теплових або іншого типу розщеплювачів).

Час відключення струмів короткого замикання за допомогою запобіжників 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 миттєво діючий електромагнітний розщеплювач автомата і дав команду на вимкнення автомата, потрібно, щоб струм у мережі перевищив струм уставки миттєво діючого розщеплювача автомата.

Тепловий розщеплювач автомата застосовується для захисту кіл і споживачів від струмів перенавантажень. Час, через який спрацює тепловий розщеплювач автомата, залежить від величини струму перенавантаження. Час спрацювання теплового розщеплювача приблизно обернено пропорційний величині струму перенавантаження.

Автоматичні вимикачі випускаються трьох типів: тільки з миттєво діючим розщеплювачем; тільки з тепловим розщеплювачем (цей тип автомату від струмів короткого замкнення мережу та прилади не захищає); з комбінованим розщеплювачем, який має зазначені вище типи розщеплювачів.

При виборі запобіжників повинні бути виконані такі умови:

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

$$U_{н.зап.} \geq U_{н.};$$

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

$$I_{н.встав.} \geq I_p;$$

в) плавка вставка не повинна плавитися (згорати) при короткочасних пікових струмах. Пікові струми в мережах електропостачання пасажирських вагонів виникають, наприклад, при пуску двигунів.

$$I_{н.вст.} \geq \frac{I_{пик.}}{\alpha}.$$

Коефіцієнт α залежить від числа споживачів, які захищає запобіжник. Якщо споживач – одиночний електродвигун, тоді $\alpha = 2,5$; якщо група двигунів, тоді $\alpha = 1,6 \div 2$. Менші значення α при більшій кількості двигунів у групі.

Технічні дані запобіжників наведені у спеціальних довідниках або каталогах.

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 миттєво діючого розщеплювача (уставка струму) повинен бути рівним або більшим розрахункового струму, тобто

$$I_{ел.магн} \geq I_p;$$

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

$$I_{тепл} \geq I_p;$$

г) струм уставки миттєво діючого електромагнітного розщеплювача 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.

Технічні дані на автоматичні вимикачі наводяться у довідниках та каталогах.

13. ВИДИ І ОБСЯГИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ

Підтримання електрообладнання вагонів у працездатному стані досягається системою технічного обслуговування і періодичних ремонтів. Згідно з "Керівництвом з технічного обслуговування пасажирських вагонів" ЦЛ-0025, електрообладнання пасажирських вагонів підлягає таким видам технічного обслуговування:

- технічне обслуговування ТО-1 електрообладнання на ПТО пунктів формування і обороту пасажирських поїздів перед кожним відправленням в рейс, а також в поїздах на шляху прямування;

- технічне обслуговування ТО-2 електрообладнання перед початком літніх и зимових перевезень у пунктах формування;

- технічне обслуговування ТО-3 електрообладнання – єдина технічна ревізія електрообладнання.

Ремонт складових частин електрообладнання проводять при виході з ладу в процесі експлуатації та при планових видах ремонту вагонів на вагоноремонтних підприємствах, які мають спеціалізовані дільниці для виконання зазначених робіт, або на спеціалізованих сервіс-центрах підприємств-виробників електрообладнання. Складові частини, які не були в експлуатації більше 6 місяців після виготовлення або ремонту, допускається випробувувати без розбирання. При позитивних результатах випробування на вузлах зберігаються тавра (пломби) підприємства, яке проводило попереднє випробування. Усі підрозділи, які виконують ремонт та обслуговування електричного обладнання вагонів, повинні бути атестовані для виконання даного виду робіт.

Усі види ремонту та технічного обслуговування електрообладнання повинні виконуватися з дотриманням вимог визначених нормативних документів. Відремонтоване та нове електрообладнання перед встановленням на вагоні повинне пройти випробування на спеціалізованих стендах. Обладнання, яке не витримало випробувань, підлягає повторному ремонту або заміні новим. Нове електрообладнання, яке не витримало випробувань, підлягає рекламації в установленому порядку з

висуванням відповідних претензій підприємству-виробнику. На вагони, які випускаються з ремонту, на місце приписки направляється “Книга обліку ремонту електричного та холодильного обладнання пасажирського вагона” форми ВУ-94.

Технічне обслуговування ТО-1 в пунктах формування та обороту. ТО-1 проводять перед кожним відправленням в рейс, в пунктах формування пасажирських поїздів, а також в пунктах обороту, проводять технічне обслуговування в обсязі ТО-1, згідно з Керівництвом ЦЛ-0025. Перевіряється працездатність електрообладнання всіх систем вагона. Додатково перевіряють працездатність перетворювачів, електрообладнання вакуумних туалетів. Пошкодження, які виявлені при огляді та засобами діагностики, усувають безпосередньо на вагоні. Обладнання або окремі комплектуючі, які неможливо відремонтувати на вагоні, підлягають демонтажу та заміні. Електровимірювальні прилади, дисплей розподільної шафи, які мають пошкодження, підлягають заміні. Контроль роботи проводять візуально за спрацюванням апаратури, а також за показанням електровимірювальних приладів і індикацією на розподільній шафі. Виконують роботи з ремонту електрообладнання за заявками поїзних електромеханіків згідно з "Інструкцією поїзного електромеханіка" ЦЛ-0042. У випадках неможливості виконання ремонту безпосередньо на вагоні вагон підлягає виключенню зі складу поїзда для виконання поточного ремонту (ПР).

Технічне обслуговування ТО-1 на шляху прямування поїзда. Технічне обслуговування електрообладнання на шляху прямування проводить поїзний електромеханік протягом всього рейсу. При цьому перевіряють роботу складових частин під час руху візуально, за індикацією на розподільній шафі. Стан обладнання, яке знаходиться ззовні вагона, перевіряють на зупинках поїзда, згідно з Інструкцією ЦЛ-0042. Знімають показання електровимірювальних приладів кожного вагона та перевіряють стан електрообладнання не менше двох разів на добу (табл. 13.1).

Таблиця 13.1

Організація роботи поїзними електромеханіками (ПЕМ)
на шляху прямування поїзда

№ з\п	Робота	Час
1	Перевірка працездатності сигнальних ліхтарів на хвостовому вагоні	Після відправлення в рейс
2	Огляд електрообладнання усередині вагона	В першу годину руху
3	Запис показання електровимірювальних приладів	В першу годину, через 3-4 години, в останню годину руху
4	Перевірка працездатності ланцюгів споживачів (СКНБ, системи контролю ізоляції, пожежної сигналізації)	Після відправлення в рейс
5	Повторний огляд електрообладнання усередині вагона	Після 3-4 годин руху
6	Контроль за роботою електрообладнання при живленні від справного вагона	Протягом 15 хвилин після проведення операції «приймання - подання»
7	Перевірка роботи холодильного обладнання	Не рідше ніж 2 рази на добу
8	Увімкнення холодильної установки кондиціонування повітря	За 30 хвилин до посадки пасажирів

Технічне обслуговування в обсязі ТО-2. При технічному обслуговуванні в обсязі ТО-2 виконують, окрім робіт в обсязі ТО-1, такі роботи:

- перевірку якості та легкості спрацювання комутаційних пристроїв (кнопки, тумблери, перемикачі, вимикачі тощо), перевірку надійності кріплення та з'єднань;
- огляд та очищення пультів, ящиків від пилу та бруду;

- перевірку електричних з'єднань з електричною системою вагона.

Перед початком опалювального сезону виконують роботи з консервації дахових кондиціонерів згідно з вимогами "Інструкції по ремонту та обслуговуванню дахових кондиціонерів" ЦЛ-0051, запобіжних, контрольних та комутаційних пристроїв, приладів автоматики, рознімних та клемних з'єднань, кріплення обладнання та проводки, міжвагонних з'єднань, перевіряють стан водовідведення опалення. Перед початком літніх перевезень проводять розконсервацію дахових кондиціонерів, перевірку стану запобіжних, контрольних та комутаційних пристроїв, приладів автоматики, рознімних та клемних з'єднань, кріплення обладнання та проводки.

Технічне обслуговування в обсязі ТО-3. Під час технічного обслуговування вагонів в обсязі ТО-3 виконують роботи з технічного обслуговування ТО-2, знімають електронні блоки і перевіряють на стендах та додатково виконують огляд з відкриванням всіх світильників, пультів, щитів та панелей. Контролюють стан та опір ізоляції електрообладнання.

Поточний ремонт (ПР). При поточному ремонті незалежно від причин відчеплення проводять перевірку технічного стану та працездатності електрообладнання та його частин відповідно до вимог керівництва ЦЛ-0025 та в обсязі ТО-1.

Ремонт електрообладнання при деповському та капітальному ремонті вагонів. При виконанні деповського (ДР) та капітального (КР-1) ремонтів проводять дефектацію та випробування електрообладнання згідно з керівництвом "Електричне обладнання пасажирських вагонів. Керівництво по капітальному ремонту" ЦЛ-0021. Несправне електрообладнання, що може бути відремонтоване в умовах депо, ремонтують, інше передають для ремонту на підприємство-виробник або до сервісного центру. Виявлені дефектні вузли та агрегати замінюють новими або відновленими. Ремонт, регулювання та приймання забракованих вузлів і агрегатів проводять в спеціалізованих відділеннях (цехах) в обсягах, які передбачаються при деповському та капітальному ремонтах.

Усі види ремонту та технічного обслуговування електрообладнання вагонів повинні виконуватись відповідно до

вимог основних нормативних документів: "Керівництво з технічного обслуговування пасажирських вагонів" ЦЛ-0025; "Інструкція з ремонту та обслуговування електрообладнання пасажирських вагонів будівництва КВБЗ"; "Електричне обладнання пасажирських вагонів. Керівництво по капітальному ремонту" ЦЛ-0021 та ін.

Питання для самоконтролю

1. Яким видам технічного обслуговування підлягає електрообладнання пасажирських вагонів?
2. Де, коли і в якому обсязі проводять технічне обслуговування ГО-1?
3. Де, коли і в якому обсязі проводять технічне обслуговування ГО-2?
4. Де, коли і в якому обсязі проводять єдину технічну ревізію?
5. Яким видам ремонту підлягає електрообладнання пасажирських вагонів?
6. Якими основними нормативними документами керуються при виконанні технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів?

Список літератури

1. Хряпенков, Г.А. Электрические аппараты и цепи пассажирских вагонов [Текст]: учеб. пособие / Г.А. Хряпенков. – М.: Маршрут, 2003. – 25 с.
2. Зорохович, А.Е. Электрооборудование вагонов [Текст]: учебник / А.Е. Зорохович; под ред. А.Е. Зороховича. – М.: Транспорт, 1982. – 367 с.
3. Головки, В.Ф. Конспект лекцій з дисципліни “Технічне обслуговування та ремонт електрообладнання вагонів” [Текст]: конспект лекцій / В.Ф. Головки. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Ч.1. – 68 с.
4. Зорохович, А.Е. Электро- и радиооборудование пассажирских вагонов [Текст]: учебник / А.Е. Зорохович, А.З. Либман. – М.: Транспорт, 1985. – 343 с.
5. Головки, В.Ф. Сучасні уніфіковані системи електрозабезпечення пасажирських вагонів [Текст]: навч. посібник / В.Ф. Головки. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – 86 с.
6. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення [Текст]. – Введ. 1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 24 с.
7. Комплект электрооборудования ЭВ 10.02.29. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст]. – Рига: ПО “Рижский электромашиностроительный завод”, 1989. – 140 с.
8. Головки, В.Ф. Журнал лабораторних робіт з дисципліни «Електричне обладнання вагонів» [Текст] / В.Ф. Головки, В.В. Бондаренко, В.Г. Маслієв. - Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Ч.1. – 42 с.
9. Головки, В.Ф. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни “Технічне обслуговування та ремонт електрообладнання вагонів” [Текст]: метод. вказівки / В.Ф. Головки. – Харків: ХарДАЗТ, 1999. – Ч.1. – 35 с.
10. Головки, В.Ф. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни “Технічне обслуговування та ремонт електрообладнання вагонів” [Текст]: метод. вказівки / В.Ф. Головки. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – Ч.2. – 37 с.
11. Головки, В.Ф. Конспект лекцій з дисципліни “Технічне обслуговування та ремонт електрообладнання вагонів” [Текст]:

консп. лекцій / В.Ф. Головка. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Ч.2. – 34 с.

12. Головка, В.Ф. Електричне обладнання вагонів і підприємств [Текст]: конспект лекцій / В.Ф. Головка. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Ч.3. – 250 с.

13. Альбом типів пасажирських вагонів, які експлуатуються в Україні [Текст]. – К.: ПП«Март», 2006. – 82 с.