

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій, автоматизації, електроніки
та радіотехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра Автоматики та телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) В.В. Поцєпаєв
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2018 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Модернізація системи автоматичного управління шахтного
електровозу»

Виконав: студент ____ курсу, групи АУПзск-15
(шифр групи)

спеціальності 6.050202 "Автоматизоване управління технологічними
процесами"

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гладков Олексій Ілліч

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник ст. викладач каф. АТ Жовтобрух С.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет Комп'ютерно–інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки

(назва)

Кафедра Автоматики та телекомунікацій

(назва)

Допустити до захисту:

Декан ФКІТАЕР _____ В.П. Тарасюк

(підпис та дата)

Захист відбувся

_____ (дата)

з оцінкою _____

секретар ДЕК

_____ (підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Модернізація системи автоматичного управління шахтного
електровозу»

Виконавець студент групи АУПзск-15

_____ (підпис, дата)

Гладков О.І.

_____ (ініціали, прізвище)

Керівник

_____ (підпис, дата)

Воропаєва А.О.

_____ (ініціали, прізвище)

Зав. кафедри АТ

_____ (підпис, дата)

Поцепаєв В.В.

_____ (ініціали, прізвище)

Консультанти

_____ (підпис, дата)

Жовтобрух С.А.

_____ (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата)

Поцепаєв В.В.

_____ (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата)

_____ (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер

_____ (підпис, дата)

Жовтобрух С.А.

_____ (ініціали, прізвище)

Покровськ – 2018 р.

5. Перелік графічного матеріалу: електронна презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальне керівництво	Жовтобрух С.А.		
Аналіз технологічного процесу як об'єкту управління	Жовтобрух С.А.		
Аналіз існуючих рішень задачі автоматизації	Жовтобрух С.А.		
Обґрунтування прийнятого напрямку розв'язання завдання кваліфікаційної роботи	Поцєпаєв В.В.		
Охорона праці і екологія			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу як об'єкту управління	20.04.18	
2	Аналіз існуючих рішень задачі автоматизації	25.04.18	
3	Обґрунтування прийнятого напрямку розв'язання завдання кваліфікаційної роботи	08.05.18	
4	Огляд засобів збору інформації	15.05.18	
5	Охорона праці і екологія	17.05.18	
6	Спеціальна частина проекту	30.05.18	
8	Оформлення проекту	10.06.18	
9	Захист проекту	19.06.17	

Студент _____ Гладков О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Жовтобрух С.А..
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: сторінок 63, рисунків 14, таблиць 2, додатків 1, літературних джерел 10

Об'єкт дослідження - система автоматизації зарядного пристрою шахтного електровозу.

Ціль роботи - підвищення надійності і безвідмовності роботи зарядного пристрою за рахунок застосування системи керування тиристорним випрямлячем.

На підставі дослідження технологічного об'єкта, огляду літературних джерел, вивчення сучасного стану елементної бази автоматизації позначеного об'єкта розроблено структурну, функціональну і принципову схеми системи керування тиристорами випрямляча зарядного пристрою шахтного електровозу, розроблено алгоритм функціонування, зроблено техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДПРИЄМСТВА, МЕХАНІЗАЦІЯ, ТРАНСПОРТ,
СТАЦІОНАРНІ УСТАНОВКИ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ,
АВТОМАТИЗАЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕЛЕКТРОВОЗНА ВІДКАТКА,
СТРУМ, АКУМУЛЯТОР, ТИРИСТОР, ВИПРЯМЛЯЧ, АЛГОРИТМ,
ВИБУХОБЕЗПЕЧНА ОБОЛОЧКА

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 Аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації. Мета проектування і вимоги до системи автоматизації	
2 Критичний огляд відомих технічних рішень	
3 Обґрунтування напрямку автоматизації	
4 Алгоритмізація системи автоматизації	
5 Розробка структурної, функціональної та принципової електричної схеми системи автоматизації.....	
6 Розробка компонувальних рішень системи автоматизації.....	
7 Охорона праці і екологія	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	
ДОДАТОК А – Специфікація радіоелементів.....	

ВСТУП

В умовах широкого впровадження прогресивної техніки й технології на вугільних і рудних шахтах істотно зросла роль підземного транспорту в забезпеченні безперебійної роботи очисних і підготовчих вибоїв. Одним з домінуючих видів транспорту на магістральних виробітках шахт є електровозний транспорт. У порівнянні з іншими видами механізованого шахтного транспорту (канатна відкатка, конвеєрний транспорт) вона в переважній більшості випадків найбільш економічна й продуктивна.

Основними вимогами до шахтного електровозного транспорту є: забезпечення заданого вантажообігу й можливо меншої трудомісткості робіт шляхом удосконалювання техніки й технології.

Головну роль у системі підземної електровозної відкатки грає електровоз. На цей час на вугільних шахтах застосовують два основних типи шахтних електровозів - контактні й акумуляторні.

Одним зі складових елементів комплексу відкочування акумуляторними електровозами є зарядна підстанція. На цей час одним з головних питань дотичних зарядних підстанцій, є швидка і якісна зарядка акумуляторної батареї електровоза. Рішенням даного питання може бути автоматизація процесу зарядки. Автоматизація забезпечує підвищення надійності й електробезпеки, а також зниження трудомісткості обслуговування зарядних випрямлячів й акумуляторних батарей.

1 Аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації. Мета проектування і вимоги до системи автоматизації

1.1 Аналіз технологічного процесу електровозної відкатки

Переміщення гірничої породи та корисних копалин є одним з основних виробничих процесів гірського підприємства. Надійна, чітка й безперебійна робота транспорту значною мірою підвищує використання основних механізмів, відповідає зниженню собівартості продукції і є обов'язковою умовою виконання виробничої програми кожного гірського підприємства.

Залежно від геологічних умов залягання корисної копалини, способу розкриття й підготовки шахтного поля, а також від метанообільності й кожне гірське підприємство має власну систему транспорту. Усі компоненти системи транспорту жорстко зв'язані один з одним. Вихід з ладу якого-небудь із них веде до зупинки технологічного процесу. Система транспорту може бути представлена наступними компонентами: конвеєрний транспорт, локомотивний транспорт, канатна відкатка, скіповий й клітєвий підйоми, а також перевантажувачі (рис. 1.1).

Підземний рейковий транспорт (електровозна відкатка) у шахтах є переважним видом транспорту, що здійснює доставку вугілля від очисних вибоїв до стволу. Технологічний процес транспортування вугілля при електровозній відкатці включає наступні основні операції: подачу порожнього состава від місця стоянки в оклоствольному дворі до навантажувального пункту; маневри локомотива в навантажувального пункту під час завантаження вагонеток; рух навантаженого состава до місця розвантаження в околоствольному дворі; маневри локомотива в пункту розвантаження вагонеток; рух до місця стоянки порожніх составів.

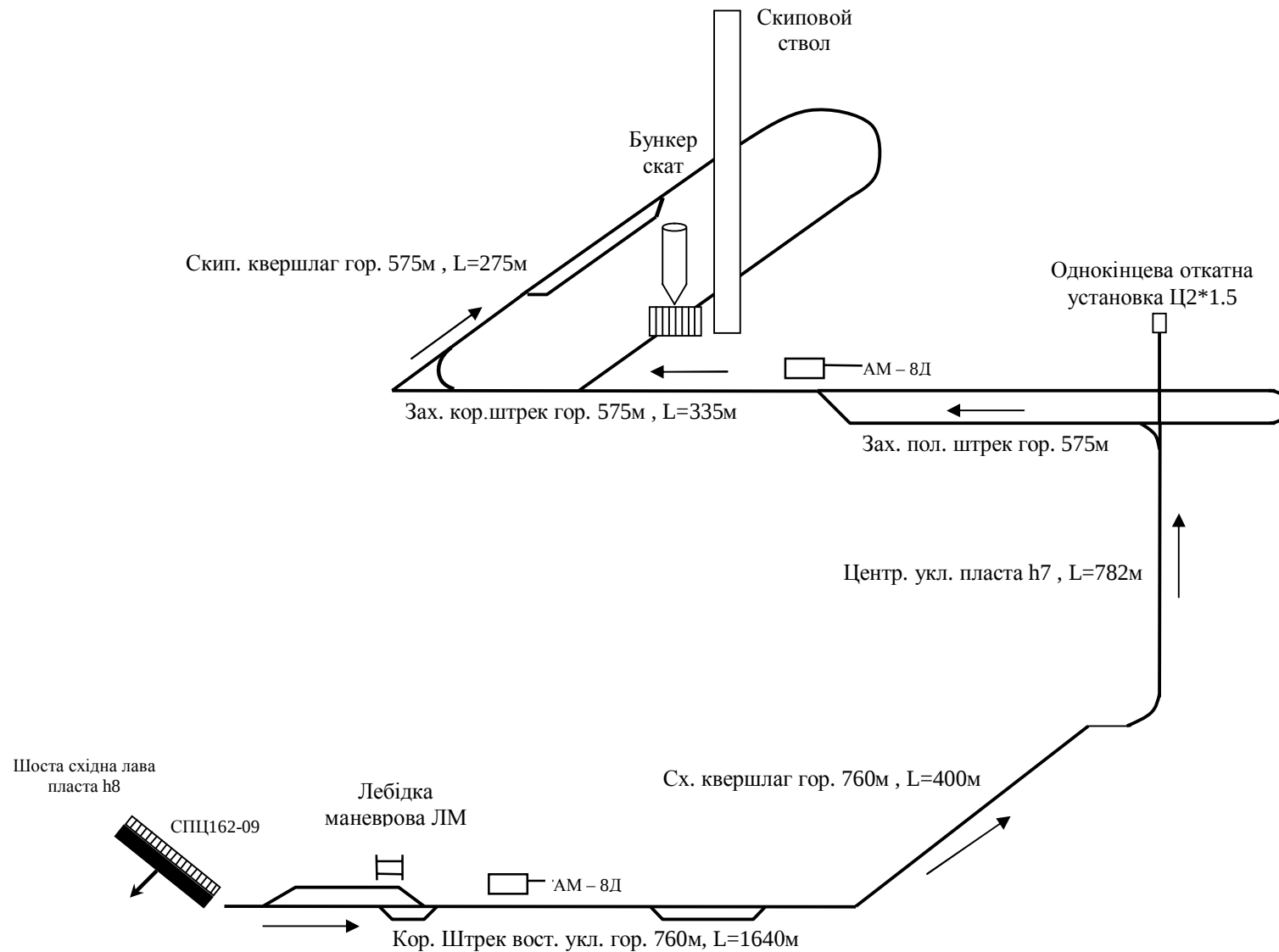


Рисунок 1.1 - Схема транспорту шахти

Електровози обирають наступним чином. Наприклад, щодобове навантаження дорівнює 520 т/сут. Тоді щозмінне навантаження на лаву складе:

$$A_{CM} = \frac{A_{сут} \cdot \kappa}{n_{CM}} = \frac{520 \cdot 1,1}{3} = 192 \text{ т/зм}$$

Далі за допомогою номограми для розрахунку локомотивного транспорту для даного устаткування, яке використовується на шахті, знайдемо допустиму вагу навантаженого составу (рис. 1.2).

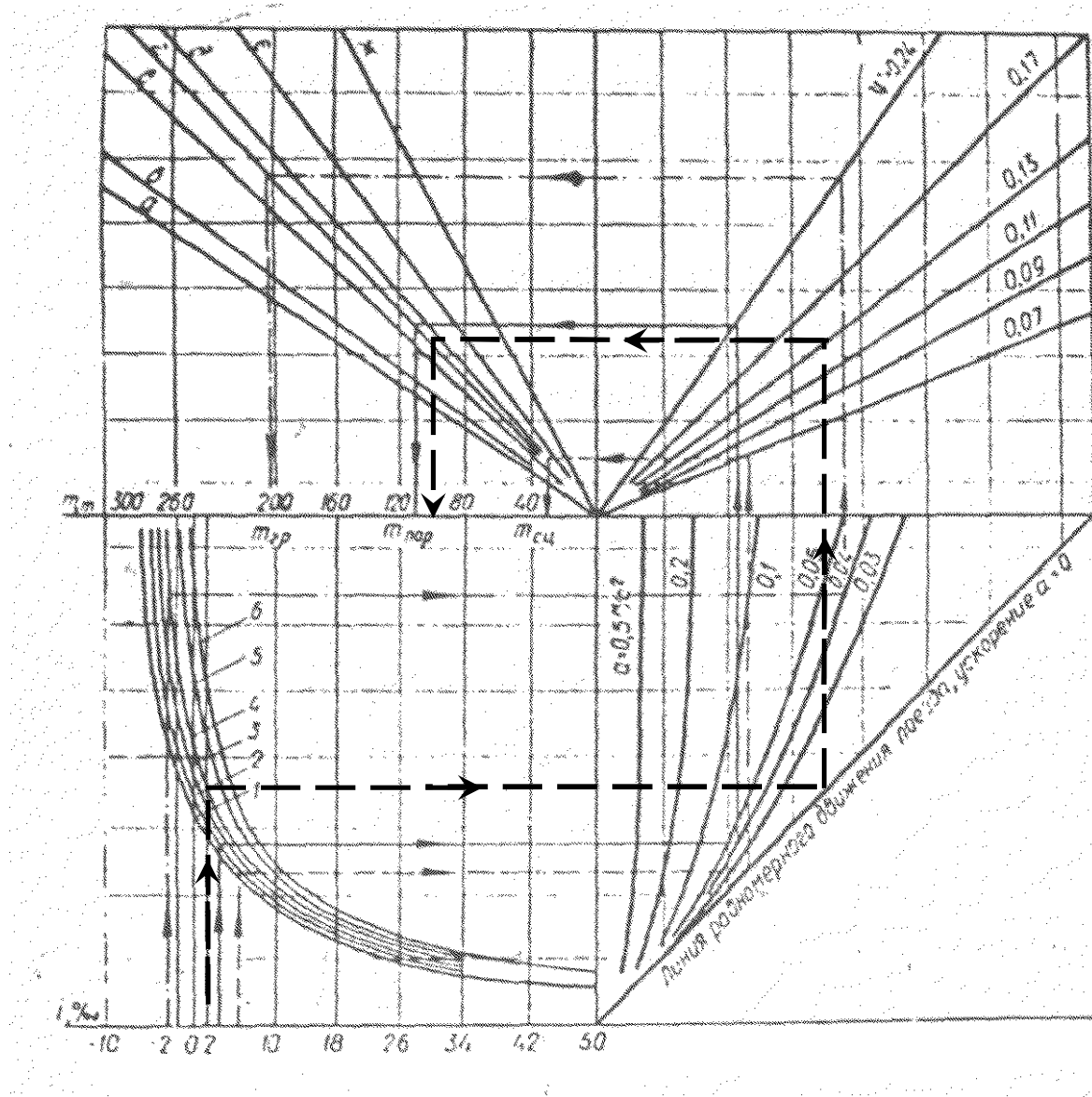


Рисунок 1.2 – Номограма для розрахунку локомотивного транспорту

Необхідно дати пояснення рисунку. Спочатку обираємо уклон щтреку, який дорівнює 2 проміле, і знаходимо крапку перетину з кривою яка відповідає вагонетці з робочим об'ємом 2.5 тони. Далі проводимо лінію до перетину з

лінією рівномірного руху составу, та повертаємо її наверх. На цьому етапі обираємо криву з коефіцієнтом 0.13, що відповідає паганому стану рейкових доріг. Після цього проводимо лінію до перетину з графіком локомотива АМ8Д – і маємо результат – 100 т вага навантаженого составу, що задовольняє нашим потребам. Тобто локомотивний транспорт пройшов перевірку. Рудничні електровози класифікуються також у такий спосіб:

- по способу живлення - з автономним джерелом живлення (акумуляторні); із зовнішнім джерелом живлення (контактні й високочастотні); комбіновані (контактно-кабельні й контактно-акумуляторні);
- по тяговій категорії - легкі або малогабаритні зі зчіпною масою від 2 до 5 т; середні - від 6 до 10 т і важкі - понад 10 т;
- по призначенню - магістральні або відкаточні (для відкатки по головним виробіткам), маневрено-сбірочні (для маневрових і допоміжних робіт з околоствольним, вентиляційним й іншими виробітками шахти);
- за рівнем вибухозахисту - рудничного нормального (РН), рудничного підвищеної надійності проти вибуху (РП) і рудничного вибухобезпечного (РВ) виконання.

У комплекс відкатки контактними електровозами (рис. 1.3, а) входять: тягова підстанція із трансформатором 1 і перетворювальним агрегатом 2, повітряне контактне проведення 4, електровоз 3 з тяговим двигуном 5 і струмоприймачем 7, рейковий шлях 6. Електровози одержують живлення постійним струмом напругою 250 або 550 В від контактного проведення через струмоприймачі (струмознімачі). Зворотним проведенням служать рейковий шлях і кабелі, що відсмоктують.

Комплекс відкатки акумуляторними електровозами (рис. 1.3, б) містить у собі зарядну підстанцію, на якій установлені трансформатор 1, зарядний агрегат 2, зарядний стіл 4 з акумуляторною батареєю, що заряджається, 7. Друга акумуляторна батарея перебуває на електровозі 3, з тяговим двигуном 5 і рейковий шлях 6. Електровози запитуються постійним струмом від батареї,

установленої на електровозі. Зарядку й заміну акумуляторних батарей роблять у камерах зарядних підстанцій.

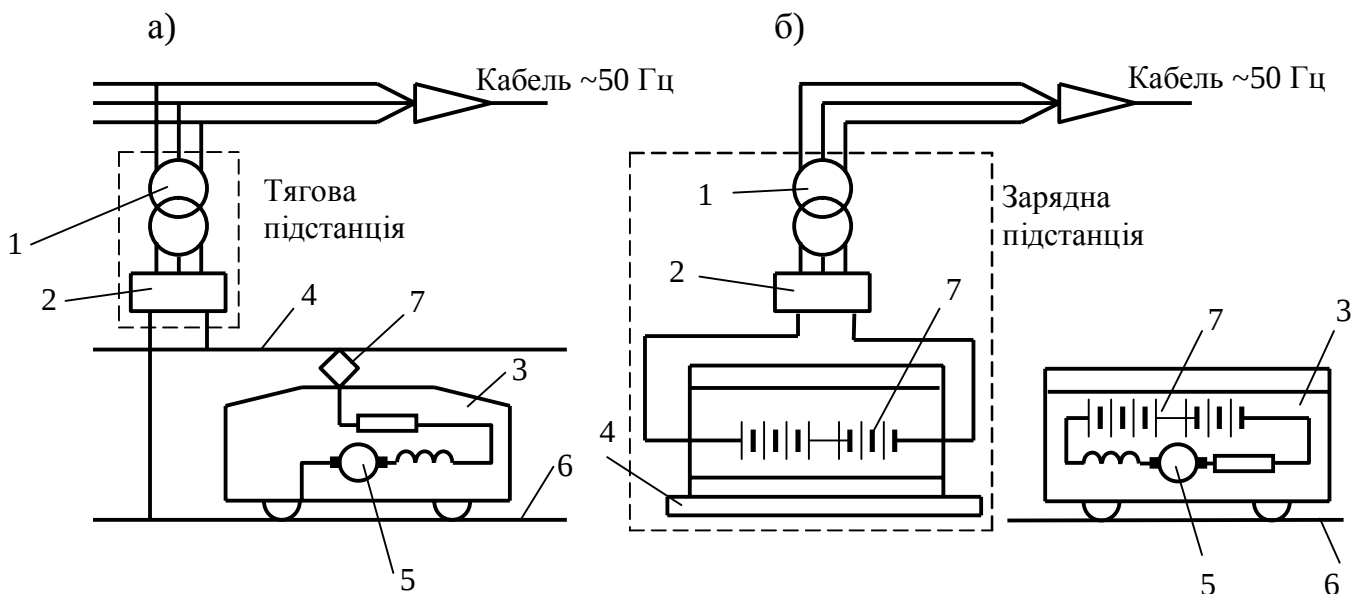


Рисунок 1.3 - Структурні схеми відкатки контактними (а) і акумуляторними (б) електровозами

У порівнянні з акумуляторними контактні електровози простіші за конструкцією й дешевші; вони більш зручні й економічні в експлуатації; мають більшу силу тяги й швидкість руху, а отже й більшу продуктивність; менше витрачають енергії. Однак іскри, що виникають між контактним проводом і струмоприймачами, між рейками й колесами унеможливує їхнє застосування в небезпечні по газу й пилу вугільних шахтах. На підставі цього застосування контактних електровозів у виконанні РН допускається у всіх виробітках шахт, не небезпечних по газу й пилу, тобто в основному у всіх рудних шахтах.

Експлуатація акумуляторних електровозів обходиться значно дорожче внаслідок низького К.К.Д., малого терміну служби й великої вартості акумуляторних батарей.

Для підземної відкатки інтерес становлять електровози з індукційним струмоприймачем, що запитується від мережі з підвищеною частотою струму.

Такі електровози одержали назву безконтактних електровозів підвищеної частоти або високочастотних.

Високочастотні електровози одержують живлення через безконтактні струмоприймачі, індуктивно пов'язані з тяговим кабелем, що заміняє контактне проведення. У якості тягового кабелю застосовується одножильний кабель. Струм у кабелі має підвищену частоту (5000 Гц). Живлення кабелів здійснюють від перетворювача частоти, встановленого в тяговій підстанції. Головним недоліком даного типу електровозів є дорожнеча й складність конструкції перетворювальної підстанції.

Електровозна відкатка як об'єкт автоматизації вимагає автоматичного керування рухом поїздів на заданих маршрутах. Автоматизація електровозної відкатки повинна забезпечувати: безпеку й безаварійність руху; підвищення продуктивності - інтенсивності руху, пропускну здатності маршрутів і провізної спроможності поїздів.

При роботі системи необхідно контролювати наступні параметри:

- швидкість руху електровозів;
- цілісність рейкового шляху;
- рівень зарядки акумуляторних батарей (для акумуляторних електровозів), стан струмоведучих проводів (для контактних електровозів);
- напрямок рух електровозів;
- положення стрілочних переводів;
- зайнятість галузей рейкової мережі;
- положення вагонеток під люком навантажувальним пунктом;
- рівень завантаження вагонеток й інші не настільки важливі параметри.

1.2 Критичний огляд процесу заряду

Робота тягових батарей рудничних електровозів характеризується циклами зарядки-розрядки з деякими паузами, що виникають один за одним. Режим розрядки залежить від характеру й режиму роботи локомотива. Батарею

заряджають на зарядному столі в електровозному депо, і, хоча зарядка не пов'язана з роботою електровоза, тривалість й ефективність її визначають наступну енерговіддачу батареї й побічно впливають на продуктивність електровоза. Режим і спосіб зарядки батарей істотно впливають на енергетичні й економічні показники перетворювальних підстанцій і всього комплексу електровозної відкатки акумуляторними електровозами.

Основним способом зарядки тягових акумуляторних батарей рудничних електровозів у цей час є індивідуальна зарядка від випрямних пристроїв порівняно малої потужності, що приблизно відповідає потужності батареї. При індивідуальному способі (рис. 1.4) для зарядки кожної батареї необхідно окремий зарядний пристрій.

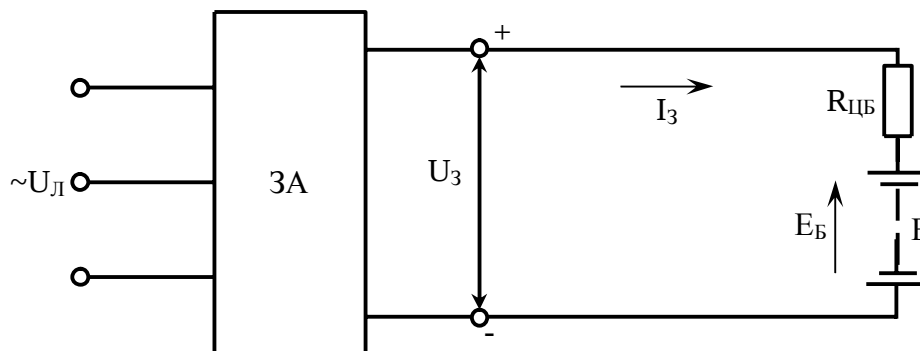


Рисунок 1.4 - Принципова схема заряду акумуляторних батарей при індивідуальному заряді.

У випадку індивідуального способу зарядки при великій кількості батарей, що заряджають одночасно, потрібна відповідна кількість зарядних агрегатів, пускова й захисна апаратура.

Включення батарей на групову зарядку можливо по послідовній або паралельній схемах. Для групової зарядки батарей, включених за послідовною схемою (рис. 1.5), випрямлена напруга зарядного агрегату повинна бути збільшена відповідно до сумарної кількості елементів батарей, що заряджаються, а режим зарядки (величина зарядного струму й напруга, що доводиться на елемент) можна не змінювати в порівнянні зі звичайним режимом індивідуального заряду. Число батарей, що можливо заряджати

одночасно по послідовній схемі, обмежено величиною випрямленої напруги й звичайно не перевищує двох.

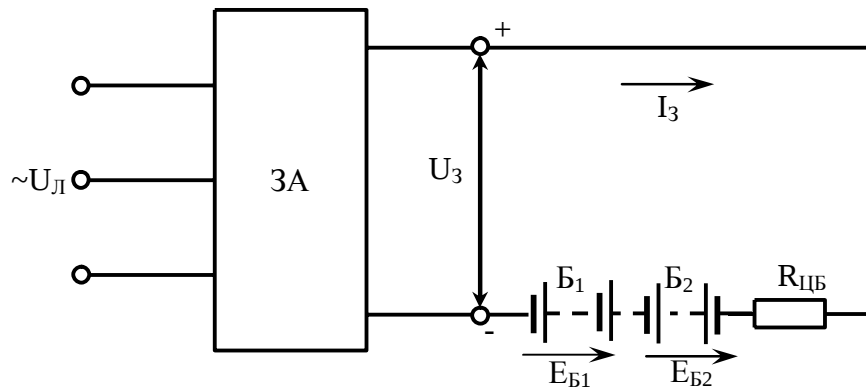


Рисунок 1.5 - Принципова схема заряду акумуляторних батарей при груповій зарядці послідовно включених батарей.

При паралельному включенні (рис. 1.6) число батарей, що заряджають одночасно, обмежується величиною струму зарядного агрегату й може досягати чотирьох-шести.

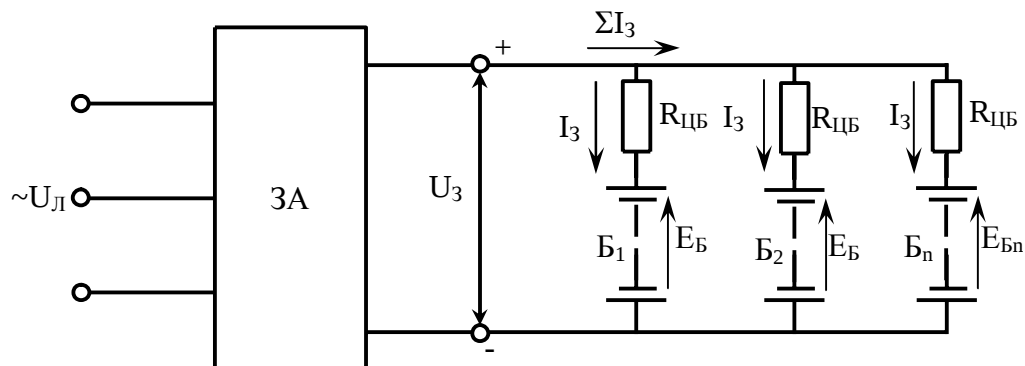


Рисунок 1.6 - Принципова схема заряду акумуляторних батарей при груповій зарядці паралельно включених батарей.

Режим зарядки акумуляторної батареї характеризується законом зміни зарядного струму [2], величина якого залежить від регульованої в процесі заряду напруги зарядного пристрою, росту е.д. с. батареї й зміни опору її ланцюга:

$$I_3 = \frac{U_3 - E_B}{R_{цб}} \quad (1.1)$$

Е.Р.С. батареї E_B під час зарядки збільшується, досягаючи до кінця зарядки величини $E_{БК}$, що визначається режимом, числом і типом акумуляторів.

Опір ланцюга батареї, що заряджається, $R_{цб}$, крім внутрішнього опору акумуляторів, містить у собі опір проводів, міжелементних з'єднань й у деяких випадках реостата. Внутрішній опір акумуляторів у процесі зарядки змінюється по досить складному законі, оскільки поляризація електродів викликає додатковий опір проходженню струму на границі електрод-електроліт. Опір акумуляторів зростає під час розрядки й падає під час зарядки. Величина опору залежить від зарядного струму, часу заряду й температури електроліту.

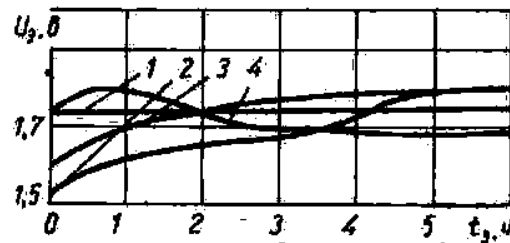
Е.Р.С. і внутрішній опір акумулятора в процесі зарядки змінюються одночасно, однак перша величина росте більшою мірою, чим зменшується друга. Внаслідок цього, якщо напруга зарядного пристрою залишається незмінною, зарядний струм I_3 у процесі зарядки убиває (характеристики 1 на рис. 1.7. а й б) [2]. Зарядку убутним струмом при постійній напрузі можна здійснити автоматично стабілізацією зарядної напруги.

Плавно збільшуючи, напругу що випрямляється U_3 за певним законом або зменшуючи опір ланцюга, можна домогтися, щоб величина струму в процесі зарядки не змінювалася. Такий режим називається режимом при постійній силі струму (характеристики 2 на рис. 1.7, а й б). У сучасних рудничних зарядних пристроях струм стабілізують автоматичним регулюванням зарядної напруги.

Проміжним між двома попередніми є метод зарядки акумуляторів при східчастій зміні струму зі стабілізацією його в межах кожного щабля (характеристики 3 на рис. 1.7).

Один з різновидів зарядки акумуляторів убутним струмом - зарядка з постійною швидкістю газовиділення. За виділенням газу можна вимірювати обсяг і швидкість реакцій і характеризувати стан (ступінь зарядженості) акумулятора. Характеристики зміни зарядного струму й напруги тягового залізо-нікелевого акумулятора при зарядці його в режимі постійного

газовиділення представлені на рис. 1.7, а та б кривими 4. У цьому випадку автоматично регулюється зарядка за допомогою вимірювального пристрою (витратоміра газу, що виділяється), що впливає на регулятор зарядного агрегату.



а



б

Рисунок 1.7 - Характеристики зміни зарядної напруги (а) і струму (б) при різних режимах зарядки акумуляторів.

Для всіх перерахованих методів зарядки, характеристики яких представлені на рис. 1.7, узятو приблизно однаковий час, протягом якого акумулятору передається номінальна ємність. Зарядка убутним струмом можлива без збільшення часу заряду за умови відповідного збільшення (форсировки) струму в початковій стадії зарядки.

Найбільше поширення одержали два методи зарядки лужних акумуляторів: зарядка при постійній силі струму й зарядка при постійній величині напруги. Перший метод рекомендується заводами-виготовлювачами електровозних акумуляторних батарей й є загальноприйнятим для тягових залізо-нікелевих і кадмі-нікелевих акумуляторів. Другий застосовується при груповій зарядці тягових батарей й акумуляторів для переносних світильників.

Практично зарядний струм убуває також при зарядці тягових акумуляторних батарей від випрямних пристроїв з більшим статизмом системи стабілізації.

Проблема оптимізації режиму зарядки тягових акумуляторних батарей не вичерпується зазначеними факторами. При оптимальному режимі час зарядки й втрати енергії повинні бути зведені до мінімуму, але без теплових перевантажень і скорочення терміну служби акумуляторів. Ці вимоги часто суперечать другові-другові. Так, наприклад, для застосування режиму зарядки убутиим струмом, оптимального по газовиділенню й енерговіддачі, потрібно або збільшувати струм у початковій стадії зарядки, або подовжувати час заряду. Останнє неприйнятно, тому що завдання скорочення часу зарядки в даний час придбали особливу актуальність.

По технологічних міркуваннях протягом зміни необхідно повністю зарядити батарею й підготувати її до роботи. Після закінчення зарядки потрібно якийсь час для остигання акумуляторів й установки батареї на електровоз. Тому збільшувати тривалість зарядки більше 6 годин небажано.

Застосування прискорених режимів заряду й збільшення струму в початковій стадії заряду принципово можливі при гарних умовах охолодження акумуляторів. Однак усяка форсировка зарядного струму викликає збільшене теплотворення в акумуляторі, що при звичайних умовах охолодження може привести до неприпустимого зростання температури електроліту (вище 45° С), коли нормальна робота лужного акумулятора порушується й різко скорочується строк його служби.

1.3 Схема електропостачання об'єкта автоматизації

Транспортування вугілля з лави по штреках здійснюється скребковими конвеєрами СП-202 (2 двигуни по 110 кВт) потужність електропривода 220 кВт, а по головних відкаточних штреках і квершлагам транспортування вугілля здійснюється електровозною відкаткою з акумуляторними електровозами АМ-8Д и однокінцевою відкаткою з потужністю електропривода 250 кВт. Для

зарядки акумуляторних батарей, обслуговування й ремонту електровозів обладнано електровозний гараж, для розвантаження (завантаження) вагонеток - штовхачі, перекидачі, живильники.

Дані, що характеризують електричні навантаження основних споживачів зарядної камери зведемо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика основних споживачів електровозного гаража

Найменування споживачу	Кількість	Потужність, кВт		Номінальний струм, А		Пускові струм, А	Коефіцієнт потужності
		Електро двигуна	Машини	Електро двигуна	Машини		
Кран	1	3.5	5.5	8	14	67	0.87
		2		6			
Батареї	4	14	56	155	155	450	0.86
Шламований насос	1	2	2	3.5	3.5	17	0.7
Освітлення			1.5				
Всього			65				

Повну розрахункову потужність (кВА) у гаражі визначаємо за формулою:

$$S_p = \frac{K_c \cdot \sum P_i}{\cos \varphi_{ср.зв}} = \frac{0.917 \cdot 65}{0.856} = 69.6 \text{ кВА}$$

де K_c – коефіцієнт попиту:

$$K_c = 0.4 + 0.6 \cdot \frac{P_{\max}}{\sum P_i} = 0.4 + 0.6 \cdot \frac{56}{65} = 0.917,$$

де $P_{\max}$ – номінальна потужність електродвигуна найбільш потужного споживача з урахуванням режиму його роботи, відповідаючого технологічному процесу, кВт.

$\sum P_i$ – сумарна встановлена номінальна потужність споживачів гаража, кВт;

$\cos \varphi_{ср.зв.}$ – середньозважений коефіцієнт потужності

$$\cos \varphi_{\text{ср.зв}} = \frac{P_1 \cos \varphi_1 + P_2 \cos \varphi_2 + P_3 \cos \varphi_3}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{5.5 \cdot 0.87 + 56 \cdot 0.86 + 2 \cdot 0.7}{5.5 + 56 + 2} = 0.856$$

За розрахунковою потужністю обираю трансформаторну підстанцію, виходячи з умови:

$$S_n \geq S_p,$$

де S_n – номінальна потужність трансформаторної підстанції.

Для живлення споживачів електровозного гаража, а також освітлення використовується трансформаторна підстанція ТСВП-100. Параметри трансформаторної підстанції ТСВП-100:

номінальна потужність – $S_{ном} = 100$ кВА;

напруга на первинній обмотці – $U_{вн} = 6$ кВ;

напруга на вторинній обмотці – $U_{нн} = 690$ В;

активний опір вторинної обмотки трансформатора – $R_{нн} = 0.0605$ Ом;

індуктивний опір вторинної обмотки трансформатора – $X_{нн} = 0.1553$ Ом.

Вибір кабелів

Марка кабелю визначається областю його застосування, яка регламентована ПБ. Для двигунів, які використовуються в електровозному гаражі та для трансформаторної підстанції приймаємо гнучкий екранований кабель марки КГЕШ.

Переріз кабелю за тривалим припустимим струмом навантаження ($I_{мп}$, А) обирають за умови:

$$k_n I_{мп} \geq I_p,$$

де k_n – поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, $k_n = 1$ при $t = 25^\circ\text{C}$; I_p – розрахунковий струм навантаження кабелю, А.

Для магістрального кабелю розрахунковий струм визначиться як

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{69.6}{\sqrt{3} \cdot 0,66} = 61.4 \text{ A}$$

Тоді

$$I_{mp} \geq \frac{61.4}{1.00} = 61.4 \text{ A.}$$

Приймаємо кабель ЭВБВ перерізом 3х16+1х6 мм² з $I_{\partial л} = 89 \text{ A}$.

Гнучкий кабель зарядних пристроїв:

$$I_p = I_n = 155 \text{ A.}$$

Переріз кабелю 3х35 мм² ($I_{\partial л} = 168 \text{ A}$).

$$1 \cdot 168 > 155.$$

Остаточно приймаємо кабель КГЕШ 3х35 мм² з $I_{\partial л} = 168 \text{ A}$.

Гнучкий кабель двигунів крану:

$$I_p = I_n = 8 \text{ A.}$$

Переріз кабелю 3х6 мм² ($I_{\partial л} = 58 \text{ A}$).

$$1 \cdot 58 > 8.$$

Приймаємо кабель марки КГЕШ 3х6 мм² з $I_{\partial л} = 58 \text{ A}$.

Привідний двигун шламового насосу:

$$I_p = I_n = 3.5 \text{ A.}$$

Переріз кабелю 3х6 мм² ($I_{\partial л} = 58 \text{ A}$).

$$1 \cdot 58 > 3.5.$$

Приймаємо кабель марки КГЕШ 3х6 мм² з $I_{\partial л} = 58 \text{ A}$.

Приймаємо наступні кабелі:

- Магістральний кабель - ЭВБВ 3х35+1х16;
- Гнучкий кабель зарядних пристроїв - КГЭШ 3х35;
- Гнучкий кабель привода двигунів крану - КГЭШ 3х6;
- Гнучкий кабель привода двигуна шламового насоса - КГЭШ 3х6.

Розрахунок струмів короткого замикання

Визначаємо струми двохфазного та трьохфазного короткого замикання. Струми трьохфазного к.з. необхідні для перевірки комутаційних апаратів за вимикальною здатністю та кабелів за термічною стійкістю. Струми двохфазного к. з. необхідні для перевірки надійності відключення пошкодженої електричної мережі максимальним струмовим захистом.

Струм трьохфазного к. з. визначають за формулою:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot U_N}{2 \cdot Z_\phi}, \text{ А.}$$

Струм двохфазного к.з. визначають за формулою:

$$I_{к.з.}^{(2)} = \frac{0,95 \cdot U_N}{2 \cdot Z_\phi}, \text{ А.}$$

Повний опір в мережах низької напруги визначають за формулою:

$$Z_\phi^H = \sqrt{(X_c + X_{TP} + \sum X_K)^2 + (R_c + R_{TP} + \sum R_K)^2},$$

де X_c ; R_c – індуктивний та активний опір високовольтної мережі, приведені до вторинної обмотки трансформатора, Ом. Приймаємо $R_c=0$, $X_c=0$ тому що потужність трансформатора менше за 400 кВА.

X_m , R_m – індуктивний та активний опір трансформатора, Ом; $X_{mp} = 0.1553$ Ом, $R_{mp} = 0.0605$ Ом.

$\sum X_K$, $\sum R_K$ – суммарний індуктивний та активний опір кабелів, Ом.

Струм трифазного к. з. на зажимах ПУПП:

$$Z_\phi = \sqrt{0,0605^2 + 0,1553^2} = 0,167 \text{ Ом};$$

$$I_{к.з. max}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 690}{\sqrt{3} \cdot 0,167} = 2624 \text{ А.}$$

Розрахунок струму к. з. на зажимах автоматичного вимикача. Опір ланцюга збільшується на значення опору магістрального кабеля.

$$X_K = X_{y0} \cdot L_K = 0.069 \cdot 0.1 = 0.0069 \text{ Ом.}$$

$$R_K = R_{y\partial} \cdot L_K = 0.524 \cdot 0.1 = 0.0524 \text{ Ом.}$$

$$Z_\phi = \sqrt{(0.0605 + 0.0524)^2 + (0.1553 + 0.0069)^2} = 0.24 \text{ Ом.}$$

$$I_{K.3.max}^{(3)} = \frac{11 \cdot 690}{\sqrt{3} \cdot 0.24} = 1826 \text{ А.}$$

Таким чином кабель ЭБВБ перерізом 3х35+1х16 мм² за термічною стійкістю задовольняє, тому що припустимий струм більший за струм трьохфазного короткого замикання.

Розрахунок 2^x-фазного струму короткого замкнення на зажимах автоматичного вимикача:

$$I_{K.3.min}^{(2)} = \frac{0.95 \cdot 690}{2 \cdot 0.24} = 1366 \text{ А.}$$

Розрахунок струму короткого замкнення на зажимах зарядних пристроїв:
1 зарядний пристрій

$$Z_\phi^H = \sqrt{(X_C + X_K^B)^2 + (R_{CYB} + R_K^B + R_{KOH})^2},$$

де X_C , R_C – індуктивний та активний опір мережі до автоматичного вимикача, Ом; $X_C = 0.1622$ Ом, $R_C = 0.1129$ Ом.

X_K^B , R_K^B – індуктивний та активний опір кабелю до зарядного пристрою, Ом.

$$X_K^B = X_{y\partial}^B \cdot L_K^B = 0.084 \cdot 0.03 = 0.0025 \text{ Ом.}$$

$$R_K^B = R_{y\partial}^B \cdot L_K^B = 0.539 \cdot 0.03 = 0.0162 \text{ Ом.}$$

R_{KOH} – сумарний перехідний опір контактів та елементів апаратів. Приймаю 0,005 Ом на один комутаційний апарат.

$$Z_\phi = \sqrt{(0.1622 + 0.0025)^2 + (0.1129 + 0.0162 + 0.01)^2} = 0.216 \text{ Ом.}$$

Розрахунок 2^x-фазного струму короткого замкнення

$$I_{K.3.min}^{(2)} = \frac{0.95 \cdot 690}{2 \cdot 0.216} = 1517 \text{ А.}$$

2 зарядний пристрій

Індуктивний та активний опір кабелю до зарядного пристрою

$$X_{\kappa}^B = X_{y\partial}^B \cdot L_{\kappa}^B = 0.084 \cdot 0.028 = 0.0024 \text{ Ом.}$$

$$R_{\kappa}^B = R_{y\partial}^B \cdot L_{\kappa}^B = 0.539 \cdot 0.028 = 0.015 \text{ Ом.}$$

$R_{\text{кон}}$ – сумарний перехідний опір контактів та елементів апаратів. Приймаю 0,005 Ом на один комутаційний апарат.

$$Z_{\phi} = \sqrt{(0.1622 + 0.0024)^2 + (0.1129 + 0.015 + 0.01)^2} = 0.215 \text{ Ом.}$$

Розрахунок 2^x-фазного струму короткого замкнення

$$I_{\kappa.з.min}^{(2)} = \frac{0.95 \cdot 690}{2 \cdot 0.215} = 1524 \text{ А}$$

3 зарядний пристрій

Індуктивний та активний опір кабелю до зарядного пристрою

$$X_{\kappa}^B = X_{y\partial}^B \cdot L_{\kappa}^B = 0.084 \cdot 0.026 = 0.0022 \text{ Ом.}$$

$$R_{\kappa}^B = R_{y\partial}^B \cdot L_{\kappa}^B = 0.539 \cdot 0.026 = 0.014 \text{ Ом.}$$

$R_{\text{кон}}$ – сумарний перехідний опір контактів та елементів апаратів. Приймаю 0,005 Ом на один комутаційний апарат.

$$Z_{\phi} = \sqrt{(0.1622 + 0.0022)^2 + (0.1129 + 0.014 + 0.01)^2} = 0.214 \text{ Ом.}$$

Розрахунок 2^x-фазного струму короткого замкнення

$$I_{\kappa.з.min}^{(2)} = \frac{0.95 \cdot 690}{2 \cdot 0.214} = 1532 \text{ А}$$

4 зарядний пристрій

Індуктивний та активний опір кабелю до зарядного пристрою

$$X_{\kappa}^B = X_{y\partial}^B \cdot L_{\kappa}^B = 0.084 \cdot 0.024 = 0.0020 \text{ Ом.}$$

$$R_{\kappa}^B = R_{y\partial}^B \cdot L_{\kappa}^B = 0.539 \cdot 0.024 = 0.013 \text{ Ом.}$$

$R_{\text{кон}}$ – сумарний перехідний опір контактів та елементів апаратів. Приймаю 0,005 Ом на один комутаційний апарат.

$$Z_{\phi} = \sqrt{(0.1629 + 0.002)^2 + (0.1755 + 0.013 + 0.01)^2} = 0.214 \text{ Ом.}$$

Розрахунок 2^x-фазного струму короткого замкнення

$$I_{\kappa.з.min}^{(2)} = \frac{0,95 \cdot 690}{2 \cdot 0.214} = 1532 \text{ A}$$

Розрахунок струму короткого замкнення на зажимах електродвигуна крану.

X_{κ}^K , R_{κ}^K – індуктивний та активний опір кабеля до, електродвигуна крану Ом.

$$X_{\kappa}^K = X_{y\partial}^K \cdot L_{\kappa}^K = 0.095 \cdot 0.12 = 0.0114 \text{ Ом.}$$

$$R_{\kappa}^K = R_{y\partial}^K \cdot L_{\kappa}^K = 3.1 \cdot 0.12 = 0.372 \text{ Ом.}$$

$R_{кон}$ – сумарний перехідний опір контактів та елементів апаратів.
Приймаю 0,005 Ом на один комутаційний апарат.

$$Z_{\phi} = \sqrt{(0.1622 + 0.0114)^2 + (0.1129 + 0.372 + 0.01)^2} = 0.496 \text{ Ом.}$$

Розрахунок 2^x-фазного струму короткого замкнення

$$I_{\kappa.з.min}^{(2)} = \frac{0,95 \cdot 690}{2 \cdot 0.496} = 661 \text{ A.}$$

Розрахунок струму короткого замкнення на зажимах електродвигуна шламового насосу.

X_{κ}^H , R_{κ}^H – індуктивний та активний опір кабеля до електродвигуна шламового насосу, Ом.

$$X_{\kappa}^H = X_{y\partial}^H \cdot L_{\kappa}^H = 0.095 \cdot 0.065 = 0.0062 \text{ Ом.}$$

$$R_{\kappa}^H = R_{y\partial}^H \cdot L_{\kappa}^H = 3.1 \cdot 0.065 = 0.202 \text{ Ом.}$$

$R_{кон}$ – сумарний перехідний опір контактів та елементів апаратів.
Приймаю 0,005 Ом на один комутаційний апарат.

$$Z_{\phi} = \sqrt{(0.1622 + 0.0062)^2 + (0.1129 + 0.202 + 0.01)^2} = 0.366 \text{ Ом.}$$

Розрахунок 2^x-фазного струму короткого замкнення

$$I_{\kappa.з.min}^{(2)} = \frac{0,95 \cdot 690}{2 \cdot 0.366} = 895 \text{ А.}$$

Вибір комутаційних апаратів.

Комутаційні апарати обирають по ряду умов, основним з яких є відповідність номінальних струмів апарата й пристрою, що відключає. У якості низьковольтних комутаційних апаратів приймаємо пускачі:

для зарядного пристрою - тип пускача ПРВИ-250;

для двигунів крану КЕД-7 – тип ПВИ-25БТ;

для двигуна шламового насосу – тип ПВИ-25БТ;

Для захисту встановленого встаткування приймається автоматичний вимикач типу АВ-315Р, з убудованим вимикачем типу АЗ732.

Після вибору комутаційних апаратів визначимо уставки максимального струмового захисту та захисту від перенавантаження.

Величина струму спрацьовування МТЗ для зарядного пристрою визначається по наступній залежності:

$$I_{CP} \geq 1.5I_H$$

де I_H – номінальний струм заряду, $I_H=155 \text{ А}$.

Величина струму спрацьовування МТЗ для шламового насосу визначається по наступній залежності:

$$I_{CP} \geq 1.5I_H$$

де I_H – номінальний струм, $I_H=3.5 \text{ А}$.

Величина струму спрацьовування МТЗ для приводного двигуна крану визначається по залежності:

$$I_{CP} \geq \Sigma I_{н.п.}$$

де $I_{н.п.}$ - номінальний пусковий струм двигуна, А.

Для перевірки надійності спрацьовування захисту необхідно розрахувати коефіцієнт чутливості:

$$K_q = \frac{I_{K.3.min}^{(2)}}{I_y} \geq 1.5$$

Також необхідно розрахувати уставку захисту від перевантаження, для цього використається формула:

$$U = \frac{I_{н.д}}{I_{н.пускателя}},$$

де $I_{н.д.}$, $I_{н.пускателя}$ - номінальні струми двигуна й пускача, А.

Розрахунки по даних формулах зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 - Розрахунок уставок захисту

Споживач	$I_{н.д.}$ А	$I_{пуск}$, А	$I_{кз}^{(2)}$ А	$I_{уст}$, А	$I_{н.пускателя}$ А	K_q	Уставка ПМЗ, дел	Уставка ТЗП
Батарея	155	450	1532	500	250	3.06	1	0.62
Двигун крану	14	67	661	75	25	8.8	2	0.56
Двигун шламового насосу	3.5	17	895	62	25	14.4	1	0.14

Таким чином, обрані уставки відповідають пропонованим до них вимогам.

2 Критичний огляд відомих технічних рішень

2.1 Огляд відомих рудничних пристроїв заряду акумуляторних батарей.

У сучасних умовах для шахтного електровозного транспорту використовуються, як правило, напівпровідникові випрямлячі. Вони відрізняються простотою обслуговування, довговічністю, високим к.к.д. і високими санітарно-гігієнічними показниками.

Для зарядки електровозних акумуляторних батарей на шахтах застосовували зарядні пристрої з металевими ртутними випрямлячами ЗУ-3, селенові зарядні випрямлячі ВСЗШ-70/36, зарядні пристрої з германієвими вентилями ЗУГ-174-90. Зараз застосовують пристрої із кремнієвими вентилями типу ЗУК-75/120 і ЗУК-155/230. Всі перераховані типи зарядних агрегатів мають автоматичну стабілізацію, струму що випрямляється, й призначені для індивідуального заряду акумуляторних батарей.

Селенові зарядні випрямлячі ВСЗШ-70/36 були зняті з виробництва у зв'язку рядом недоліків, серед яких можна виділити наступні:

- велика вага й габарити;
- старіння (зміни характеристик випрямлячів із часом);
- порівняно низький к.к.д. (особливо при напругах понад 120 В);
- необхідність масляного заповнення ускладнює експлуатацію й збільшує небезпеку пожежі;
- дроселі насичення в ланцюзі первинної обмотки трансформатора не є найбільш раціональними силовими регулюючими елементами (на їхнє виготовлення потрібно порівняно більші витрати активних матеріалів).

Зарядні випрямлячі з германієвими вентилями в рудничному виконанні (тип ЗУГ-174-90) випускався Саранським заводом «Электровыпрямитель» [2].

Як силові елементи в схемі ЗУГ-174-90 застосовані три однофазних трансформатори, регульовані підмагнічуванням шунтів ТРПШ. До вторинних обмоток силових трансформаторів приєднані випрямні блоки, які зібрані з

Германієвих або кремнієвих діодів (типу ВГ-50 або ВК-50) по трифазній мостовій схемі.

Істотний недолік конструкції зарядних пристроїв ЗУГ-174-90-застосування громіздких трансформаторів з шунтами, що підмагнічуються. Крім того, система автоматичної стабілізації струму зарядного пристрою ЗУГ-174-90 забезпечує найменшу точність регулювання ($\pm 10\%$) у порівнянні з іншими рудничними зарядними пристроями. Як показали промислові випробування, значне зменшення струму зарядки батареї приводить до порушень режиму й збільшенню часу заряду.

Рудничні зарядні пристрої із кремнієвими вентилями серії ЗУК випускаються Запорізьким електроапаратним заводом. Пристрій ЗУК-75/120 застосовують для зарядки акумуляторних батарей малогабаритних електровозів (до 4,5 т), а ЗУК-155/230 - для акумуляторних батарей 8-13-тонних рудничних електровозів.

Обидва типи зарядних пристроїв серії ЗУК мають аналогічні електричні схеми (рис. 2.1) [2].

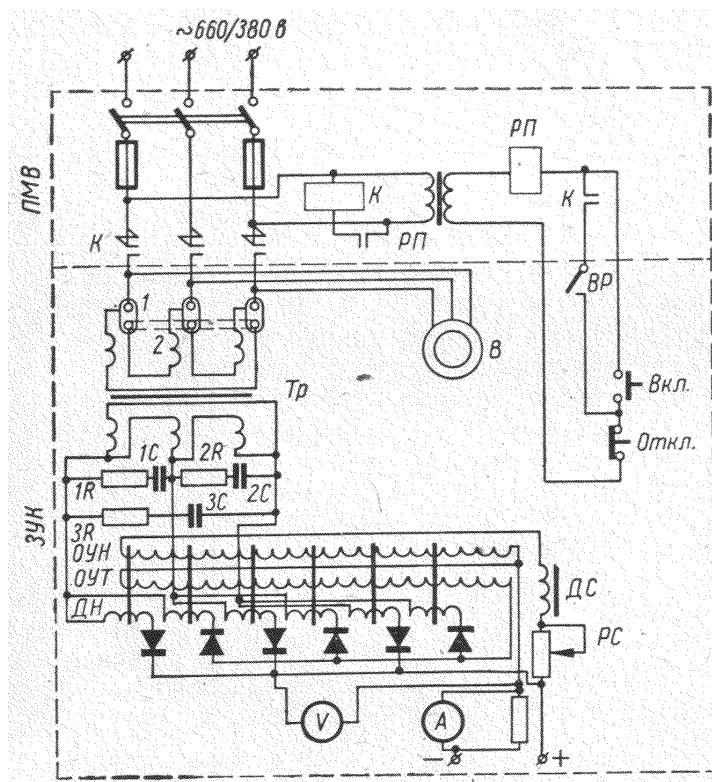


Рисунок 2.1 – Електрична схема зарядного пристрою серії ЗУК

Принцип дії їх ґрунтується на використанні регулювальних властивостей силового магнітного підсилювача й випрямного моста на кремнієвих вентилях. Випрямляч запитується через розділовий трансформатор T_r від шахтної мережі 380 або 660 В. Вторинну напругу трансформатора можна східчасто змінювати відповідно до типу батарей, що заряджаються, перемиканням відпайок. Дроселі, що самонасичуються, ДН забезпечують плавне регулювання випрямленої напруги. На відміну від відомих раніше схем рудничних зарядних пристроїв із дроселями насичення, у розглянутій схемі робочі обмотки силових дроселів включені в ланцюзі силових вентилів. Це дає можливість використати ефект самонасичення й при однаковому передатному коефіцієнті системи регулювання приблизно в 30 разів зменшити масу основної обмотки керування. Дві обмотки керування - паралельна (основна) ОУН і послідовна (обмотка зворотного зв'язку по струму) ОУТ - охоплюють всі шість сердечників дроселів магнітного підсилювача й включені між собою зустрічно, щоб забезпечити автоматичну стабілізацію зарядного струму.

Напівпровідниковий випрямляч із автоматичною стабілізацією випрямленого струму за даною схемою можна розглядати як трифазний магнітний підсилювач із внутрішнім позитивним і зовнішнім негативним зворотним зв'язками по струму й позитивному зворотному зв'язку по напрузі. Однак істотна особливість магнітопідсилювального елемента зарядного пристрою полягає в тім, що він розрахований на невелику глибину регулювання зарядної напруги (20-25%).

При фіксованому випрямленому струмі від розрахункової глибини регулювання в значній мірі залежать габарити й типова потужність дроселів магнітного підсилювача. Крім того, розглянута система стабілізації струму напівпровідникового зарядного пристрою відрізняється тим, що в ній послідовно в ланцюг випрямленого струму включається обмотка керування ОУТ. За допомогою цієї обмотки здійснюється негативний зворотний зв'язок по струму й зсув характеристики вхід-вихід силового магнітопідсилювального елемента. Завдяки цьому можна повністю використати діапазон регулювання

дроселів, що самонасичуються, не змінюючи полярності струму в паралельній (основний) обмотці керування й не застосовуючи спеціальної обмотки зсуву.

У схемі зарядного пристрою передбачена спільна робота з реле витоку зарядного ланцюга РУВ-зар (на рис. 2.1. не вказано). Захист від струмів короткого замикання здійснюється плавкими запобіжниками, убудованими в магнітний пускач (ПМВ-1331 для ЗУК-75/120 і ПМВ-1357А для ЗУК-155/230). Для запобігання пробією кремнієвих діодів внаслідок комутаційних перенапруг на вході вентиляного блоку включені ланцюжки RC.

Завдяки більш раціональній схемі й конструкції зарядні пристрої серії ЗУК по енергетичних і конструктивних показниках значно перевершують існуючі рудничні зарядні пристрої з некерованими напівпровідниковими вентилями і є основними типами зарядних пристроїв, застосовуваних зараз при проектуванні зарядних перетворювальних підстанцій вугільних шахт.

2.2 Огляд перспективних розробок в області винаходів пристроїв заряду акумуляторних батарей

Далі розглянемо ряд зарядних пристроїв, розроблених різними винахідниками. На дані винаходи існують тільки авторські посвідчення.

Пристрій для заряду акумуляторної батареї №1.

Винахід відноситься до області силової перетворювальної техніки й може знайти широке застосування в пристроях прискореного заряду акумулятора постійним або асиметричним струмом. На рисунку 2.2 наведено схему пристрою [15 АС].

Пристрій містить тиристори 1—7, трансформатор 8, дросель 9, вузол формування негативних розрядних імпульсів струму 10 й акумуляторну батарею 11.

У даному пристрої з метою усунення таких недоліків як низький коефіцієнт потужності й К.К.Д., які мали місце в попередніх розробках, було запропоноване наступне - дросель, що згладжує, постачений відпайкою, підключеної до одного з виходів мостового випрямляча, а нульова крапка

вторинної обмотки трансформатора зв'язана з вільним кінцем дроселя через додатковий тиристор.

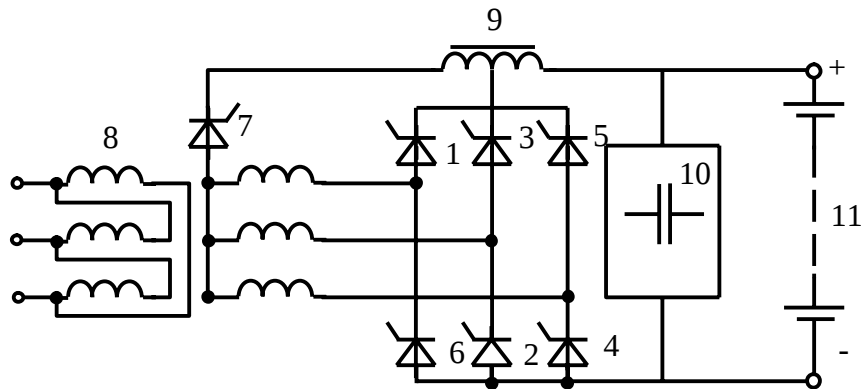


Рисунок 2.2 – Схема пристрою для заряду акумуляторної батареї.

Даний дросель працює у двох режимах. У режимі форсованого заряду тільки частина дроселя, включена між випрямлячем і вихідною клемою, робить згладжування до необхідного рівня постійного зарядного струму підвищеної щільності. А при досягненні акумуляторної батареї 80-90% номінальної зарядної ємності й підвищення її е.д.с. до напруги газоутворення й «кипіння» відключається вузол формування негативних розрядних імпульсів струму 10 і перемикаються керуючі імпульси з тиристорів 1, 3, 5 на тиристор 7. При роботі тільки тиристорів 2, 4, 6, 7 трифазний мостовий випрямляч переходить у режим роботи трифазного мостового випрямляча зі зниженою випрямною напругою.

Згладжування випрямленого струму в цьому режимі заряду забезпечується вже не частиною, а всією індуктивністю дроселя, що згладжує, 9.

Пристрій для заряду акумуляторної батареї №2

Винахід відноситься до пристроїв для регулювання зарядного струму акумуляторів. Він може бути використаний на підприємствах, що експлуатують електротранспортні засоби з тяговими акумуляторними батареями, або для заряду акумуляторів рухливого состава. Крім того, зазначений пристрій може бути застосоване для гальванічного осадження металів. На рисунку 2.3 представлена схема даного пристрою [16 АС].

Метою винаходу є підвищення надійності, ККД, спрощення схеми й скорочення часу заряду.

Із цією метою широтно-імпульсний перетворювач включений між джерелом живлення й анодами зарядного й розрядного тиристорів, а клема акумуляторної батареї з'єднана з виходом перетворювача й мінусом джерела живлення через діоди, підключені в зустрічному напрямку до перетворювача.

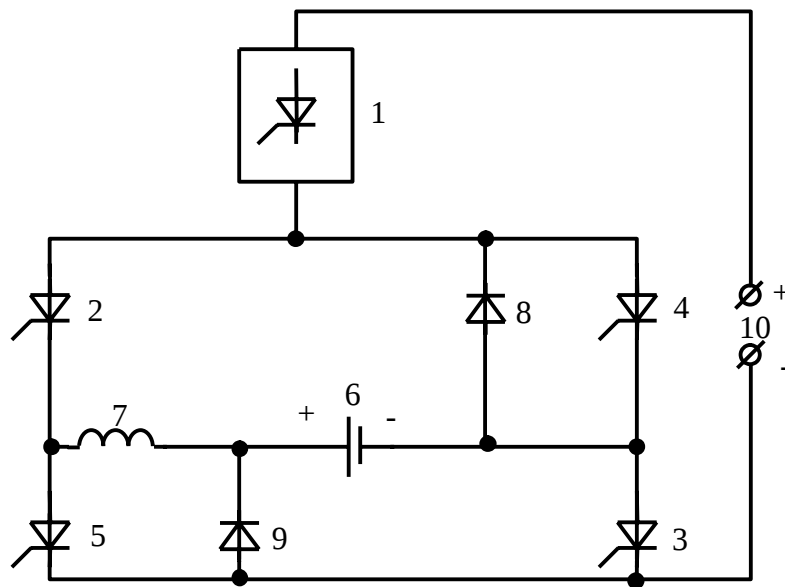


Рисунок 2.3 – Схема пристрою для заряду акумуляторної батареї

Даний пристрій містить у собі імпульсний перетворювач 1, зарядні тиристори 2 й 3, розрядні тиристори 4 й 5. У діагональ моста, утвореного зазначеними тиристорами, включені послідовно з'єднані акумуляторна батарея 6 і реактор, що згладжує, 7. Зустрічно паралельно тиристорі 4 включений зворотний діод 8; тиристор 5 і реактор 7 охоплені зворотним діодом 9. Пристрій підключається до джерела живлення 10 постійний або змінний струми.

Переваги пропонованого пристрою полягають у можливості реалізації режимів заряду струмом асиметричної форми при практично будь-яких співвідношеннях тривалостей струмів заряду й розряду, поліпшення форми струму батареї, що приводить до зниження втрат у ній і підвищенню ККД на 25-30%.

Пристрій для заряду акумуляторної батареї №3

Винахід відноситься до електротехніки й може бути використаний для підвищення ефективності заряду акумуляторних батарей і запобігання батарей від перезаряду. Відомі зарядні пристрої, використовувані для підвищення ефективності заряду акумуляторних батарей і запобігання їх від перезаряду. Принципова схема пристрою представлена на рисунку 2.9 [17 АС].

Метою винаходу є підвищення ефективності використання джерела зарядного струму.

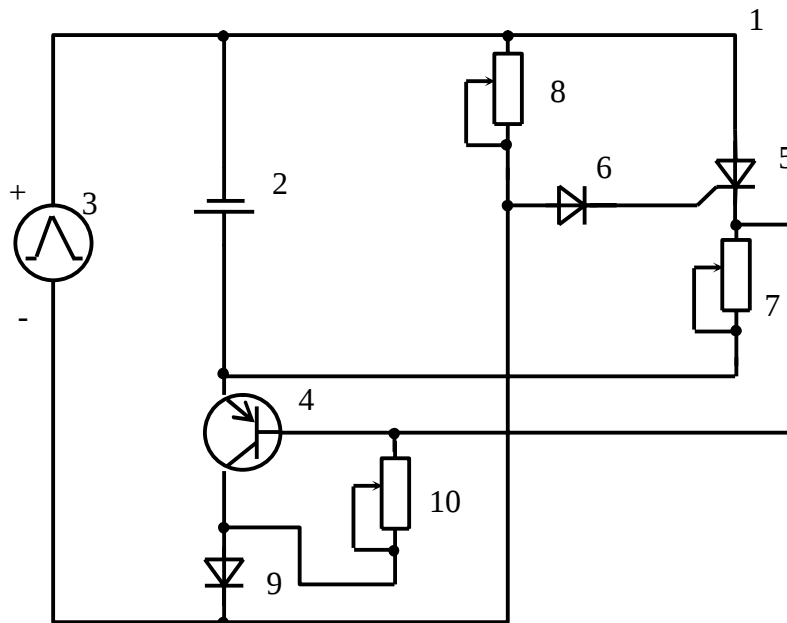


Рисунок 2.4 – Принципова схема пристрою для заряду акумуляторної батареї.

Дана мета досягається тим, що в даному пристрої між одним резистором і керуючим електродом тиристора додатково включений буферний діод, анод якого з'єднаний з іншим затискачем джерела зарядного струму.

Пристрій містить загальний провід 1, акумуляторну батарею 2, джерело 3, блок контролю й керування ключовим транзистором 4, що складається з тиристора 5, буферного діода 6, резисторів 7 й 8, захисний діод 9 і резистор 10.

У початковій стадії заряду батареї 2 тиристор 5 замкнений, а транзистор 4 відмикається на кожному імпульсі джерела 3 за рахунок подачі в базовий ланцюг напруги, що відмикає, через захисний діод 9 і резистор 10. Опору резисторів 7 й 8 встановлюються такими, щоб при досягненні напругою батареї

номінальної величини відбувалося відмикання тиристорів. При цьому ключовий транзистор переходить у непровідний стан. Заряд батареї припиняється.

Резистор 10 дозволяє регулювати значення зарядного струму.

Даний пристрій забезпечує однократне за весь зарядний цикл відключення тиристора, що дозволяє поліпшити формулу зарядного струму й повніше використати енергію імпульсів зарядного джерела.

Апаратура автоматизації КДРТ.02 призначена для автоматичного відбору, передачі та представлення інформації про місцезнаходження рудникових електровозів на мнемощит підземному транспортному диспетчеру. А також для частотного управління стрілочними переводами і апаратурою безпеки з кабіни електровозу.

Комплекс КДРТ забезпечує виконання таких основних функцій:

- частотне управління стрілочними переводами і апаратурою безпеки з кабіни машиністу;
- прийом та обробка інформації про номер та напрямок руху електровозу;
- передача інформації про номер ділянок, про номер та напрямок руху електровозу диспетчеру;
- відображення інформації на мнемощиті диспетчера.

3 Обґрунтування напрямку автоматизації

Підземна електровозна відкатка складається з наступних основних елементів:

- 1) рухливого составу (електровози й вагони);
- 2) тягової мережі або акумуляторної батареї, від яких здійснюється живлення електровоза;
- 3) перетворювальної (тягової або зарядної) підстанції.

Для живлення тягових двигунів як контактних, так й акумуляторних електровозів потрібен постійний струм. У першому випадку перетворення змінного струму в постійний виробляється випрямлячами тягових підстанцій, від яких запитується тягова мережа. У другому випадку перетворювачі використовуються для заряду тягових акумуляторних батарей.

Тягові й зарядні перетворювачі можуть відрізнятися за: виконанням; схемою випрямлення; типами застосовуваних вентилів, способами їхнього охолодження; захисту від струмів короткого замикання й перевантажень; регулюванням напруги; рівнем автоматизації.

Для заряду акумуляторних батарей застосовують зарядні пристрої, що складаються із трансформатора, випрямляча, апаратури регулювання й контролю; крім того, для заряду й переміщення батарей служать різні допоміжні пристосування у вигляді механізованих зарядних стовбурів, кран-балок, мостових кранів і т.п. У більшості випадків перетворювальна (випрямна) підстанція й допоміжні зарядні пристрої розташовуються в окремих камерах. Зарядні перетворювачі (зарядні пристрої) установлюють у камері перетворювальної підстанції електровозного гаража. Для обслуговування акумуляторних батарей зарядні камери забезпечуються промивними машинами, заливальними апаратами й спеціальними розрядними пристроями. Устаткування зарядних камер повинне бути вибухобезпечним або підвищеної надійності.

Перетворювальний агрегат (випрямляч, іноді випрямляч-інвертор) представляє собою комплектну установку, у яку входять вентиляльний блок із системою охолодження, перетворювальний трансформатор, захисно-комутаційна апаратура, вимірювальні прилади, пристрої автоматики й сигналізації.

Істотним фактором, що визначає вибір схеми керування тягового або зарядного випрямляча, є система обслуговування перетворювальної підстанції. На підстанціях без постійного обслуговуючого персоналу повинні застосовуватися автоматизовані випрямлячі.

У сучасних умовах для шахтного електровозного транспорту використовуються, як правило, напівпровідникові випрямлячі. Для напівпровідникових випрямлячів можуть бути використані різні схеми випрямлення й способи регулювання напруги. Оскільки одинична потужність рудничних тягових і зарядних агрегатів порівняно велика (десятки кіловатів), у них застосовують трифазні випрямлячі. Число тактів схеми випрямлення може бути дорівнювати або кратний числу фаз випрямляча. Для зменшення пульсацій випрямленого струму й поліпшення енергетичних показників у потужних випрямлячах використовують схеми випрямлення із числом тактів не менш шести. У рудничних тягових і зарядних агрегатах набули переважного застосування такі схеми випрямлення як: трифазна мостова й шестифазна нульова — дві зворотні зірки зі зрівняльним реактором. Остання може використовуватися переважніше при більших номінальних струмах (1000 А и вище) і порівняно низькій випрямленій напрузі [1].

Для розроблювальних рудничних тягових і зарядних агрегатів з напівпровідниковими вентилями, як правило, використовують трифазну мостову схему випрямлення. Дана схема має наступні переваги в порівнянні з нульовими: у трифазній мостовій схемі зворотна напруга на вентилях в 2 рази менше, що дозволяє застосовувати вентиля більш низьких класів; типова потужність трансформатора приблизно на 25% менше, ніж при шестифазній нульовій.

Недолік мостової схеми - струм кожен напівперіод послідовно проходить через

вентилі двох плечей, що приводить до деякого збільшення втрат. Однак при номінальній випрямленій напрузі вище 200 В зниження ККД, випрямляча за рахунок втрат у вентилях незначно.

Випрямлячі для шахтного транспорту переважно виконують на некерованих напівпровідникових діодах. Нові розробки рудничних тягових і зарядних перетворювачів передбачають використання в їхніх схемах керованих силових кремнієвих вентилів-тиристорів, які забезпечують функції регулювання й швидкодіючої комутації струму.

Виходячи із цих вимог і насамперед вимоги надійності, що має особливе значення в шахтних умовах, у ряді випадків виявилось доцільним застосування на рудничному транспорті напівпровідникових діодних випрямлячів з електролітними регулюючими пристроями.

Регулювання напруги з високими енергетичними показниками можна здійснити зміною вторинної напруги перетворювального трансформатора, наприклад, за рахунок перемикання числа витків його обмоток. Однак у цьому випадку необхідно перемикаючий пристрій, що у безконтактному виконанні досить складно, а наявність перемикаючих контактів у шахтних випрямлячах небажано й у більшості випадків неприпустимо. Такі перемикачі можуть забезпечити дискретну зміну напруги й для зарядних випрямлячів використовуються звичайно в сполученні з іншими, наприклад електромагнітними пристроями, що забезпечують плавне регулювання в межах кожного щабля. Для цих цілей знайшли застосування електромагнітні регулятори напруги на основі дроселів насичення й трансформаторів з підмагнічуванням.

Конструкції напівпровідникових випрямних установок у значній мірі залежать від прийнятої системи охолодження. У рудничних тягових і зарядних перетворювачах застосовують або природне, або примусове повітряне охолодження. В останньому випадку в перетворювач вбудовується вентилятор, що створює тепловідвідний потік повітря зі швидкістю 5 - 10 м/с. Вентилятор є одним з найбільш ненадійних елементів статичного перетворювача. Застосування

примусового охолодження пов'язане з певними витратами потужності на привод вентилятора, створенням аеродинамічного шуму й ускладненням експлуатації.

Природне охолодження безшумно, більш надійно й зручно в експлуатації, не вимагає витрат потужності на охолодження. Однак менш інтенсивний тепловідвід при природному охолодженні знижує коефіцієнт використання напівпровідникових вентилів по струму, що приводить до збільшення вартості, обсягу й маси вентиляного блоку й перетворювачів у цілому.

З урахуванням значного зниження вартості силових напівпровідникових вентилів у міру розвитку їхнього виробництва для рудничних тягових і зарядних перетворювачів, які експлуатуються, як правило, без постійного обслуговуючого персоналу, природне повітряне охолодження переважніше, незважаючи на зазначені його недоліки.

Подальше поліпшення конструктивних й експлуатаційних показників рудничних тягових і зарядних випрямлячів можливо на основі застосування в них силових керованих вентилів (тиристорів і симисторів) для регулювання й безконтактної комутації. Повністю керовані перетворювачі можуть працювати в режимі інвертора. Такі агрегати можуть бути використані як розрядні пристрої тягових акумуляторів з віддачею енергії в мережу.

У зв'язку з тим, що подальше поліпшення конструктивних й експлуатаційних показників зарядних випрямлячів можливо на основі застосування в них силових керованих вентилів (тиристорів) для регулювання й безконтактної комутації, то для модернізації зарядного пристрою типу ЗУК-155/230М може бути запропонована заміна некерованих вентилів і магнітного підсилювача в ланцюгах вентилів на керовані тиристори, включені по 6-фазній нульовій схемі.

Виробництво потужних тиристорів дозволило створити на їхній базі керовані випрямлячі, які знаходять все більше застосування в електроприводах постійного струму. До достоїнств тиристорних перетворювачів можна віднести наступні:

- високий ККД, мала енергоємність;

- відсутність контактних перемикачів;
- висока надійність;
- висока швидкодія, що дозволяє підвищити продуктивність робочих механізмів;
- миттєва готовність до роботи;
- широкий діапазон робочих температур;
- малі масогабаритні показники.

У даний час тиристорні перетворювачі зайняли провідне місце серед регульованих перетворювачів електричної енергії. Роста одинична потужність, розширюється область застосування перетворювачів. Відповідно розвивається й удосконалюється техніка керування ними.

Силова частина й система керування є головними складовими частинами перетворювача. Процеси, що відбуваються в них, невіддільні одне від одного й взаємообумовлені.

Основні вимоги по поліпшенню технічних характеристик тиристорних перетворювачів - підвищення надійності, поліпшення енергетичних показників, зменшення перекручувань у живильній мережі, поліпшення динамічних властивостей - не можуть бути виконані без дослідження питань теорії систем керування.

4 Алгоритмізація системи автоматизації

Алгоритм функціонування розроблювального пристрою можна представити виді блоку схеми представленої на рисунку 4.1.

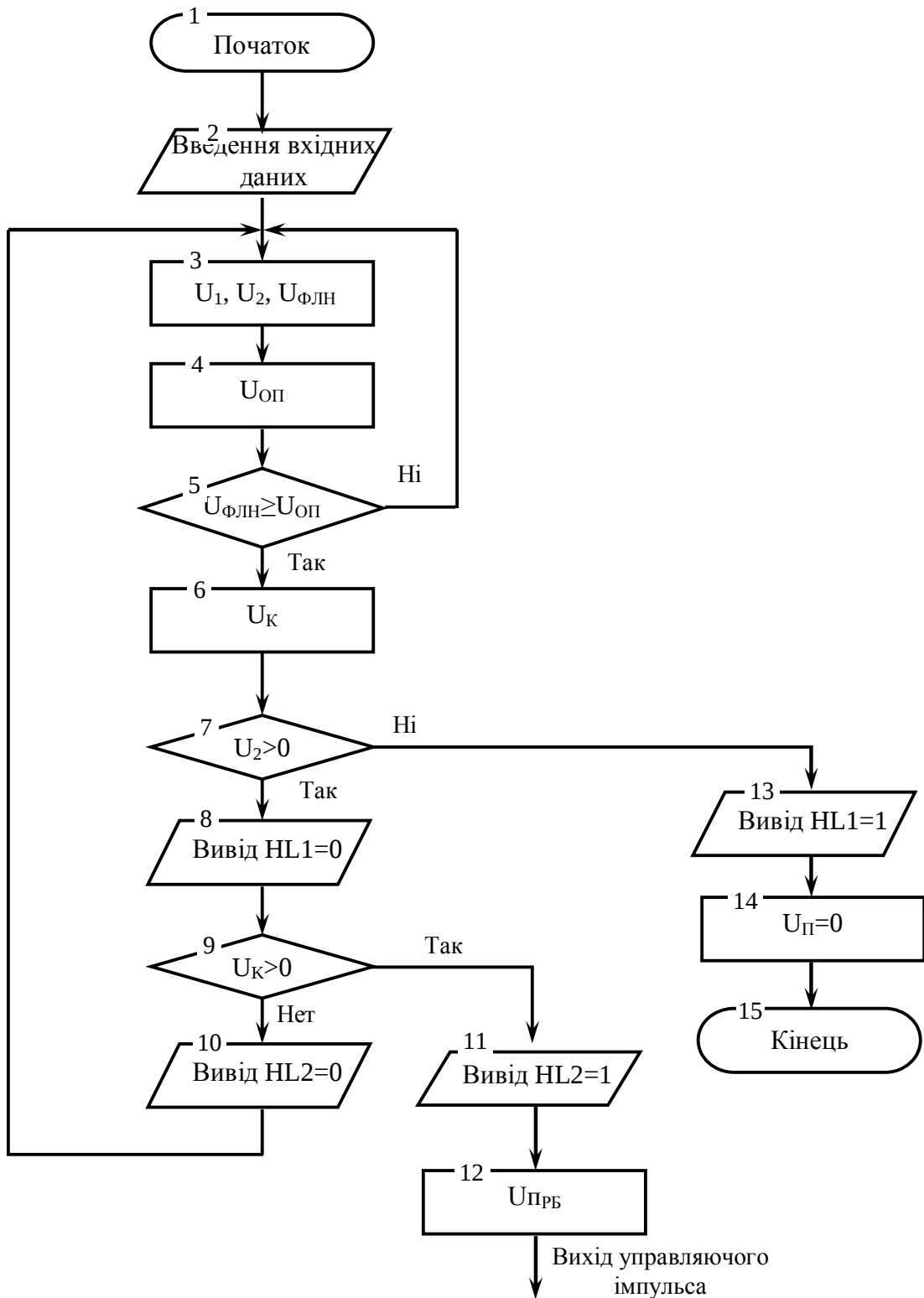


Рисунок 4.1 - Алгоритм функціонування розроблювального пристрою

Після уведення вхідних сигналів, якими є наступні – напруга, що подається від трансформатора струму $U_{ТА}$, сигнал від температурного датчика про величину поточної температури заряджаємої батареї $U_{ТР}$, опорні напруги $U_{оп1}$ й $U_{оп2}$ – відповідні заданим значення струму заряду й температурі заряджаємої батареї, ми одержуємо сигнали U_1 й U_2 на виході компараторів DA1 й DA3 відповідно й напруга від формувача лінійної напруги $U_{ФЛН}$ (оператор 3). Після цього на ФОН формується напруга $U_{оп}$ (оператор 4), що після цього рівняється з напругою $U_{ФЛН}$ (оператор 5). Якщо умова $U_{ФЛН} \geq U_{оп}$ не виконується, то очікуємо виконання даної умови – повернення на оператор 3. Якщо ж умова $U_{ФЛН} \geq U_{оп}$ виконується, то далі формується напруга U_K (оператор 6).

Далі виконується перевірка температури заряджаємої батареї (оператор 7), і у випадку перегріву батареї, тобто не дотримання умови $U_2 > 0$, загоряється світоіндикація про перегрів акумулятора $HL1=1$ (оператор 13), відбувається відключення трансформатора, що запитує зарядний пристрій, тобто $U_{П}=0$ (оператор 14) і відключення зарядного пристрою. Якщо ж умова виконується, то світоіндикація про перегрів акумулятора не загоряється $HL1=0$ (оператор 8) і далі виконується перевірка керуючого сигналу (оператор 9), якщо умова виконується, то загоряється світоіндикація про нормальне протікання режиму зарядки акумулятора (оператор 11) і даний сигнал надходить на ПРБ (оператор 12) і далі надходить на тиристори.

5 Розробка структурної, функціональної та принципової електричної схеми системи автоматизації.

5.1 Розробка структурної схеми системи автоматизації

Для рішення поставлених завдань можемо сформувати наступну структурну схему розроблювального пристрою, представлену на рис. 5.1.

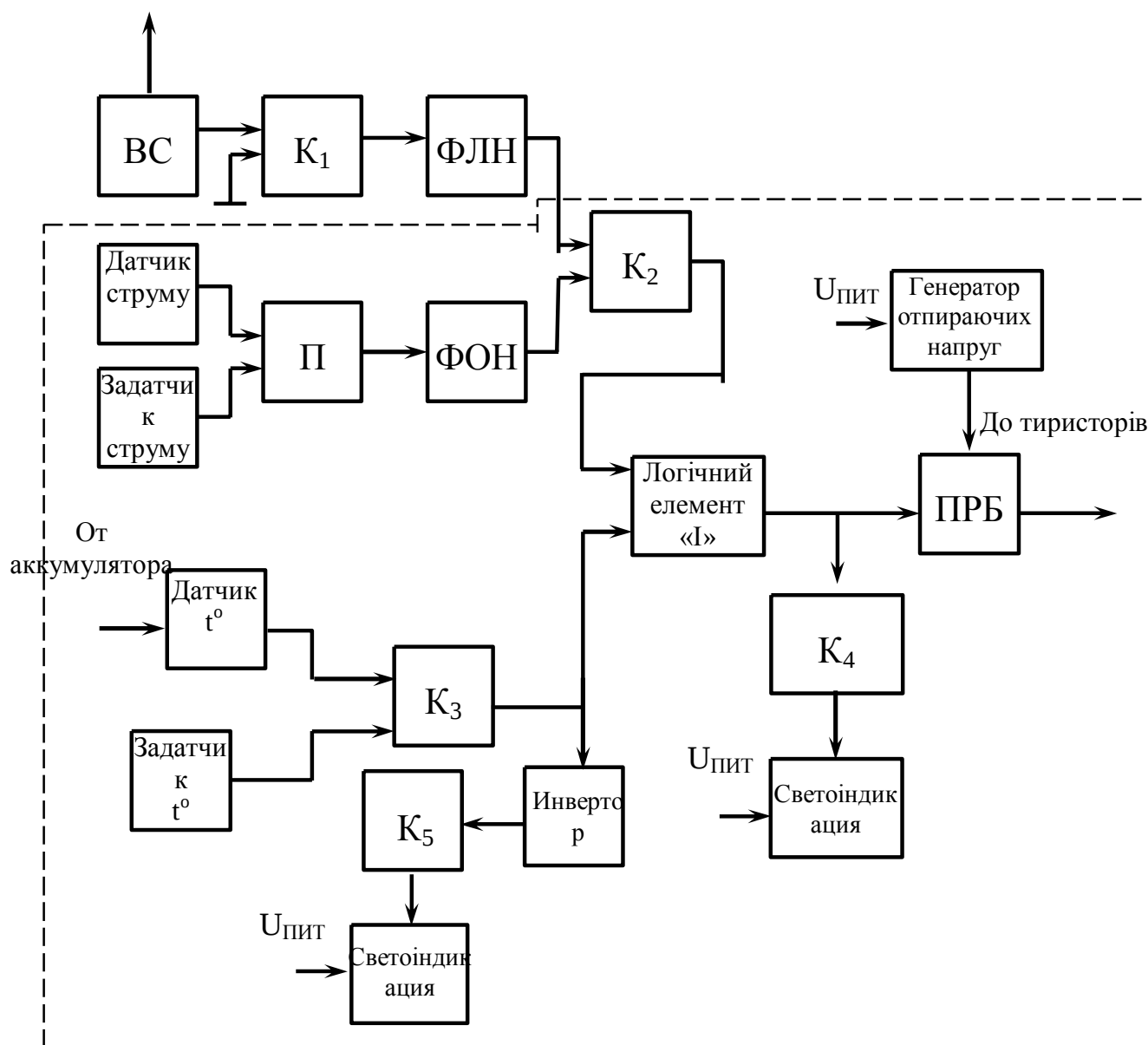


Рисунок 5.1 - Структурна схема розроблювального пристрою.

На схемі прийняті наступні позначення: ВС – вузол синхронізації; ФЛН – формувач лінійної напруги; ФОН – формувач опорної напруги; ПРБ – підсилювально-розв'язуючий блок; П - підсилювач; К1, К2, К3 - компаратори; К4, К5 - транзисторні ключі; $U_{\text{пит}}$ - напруга живлення.

Робота схеми відбувається в такий спосіб – на ФОН відбувається порівняння заданого й дійсного значення струмів. Далі сигнал надходить на К₂, де відбувається порівняння опорного й напруги, що лінійно-збільшується, з якого виходять імпульси прямокутної форми й попадають на логічний елемент «И». На даний елемент також приходить сигнал від компаратора, на якому відбувається порівняння діючих і заданої температур акумуляторів, що заряджаються. З логічного елемента сигнал надходить на світоіндикацію й ПРБ. Світоіндикація сигналізує про нормальне протікання процесу зарядки акумулятора. ПРБ необхідний для посилення по потужності імпульсів керування, що надходять на тиристори й гальванічну розв'язку (по напрузі) силових ланцюгів (з тиристорами) і ланцюгів керування.

Також у схемі передбачена сигналізація про перегрів акумулятора, що заряджається. Це реалізовано в такий спосіб – коли відбувається перегрів акумулятора з компаратора перестає надходити сигнал про нормальну температуру акумулятора й процес зарядки зупиняється й той же момент на виході інвертора з'являється сигнал відмикання транзисторного ключа К₅ і після чого відбувається загоряння світоіндикатора.

5.2 Розробка функціональної схеми системи автоматизації

Функціональна схема розроблювального пристрою представлена на рис. 5.2

На схемі прийняті наступні позначення: ТА - трансформатор струму; UZ1 - пристрій синхронізації, UZ2 - перетворювач напруги, UZ3 - УРБ; RP1 й RP2 - дільники напруги; RS1 - задатчик струму; RS2 - задатчик струму, що відповідає заданій температурі; А - інвертор; DD1-DD4- компаратори; DD5 - логічний

елемент «И» Gn1 - ФЛН; Gn2 - ТЛЮ; Gn3 - генератор напруг, що відмикають;
 ТК1, ТК2 - транзисторні ключі; HL1, HL2 - світіндікатори.

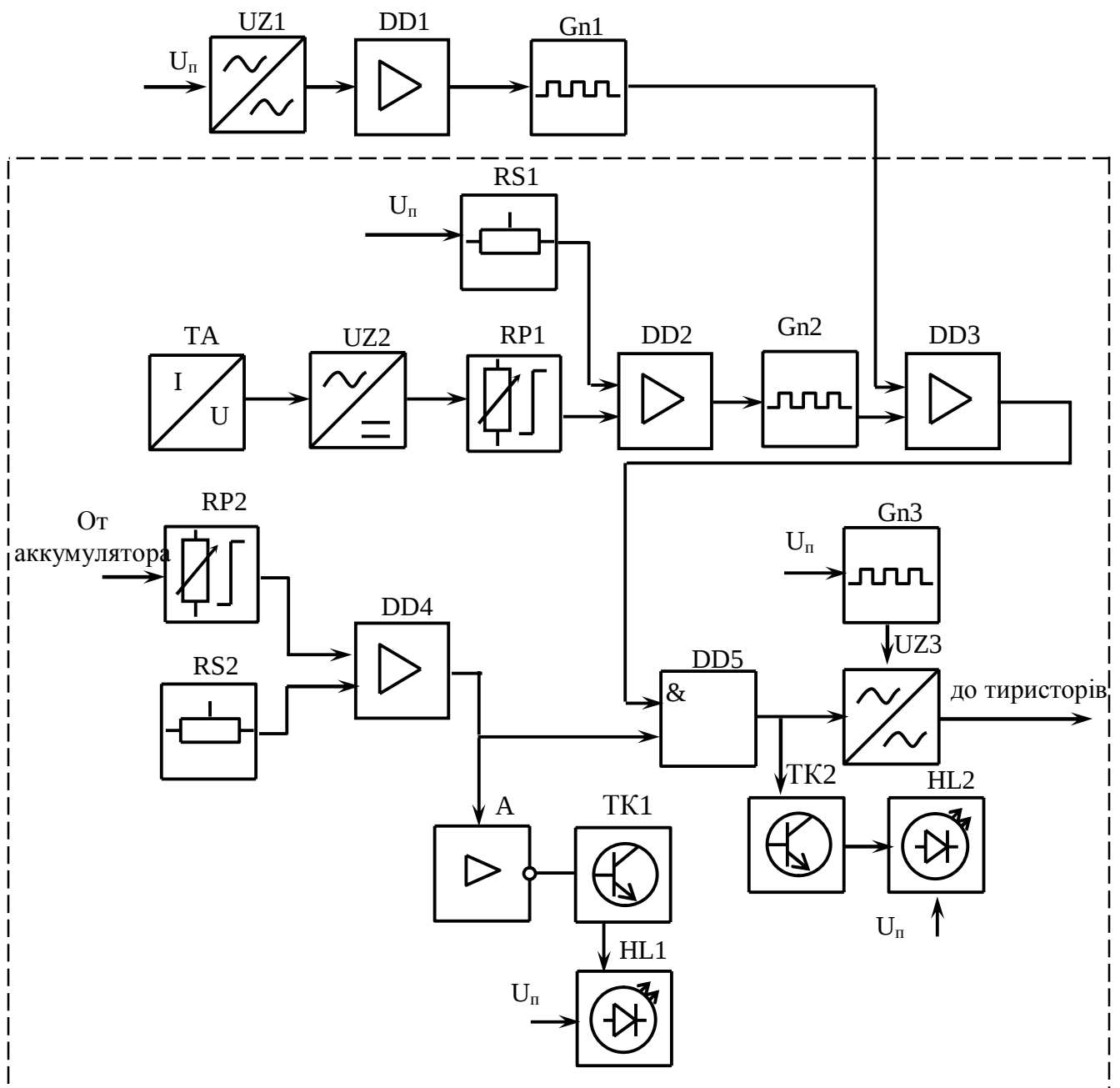


Рисунок 5.2 - Функціональна схема розроблювального пристрою.

Трансформатор струму ТА перетворить зарядний струм у відповідне йому напруга. Далі напруга надходить на дільник напруги, з якого напруга надходить на вхід компаратора, на другий вхід якого надходить напруга відповідному заданому струму. Далі після компаратора сигнал надходить на Gn2, де формуються опорна напруга, що рівняється на компараторі DD3 з лінійною

напругою. Далі сигнал надходить на логічний елемент «И», після чого сигнал надходить на UZ3 і ТК2. На UZ3 сигнал керування підсилюється й надходить на тиристор. Після ТК2 сигнал надходить на світоіндикатор HL2, що показує нормальне протікання процесу зарядки акумулятора.

На компараторі DD4 відбувається порівняння сигналів від задатчика температури RS2 і напруги, яка відповідає поточній температурі заряджаємої батареї RP2. Після даного компаратора сигнал надходить на логічний елемент «И» а також на інвертор А, після чого на світоіндикатор HL1 - сигналізація про аварійну зупинку процесу зарядки через перегрів акумулятора.

5.3 Розробка принципіальної електричної схеми формувача керуючих імпульсів

Для керування тиристорами необхідні імпульси керування, які безпосередньо на тиристори надходять, у нашому випадку з ПРБ. На ПРБ сигнал надходить від логічного елемента «И», на який надходять сигнали від температурного перетворювача й від блоку напруг лінійного й опорного.

Принципова схема формувача керуючих імпульсів представлена на рисунку 5.3.

Принцип роботи схеми можна представити наступними тимчасовими діаграмами представленими на рисунку 5.4.

Як елементи светоиндикации приймаємо світодиоди серії АЛ307 - 2 елементи.

Для синтезу загальної принципової електричної схеми необхідний: 1 логічний елемент «И» і два логічні елементи «НЕ».

Як основна серія цифрових мікросхем приймаємо серію К555, позитивно зарекомендованого при створенні подібних пристроїв і найбільш економічні параметри, що має, по енергоспоживанню.

Як операційні підсилювачі приймаю дві мікросхеми К140УД7.

Приймаємо:

- 1 корпус (неповний) К555 ЛН2 (НЕ - DD1, DD3);

➤ 1 корпус (неповний) К555 ЛІ1 (2И - DD2).

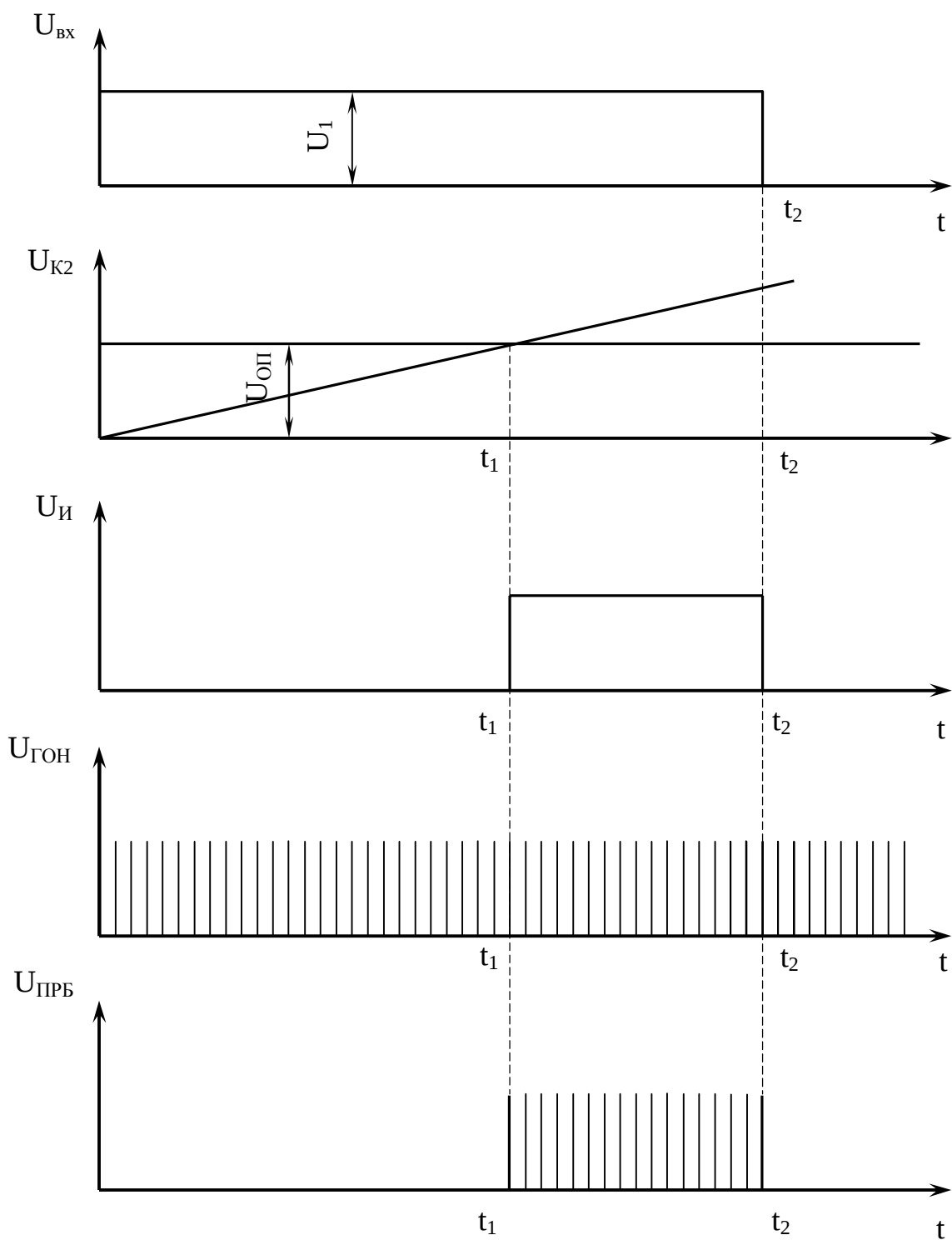


Рисунок 5.4 – Часові діаграми формувача керуючих імпульсів

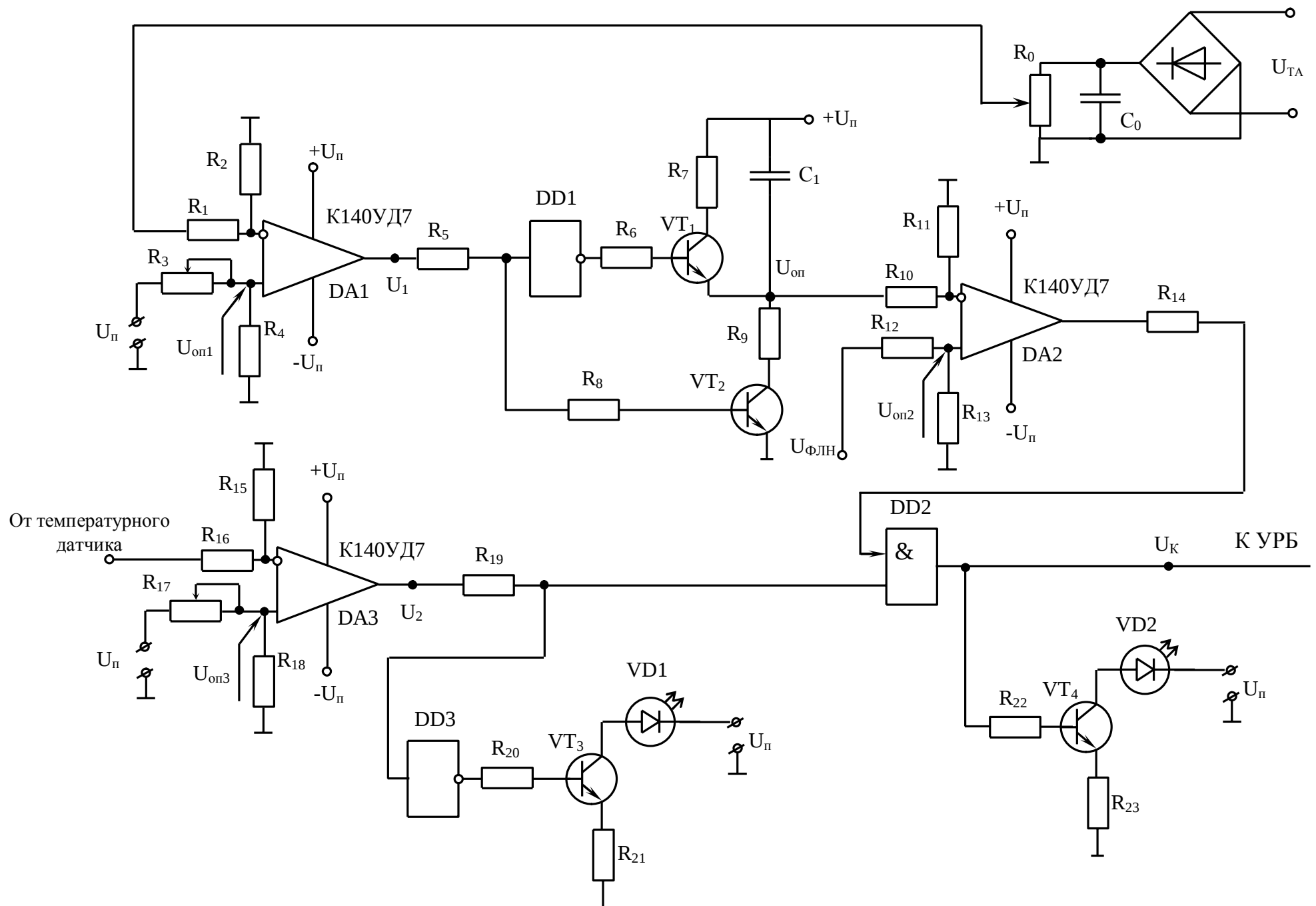


Рисунок 5.3 – Принципова електрична схема формувача керуючих імпульсів

5.4 Розрахункова частина

Величина ємності, що навантажує випрямляч:

$$C = \frac{100 \cdot H}{r \cdot K_{\Pi}} = \frac{100 \cdot 55}{53 \cdot 2} = 52 \text{ мкФ}$$

де K_{Π} – коефіцієнт пульсації випрямленого напруги, $K_{\Pi}=2\%$;

H - допоміжний коефіцієнт, $H=55$;

r - активний опір фази випрямляча, $r=53 \text{ Ом}$.

Необхідно поставити дільник з коефіцієнтом розподілу:

$$K_y = \frac{U_1}{U_{TA}} = \frac{8.5}{13.5} = 0.63$$

де $U_1 = 8.5 \text{ В}$ – вхідну напругу на компараторі DA1, $U_{TA} = 13.5 \text{ В}$ – напругу подаване із трансформатора струму;

Розрахунок начіпних елементів компараторів: $R_2=R_4=R_{15}=R_{18}=r_{BX}/10=2 \text{ кому}$,

де r_{BX} – вхідний диференціальний опір підсилювача, $r_{BX}=20 \text{ кому}$.

Приймаю по ряду E24: $R_2=R_4=R_{15}=R_{18} = \text{МЛТ-0.125-2к}\pm 5\%$

$$R_1 = \frac{(U_{TA} - U_{BX})}{i_1} = \frac{13.5 - 8.5}{1.27} = 3.93 \text{ кОм}$$

$$R_{16} = \frac{(U_{TP} - U_{BX})}{i_1} = \frac{4.5 - 2.1}{4.4} = 545 \text{ Ом}$$

$$R_{10} = \frac{(U_{OP} - U_{BX})}{i_1} = \frac{3.5 - 2.1}{2.1} = 667 \text{ Ом}$$

де U_{TA} – сигнал від трансформатора струму, $U_{TA}=13.5 \text{ В}$; $U_{TP}=3.5 \text{ В}$; $U_{TP}=4.5 \text{ В}$ – сигнал від термрезистора;

U_{BX} – величина вхідного сигналу, підведеного до входу, що інвертує, $U_{BX}=8.5 \text{ В}$ для DA1 й $U_{BX}=2.1 \text{ В}$ для DA3;

i_1 – еквівалентний струм, $i_1=1.27 \text{ мА}$ для DA1, $i_1=2.1 \text{ мА}$ для DA2 й $i_1=4.4 \text{ мА}$ для DA3

Приймаю по ряду E24: $R_1=\text{МЛТ-0.125-3.9 до}\pm 5\%$; $R_{10}=\text{МЛТ-0.125-680}\pm 5\%$; $R_{16}=\text{МЛТ-0.125-560}\pm 5\%$.

$$R_3 = \frac{U_{IP} - U_{OP1}}{i_2} = \frac{6.6 - 0.4}{0.15} = 41.3 \text{ кОм}$$

$$R_{12} = \frac{U_{\text{пр}} - U_{\text{оп2}}}{i_2} = \frac{6.6 - 3.5}{0.9} = 3.4 \text{ кОм}$$

$$R_{17} = \frac{U_{\text{пр}} - U_{\text{оп3}}}{i_3} = \frac{6.6 - 5.5}{1.1} = 1 \text{ кОм}$$

де $U_{\text{пр}}$ – розрахунковий рівень живлення мікросхеми, $U_{\text{пр}}=6,6 \text{ В}$;

$U_{\text{оп1}}$ – опорна напруга на вході, що не інвертує, $U_{\text{оп1}}=0.4 \text{ В}$ (для DA1)
 $U_{\text{оп2}}=3.5 \text{ В}$ (для DA2); $U_{\text{оп3}}=5.5 \text{ В}$ (для DA3); i_2 – еквівалентний струм, $i_2=0.15 \text{ ма}$
 для DA1 й $i_3=1,1 \text{ ма}$ для DA3 $i_2=0,9 \text{ ма}$ для DA3

Приймаю по ряду E24: $R_3=\text{СПЗ-1а-0,25-43до}\pm 5\%$:

$R_{12}=\text{СПЗ-1а-0,25-3.5до}\pm 5\%$; $R_{17}=\text{СПЗ-1а-0,25-1до}\pm 5\%$.

Опору на вході мікросхем:

$$R_5 = R_{19} = \frac{U_{\text{ВВхМС}}}{i_{\text{прK555}}} = \frac{11}{0.02} = 550 \text{ кОм}$$

$U_{\text{выхрмс}}$ – вихідний сигнал мікросхеми, $U_{\text{выхрмс}}=11\text{В}$; $i_{\text{прK555}}$ – струм на вході мікросхеми K555, $i_{\text{прK555}}=0,02 \text{ ма}$. Приймаю по ряду E24: $R_5= R_{14} =R_{19}=\text{МЛТ-0.125-550}\pm 5\%$.

Токоограничивающие резисторы для светодиодов:

$$R_{21} = R_{23} = \frac{U_{\text{пит}}}{i_{\text{Б}}} = \frac{12}{24} = 500 \text{ Ом}$$

де $U_{\text{пит}}$ – напруга живлення, $U_{\text{пит}}=12 \text{ В}$; $i_{\text{р}}=24 \text{ ма}$ – струм спрацьовування;

Приймаю по ряду E24: $R_{21}=R_{23}=\text{МЛТ-0,125-500}\pm 5\%$;

Токоограничивающие резисторы для транзисторів:

$$R_{20} = R_6 = \frac{U_{\text{ВВхИ}}}{i_{\text{Б1}}} = \frac{3}{0.5} = 6 \text{ кОм} \quad R_{22} = \frac{U_{\text{ВВхИ}}}{i_{\text{Б1}}} = \frac{3}{0.5} = 6 \text{ кОм}$$

$$R_8 = \frac{U_{\text{ВВхК}}}{i_{\text{Б2}}} - R_5 = \frac{11}{0.01} - 550 = 550 \text{ Ом}$$

де $U_{\text{ВВХИ}}$ й $U_{\text{ВВХК}}$ – вихідна напруга інвертора й компаратора, $U_{\text{ВВХИ}}=3 \text{ В}$;
 $i_{\text{Б1}}=0,5 \text{ ма}$ $i_{\text{Б2}}=0,01 \text{ ма}$ – струм бази транзисторів VT1 й VT2. Приймаю по ряду E24: $R_6=\text{МЛТ-0,125-6.2к}\pm 5\%$; $R_8=\text{МЛТ-0.125-550К}\pm 5\%$;

Виходячи з того, що $\tau=R_7C_1=0.15 \text{ мс}$, задаємося $R_7=10 \text{ кому}$, тоді $3_1=15 \text{ нФ}$.

Приймаю по ряду E24: $R_7=R_9= \text{МЛТ-0.125-10до}\pm 5\%$; $K10\text{-7-50В-15нФ}\pm 5\%$.

6 Розробка компоновальних рішень системи автоматизації

Розробка вибухобезпечної оболонки для розробленого пристрою аргументується необхідністю примусового охолодження тиристорів випрямляча а також можливістю розташування зарядного пристрою біля заряджаємого акумулятора у гаражі. Це дозволяє не підготовувати зарядну камеру для розташування зарядних пристроїв, а також це скорочує витрати на прокладення кабелів від зарядних пристроїв до акумуляторів.

Конвекційне охолодження тиристорів виконується за рахунок охолодження зв'язаної керамічної оболонки тиристорів, яка є добрим теплопровідним матеріалом і за рахунок чого відбувається охолодження тиристорів. Охолодження керамічної оболонки виконується холодною водою, яка тече по пожарному рукаву.

Тиристиори розташовуються на спеціальній рамі, яка уставляється у вибухобезпечну оболонку.

Усередині оболонка розділена на дві частини. Між собою ці дві частини розділені залізною стінкою. В одній частині знаходиться рама на котрій встановлені тиристиори, а в другій частині встановлюється печатна плата розробленого пристрою.

На задній кришці оболонки спеціальні отвори для приєднання до пожарного рукава.

Деталі оболонки виготовлені з матеріалів, не небезпечних у відношенні запалення метано-воздушной суміші, що утворюються при терті і наголосі.

7 Охорона праці і екологія

7.1 Основні небезпеки при роботі підземного транспорту

Підземний транспорт є найважливішим й одним із самих аварійних і травмонебезпечних об'єктів і технологічних процесів шахти. На підземний транспорт відбувається в середньому понад 31% аварій і близько 20 % випадків смертельного травматизму. Потенційна небезпека експлуатації підземного транспорту обумовлена рухливістю транспортних засобів й їхніх частин в умовах стиснутого простору, недостатньою освітленістю й підвищеним рівнем шуму людей, що утрудняють орієнтацію, і т.п., а також недосконалістю самих транспортних засобів.

Найбільше число нещасних випадків, близько 69% від загального числа нещасних випадків на транспорті й підйомі, доводиться на рейковий підземний транспорт і більше 16% на конвеєрний транспорт

Серед технологічних процесів на підземному рейковому транспорті найбільш травмонебезпечним є локомотивне відкочування, на яку доводиться близько 51% нещасних випадків. При цьому більше 38% нещасних випадків відбувається при пішому пересуванні по гірничих виробітках, 23% - пов'язане з їздою на транспортних засобах, 15% - з керуванням електровозом і близько 8% - зі сходом і наступною постановкою на рейки рухливого составу. У середньому близько 85% смертельного травматизму на рейковому транспорті пов'язане з організаційними причинами, у т.ч. 54% - при пересуванні по гірських виробітках. Серед травмованих на рейковому транспорті більше 28% становлять працівники шахтного транспорту й близько 72% працівники інших ділянок шахт.

До технічних причин травматизму на локомотивному транспорті відносяться конструктивні недосконалості транспортних засобів, наприклад, поганий огляд з кабіни акумуляторних електровозів, ненадійне кріплення батарейного ящика, незадовільне освітлення шляху при маневрових роботах,

відсутність на електровозах швидкістовимірвачі, невідповідність кабіни електровозів ергономічним вимогам, відсутність спеціальної сигналізації й блокувань, ручна зчіпка й розчеплення вагонів, ручний перекид стрілок, обрив тягових і запобіжних канатів і неспрацьовування парашутних пристроїв пасажирських вагонеток за умови їхньої правильної експлуатації.

Основні організаційні причини, що викликають травматизм при експлуатації транспорту - незадовільна підтримка гірничих виробіток, рейкових шляхів і запилення виробіток, що приводить до зменшення регламентованих зазорів і проходів для людей, експлуатація несправних транспортних засобів і захисту, недотримання застосування або несправність попереджувальної сигналізації й колійних знаків, порушення технології транспортування, керування машинами й механізмами особами, що не мають права цього робити, слабка трудова дисципліна, незадовільне навчання безпечним прийомом роботи, недостатній контроль за роботою й ін.

Аналіз показує, що травматизм машиністів електровозів, наприклад, викликається наступними небезпечними діями: штовханням, перевищенням швидкості, несвоєчасним і різким гальмуванням електровоза, керування електровозом поза кабіною, вистрибуванням з кабіни електровоза на ходу, рушанням без сигналів і несвоєчасною подачею сигналів.

На кожній шахті повинна бути затверджена головним інженером схема конвеєрного транспорту й головних відкаточних шляхів, на яких указуються види відкочувань, довжина відкаточних шляхів, разминовки і їхньої ємності, пронумеровані стрілочні переводи, місця посадки (висадження) людей, види й довжина конвеєрів. Зі схемою повинні бути ознайомлені робочі й посадові особи відділу шахтного транспорту (ВШТ).

На діючих шахтах застосовуються, як правило, комбіновані транспортні системи: конвеєрно-локомотивна, конвеєрно-локомотивно-канатна або локомотивно-канатна із шириною рейкової колії 600 або 900 мм.

Контактні локомотиви підвищеної надійності використовують у виробках із свіжим потоком повітря шахт I й II категорій. Найбільш широкого

застосування набули контактні електровози типів К7, К10 і К14, а також акумуляторні - 5АРВ й АМ8Д. У їх назву, крім маси в тоннах (5, 8, 10 і т.д.), входять буквенні позначення: К - контактний, А - акумуляторний, Р - рудничний, В - вибухобезпечний, М - модернізований і Д - з реостатним електродинамічним гальмуванням.

Для шахт, небезпечних по газі або пилку (І-ІІ категорії й надкатегорійні), акумуляторні локомотиви виготовляють вибухо-безпечними й підвищеної надійності. Перші з них призначені для всіх виробок, а другі - для відкаточних: із свіжим потоком повітря (підприємства ІІІ категорії й надкатегорійні по газі), а також у шахтах І й ІІ категорій. На магістралях з вихідним потоком повітря, у підготовчих виробках шахт ІІІ категорії й надкатегорійних акумуляторні електровози підвищеної надійності можуть працювати тільки з дозволу головного інженера об'єднання.

У всіх виробітках шахт, не небезпечних по газу або пилу, а також у виробітках зі свіжим струменем на шахтах І й ІІ категорій по газу або небезпечних по пилу допускається застосування контактних електровозів у рудничному нормальному виконанні типів К7, К10 й К14. У всіх виробітках шахт, небезпечних по газу й пилу, повинні застосовуватися акумуляторні електровози в рудничному вибухобезпечному виконанні.

У виробітках зі свіжим струменем повітря на пластах небезпечних по суфлярним виділенням і раптових викидах вугілля й газу, допускається застосування електровозів у рудничному виконанні підвищеної надійності, якщо відстань від локомотива до очисного вибою становить не менш 50 м. При такій відстані, у випадку виділення газу, локомотив буде перебувати на свіжому струмені.

7.2 Пересування й перевезення людей по гірським виробіткам

Регламентовані Правилами безпеки вимоги до мінімальних площ поперечних перетинів виробіток у світлі повинні дотримуватися протягом усього часу експлуатації виробіток по їхньому призначенню.

На шахті щорічно повинен розроблятися графік приведення гірських виробіток у відповідність із Правилами безпеки. При цьому повинні переглядатися паспорти кріплення й перекріплення основних гірських виробіток, що служать для транспортування вантажів і пересування людей, з метою створення запасу перетину, що дозволяє при подальшій експлуатації уникнути їхнього перекріплення.

Всі діючі виробітки повинні на кожній зміні оглядатися особами змінного нагляду ділянки котрі повинні це робити, і щодоби - начальником ділянки або його заступником. При виявленні порушень кріплення рух по цих виробітках забороняється до приведення їх у безпечний стан.

Ширина проходів для людей і зазорів між кріпленням, устаткуванням або трубопроводами й найбільш виступаючою крайкою габариту рухомого складу регламентується Правилами безпеки залежно від виду виробітку й застосовуваного транспорту й устаткування й становить для проходів людей від 0,7 до 1,0 м, для зазорів 0,2-0,6 м. Проходи на всьому протязі одне або два шляховий виробітки влаштовуються, як правило, з однієї сторони виробітки, а у двох шляхових виробітках у місцях маневрових робіт, разминовок, перевантаження устаткування й матеріалів і стаціонарних навантажувальних пунктів по обидва боки.

При наявності у виробітках двох рейкових шляхів, а також при сполученні в одній виробітки конвеєрного транспорту з рейковим, монорейковим або із самохідним нерейковим прохід для людей повинен бути з боку кріплення. У похилих виробітках, обладнаних рейковим і конвеєрним транспортом, прохід для людей улаштовується між кріпленням виробітки й конвеєром.

Проходи для людей не повинні бути захаращені, обводнені й захаращені встаткуванням або матеріалами. Устаткування з сторони проходу людей повинне розміщатися в нішах. Тротуари, трапи, сходи, перехідні містки повинні бути справними й чистими.

Паралельно ухилам і бремсбергам проводять людські ходки. Наявність ходків необов'язково при ухилах і бремсбергах, обладнаних конвеєрами або

трубопроводами й ринвами, якщо крім цих виробіток є один або більше виходів з горизонту, а ухил або бремсберг обладнані під механізоване перевезення й піше пересування людей.

Забороняється пересування людей по похилих виробітках, по яких виконується відкочування вантажів вагонетками або іншими відкаточними посудинами. Пересування по таких виробітках дозволяється тільки при зупиненому відкочуванні.

Не допускається проходити між вагонетками й перелазити через них під час руху состава, переносити громіздкі й довгі предмети по шляхах під час перевезення людей.

Перевезення людей по горизонтальних виробітках у пасажирських вагонетках (поїздах) повинна вироблятися зі швидкістю руху не перевищуючої 20 км/год. Через те, що вантажні вагонетки не мають гальмових пристроїв, постачені твердими кузовами й буферно-сцепними пристроями, швидкість перевезення людей вантажними вагонетками обладнаними сидіннями обмежується до 12 км/год. У вантажний состав допускається включення однієї пасажирської вагонетки для внутрізмінного перевезення людей. Ця вагонетка повинна розташовуватися за локомотивом у голові состава й не повинна бути зчеплена із платформою або вагонеткою з негабаритним вантажем. Швидкість перевезення людей у цьому випадку також не повинна перевищувати 12 км/год.

Пасажирські вагонетки обладнають, як правило, тросовими пристроями для подачі сигналів машиністові локомотива. Сигнальні пристрої розташовують у легкодоступні для пасажирів місцях.

7.3 Вимоги безпеки до зарядки акумуляторних батарей

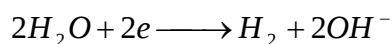
Заряд акумуляторних батарей виконується в зарядних камерах електровозних гаражів на заземлених зарядних столах. При цьому допускається виконувати заряд акумуляторних батарей на рамі електровоза в тимчасових камерах при підготовці нових горизонтів.

Для живлення електродвигунів акумуляторних електровозів застосовуються тягові акумуляторні батареї. Акумулятори, залиті електролітом (розчином їдкого лугу NaOH або KOH щільністю 1,18-1,21), здатні виділяти водень H_2 і кисень O_2 (електролітичний газ). Суміш водню з повітрям, що містить 4% і вище, є вибухонебезпечною й легко запалюється електричними іскрами.

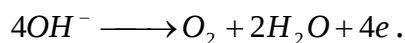
Специфіка електровозних акумуляторних батарей полягає в тім, що з акумуляторної батареї виділяється водень, що має вибухонебезпечність вище, ніж навколишня руднична атмосфера з метаном. У зв'язку із цим досить актуальною є система контролю за змістом водню усередині батарейного ящика.

Інтенсивність виділення водню з акумуляторів залежить від режиму їхньої роботи (заряд, розряд і саморозряд). Так, при повному заряді акумуляторної батареї, що складає з 126 нікель-залізних акумуляторів ємністю 550 А-годин, виділяється близько 15 м^3 водню. Тому щоб уникнути утворення в навколишній рудничній атмосфері небезпечної концентрації водню зарядні камери повинні провітрюватися. Для того, щоб уникнути руйнування акумуляторів під впливом надлишкового тиску електролітичного газу кришки (пробки) горловин акумуляторів повинні бути протягом усього часу заряду відкритими, а для виключення утворення місцевого скупчення вибухової концентрації під кришкою батарейного ящика остання повинна повністю знята. У зв'язку з високою інтенсивністю виділення водню з акумуляторів при їхньому заряді останній повинен вироблятися тільки при повністю знятій кришці батарейного ящика. Акумулятори й батарейний ящик дозволяється закривати тільки після припинення газовиділення з акумуляторів, але не раніше чим через годину після закінчення заряду, тому що тільки після закінчення цього часу відбувається остигання електроліту й припиняється інтенсивне виділення електролітичного газу в режимі саморозряду.

При заряді крім основних струмовиникаючих процесів - відновлення заліза й окислювання гідрату окису нікелю - відбувається електроліз води з електроліту з утворенням водню на негативному електроді



і кисню на позитивному



Газовиділення з акумулятора починається на самому початку заряду й помітно підсилюється до кінця заряду (електроліт «кипить»).

Водень, що виділяється при заряді, наповнює зарядне приміщення й може утворити з киснем повітря вибухову суміш. Тому зарядні приміщення для лужних акумуляторів варто особливо ретельно провітрювати. По закінченні заряду виділення газів у нікель-залізного акумулятора триває ще якийсь час (один-два години) у зв'язку з мимовільним розчиненням (окислюванням) залізного електрода з виділенням водню й розкладанням активної маси позитивного електрода зі звільненням кисню.

Батарейний ящик під час заряду батареї повинен бути заземлений. Забороняється заряджати до експлуатувати несправні або забруднені акумуляторні батареї.

Оскільки прийняті у вибухобезпечних батарейних ящиках конструктивні заходи (природна вентиляція батарейних ящиків у виконанні підвищеної надійності РП, палладированні каталізатори для без вогневого окислювання водню й вентиляційно-розвантажувальні пристрої батарейних ящиків у вибухонебезпечному виконанні РВ) забезпечують їх вибухобезпечність тільки за умови змісту водню не більше 2,5%, перед роботою вибухобезпечного електровоза необхідно перевірити зміст водню в батарейному ящику (приладами автоматичного контролю водню типу ТП 1133В або періодичного контролю водню типу ПКВ-2).

Дніпропетровським відділенням ВНИИГД при участі МакНИИ й Выруского заводу газоаналізаторів створений автоматичний газоаналізатор ТП1133В. Цей газоаналізатор здійснює безперервний автоматичний вимір об'ємної концентрації водню (у діапазоні від 0 до 6 про. %), включає світлову сигналізацію при досягненні гранично припустимого значення концентрації

водню (2,5 %) і виключає її після зниження до 1,3 % H_2 . Газоаналізатор складається з первинного перетворювача (датчика), блоків виміру й що показує. Первинний перетворювач розміщується усередині батарейного ящика, блок виміру — у вибухонепроникній оболонці — на торцевій стінці батарейного ящика, блок що показує — на торцевій стінці батарейного ящика. Структурна схема автоматичного газоаналізатора приведена на рис. 7.1.

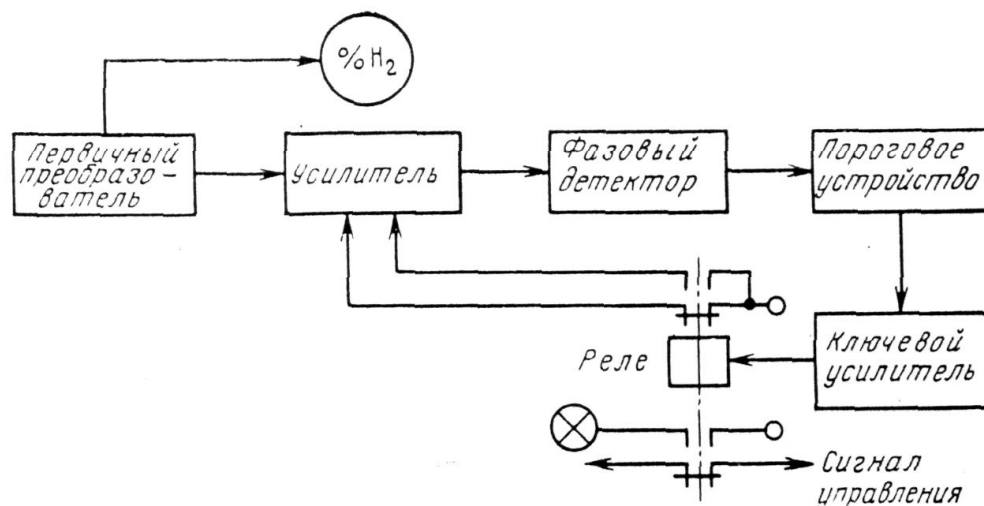


Рисунок 7.1 – Структурна схема автоматичного газоаналізатора ТП133В.

Впровадження зазначеної апаратур створює нормальні безпечні умови роботи акумуляторних електровозів і дозволяє створити вибухобезпечні акумуляторні електровози, обладнані автоматичною системою контролю й регулювання концентрації водню в батарейному ящику. Ця система повинна бути доповнена активними засобами вентиляції (продувка) батарейного ящика.

Перед випуском акумуляторної батареї із зарядної камери необхідно також замірити її опір ізоляції, що не повинне бути менше 10 000 Ом, так зниження опору ізоляції нижче зазначеної величини приводить до небезпечного збільшення струмів витоку, що може привести до іскріння, короткому замиканню й пожежі в батареї. Вимір опору ізоляції повинне вироблятися відповідно до тимчасових вимог до опору ізоляції електроустаткування рудничних акумуляторних електровозів, що перебувають в експлуатації.

Автоматичний контроль опору ізоляції при зарядці акумуляторних батарей повинен здійснюватися реле контролю витоку, убудованими в зарядні установки.

У зарядних камерах всіх шахт допускається використання акумуляторних пробників загального призначення за умови виміру напруги не раніше чим через 10 хвилин після зняття кришки з батарейного ящика.

Усе обладнання електровозного гаража перевіряється і налагоджується два рази на рік.

Раз на рік приїздить комісія з електрообладнання, яка перевіряє усі види захистів які передбачені правилами техніки безпеки. По завершенні перевірки підписується папери по виконанню всіх норм і правил виконання техніки безпеки.

У шахтах, небезпечних по газі й пилу, ремонт акумуляторних електровозів, зв'язаний з розкриттям електроустаткування, дозволяється робити тільки в гаражі.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу існуючих рішень і методів автоматизації процесу заряду акумуляторних батарей шахтних електровозів, а також на основі вивчення структурної схеми апаратури ЗУК-150/230М, розроблене нове рішення. Воно полягає в розробці системи керування тиристорами, які замінили некеровані вентиля з електромагнітним регулюючим пристроєм. У результаті розроблені структурна, функціональна й принципова схеми системи керування зарядним пристроєм, а також спроектована вибухобезпечна оболонка.

Розроблений пристрій дозволяє більше якісний процес заряду акумуляторів, чим базова апаратура. Це забезпечується заміною некерованих вентилів з електромагнітним регулюючим пристроєм силовими кремнієвими вентилями-тиристорами, які забезпечують функції регулювання й швидкодіючої комутації струму заряду. Розроблений пристрій дозволяє контролювати температуру акумуляторів, що заряджають, і у випадку перегріву відключає зарядний пристрій від мережі, що також є не мало важливим достоїнством даних розроблених апаратур.

Розроблена вибухобезпечна оболонка має у своєму составі систему примусового охолодження тиристорів випрямляча.

Також наведено техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження данного пристрою. Річний економічний ефект становить – 15044 грн. А строк окупності капітальних додаткових витрат 4.5 року.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Волотковский С.А. Рудничная электровозная тяга. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 389 с.
2. Волотковский С.А., В.Д. Фурсов В.Д., Пивняк Г.Г. Полупроводниковые преобразовательные подстанции для подземного электровозного транспорта. - К.: Вища школа, 1971. – 244 с
3. Электрификация горных работ / Под общ. ред. Волотковского С.А. – К.: Вища школа, 1980. – 448 с.
4. Малеванная С.В, Плотников Ю.И. Опыт эксплуатации аппаратуры автоматического заряда и контроля разряда шахтных электровозных батарей. – М.: Недра, 1967. – 45 с.
5. Батицкий В.А., Лупоедов В.И., Рыжков А.А.. Автоматизация производственных процессов и АСУТП в горной промышленности.- М.: Недра, 1991-303с.
6. Автоматизация подземных горных работ / Под ред. Проф. А.А. Иванова – К.: Вища школа, 1987 – 328с
7. Автоматизация производства на угольных шахтах / Г.И. Бедняк, В.А., Ульшин, В.П. Довженко и др. - К.: Техника, 1989. - 272с
8. Правила безопасности в угольных шахтах - Киев: 1996. – 422 с.
9. Интегральные микросхемы: Справочник/ Л.Ф. Лумин, Ю.Н. Смирнов и др.; Под ред. Б.В. Тарабрина.-М.: Радио и связь, 1983-528с.
10. Графическое изображение электрорадиосхем: Справочник / С.Т. Усатенко, Т.К. Каганюк, Н.В. Терехова. – Киев: Техника, 1986.

ДОДАТОК А

Специфікація радіоелементів

Поз. обознач.	Найменування	Кіл.	Примечание
	Діодні збірки		
VD	КЦ402Г	1	
	Конденсатори		
C ₀	К50-12-25В-50мкФ±10%	1	
C ₁	К10-7-50В-15нФ±5%.	1	
C ₂ , C ₃	К50-35-4.7 мкФ±10%	2	
	Змінні резистори		
R ₀	СПЗ-1А-0.25-620±5%.	1	
R ₃	СПЗ-1А-0.25-43к±5%.	1	
R ₁₇	СПЗ-1А-0.25-1к±5%.	1	
	Резистори МЛТ		
R ₂ , R ₄ , R ₁₁ , R ₁₅	МЛТ-0,125-2к±5%	4	
R ₁ , R ₁₀ , R ₁₆	МЛТ-0,125-3.9к±5%	3	
R ₆ R ₂₀ , R ₂₂	МЛТ-0,125-6.2к±5%	3	
R ₅ , R ₁₄ R ₁₉	МЛТ-0,125-330к±5%	3	
R ₇ , R ₉ R ₂₇ , R ₂₈	МЛТ-0,125-10к±5%	3	
R ₈ , R ₁₂	МЛТ-0,125-560±5%	1	
R ₂₁ , R ₂₃	МЛТ-0,125-500к±5%	2	
R ₂₄ , R ₂₅	МЛТ-0,125-20к±5%	2	
R ₂₆ , R ₂₉	МЛТ-0,125-6.5к±5%	2	
R ₃₀ - R ₃₅	МЛТ-0,125-5.6к±5%	6	
	Операционные підсилювачі		
DA1, DA2 DA3	К140УД7	2	
	Микросхеми		
DD2, DD4, DD5	К555 ЛИ1	3	
DD1, DD3	К555 ЛН2	2	
	Транзистори		
VT1, VT3 -VT5	ГТ125БА	4	
VT2	МП41А	1	
VT7- VT12	КТ315	6	
	Светодиоды		
VD1, VD2	АЛ307	2	
	Діоди		
VD3, VD4	КД243Б	2	
VD6-VD11	КД102А	6	