

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни "Основи автоматизації гірничого виробництва"**

Красноармійськ., 2012



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни "Основи автоматизації гірничого виробництва"**

Галузь знань: 0903 Гірництво  
Напрями підготовки: 6.090300 Розробка родовищ корисних копалин  
6.090301 Охорона праці в гірничому виробництві

Розглянуто  
на засіданні кафедри  
"Електромеханіки і автоматика"  
протокол № 3 від 18.10.2010 р.

Затверджено  
на засіданні навчально-видавничої  
ради ДонНТУ  
протокол № 4 від 06.12.2010 р.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи автоматизації гірничого виробництва" (Галузь знань: 0903 "Гірництво". Напрями підготовки: 6.090300 "Розробка родовищ корисних копалин", 6.090301 "Охорона праці в гірничому виробництві") / Укл.: ст. викл. Немцев Е.М. – Красноармійськ: КП ДонНТУ, 2010. – 40 с.

Містять інформацію щодо проведення лабораторних робіт з використанням промислових зразків датчиків й апаратури автоматизації, а також демонстраційних плакатів з конструктивними та принциповими схемами зазначених пристроїв. Наведені стислі теоретичні відомості, опис складу, функцій та принципу дії засобів, що досліджуються. Викладено порядок виконання завдань кожної лабораторної роботи, а також вимоги до оформлення та захисту звітів.

Можуть бути використані як складова частина лабораторного практикуму з дисципліни "Автоматизація гірничих машин та мікропроцесорна техніка"

Укладач: Немцев Е.М., ст. викл.

Рецензент: доцент, к.т.н. Маренич К.М.

## ЗМІСТ

	<b>стор.</b>
Вступ	6
Загальні відомості про техніку безпеки при проведенні лабораторних робіт	7
Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	8
Лабораторна робота №1 "Вивчення конструкцій контактних датчиків і принципу їх роботи"	10
Лабораторна робота №2 "Вивчення і випробування апаратури автоматизації вибійних машин"	14
Лабораторна робота №3 "Вивчення улаштування датчиків і реле контролю швидкості автоматизації конвеєрних ліній"	18
Лабораторна робота №4 "Збирання схеми і випробування апаратури автоматичних конвеєрних ліній АУК.1М"	25
Лабораторна робота №5 "Вивчення технічних засобів автоматизації водовідливних установок"	31
Лабораторна робота №6 "Збирання схеми та випробування апаратури автоматизації контролю вмісту метану"	36
Рекомендована література	42

## ВСТУП

Подальший технічний прогрес у вугільній промисловості можливий тільки на основі широкої комплексної механізації та автоматизації технологічних процесів, що забезпечують скорочення трудомісткості виробничих операцій, а отже, підвищення продуктивності праці і зниження собівартості вугілля, що добувається. Підвищення продуктивності праці і зниження собівартості вугілля можна досягти завдяки удосконалюванню технологічних процесів, поліпшенню планування й організації виробництва, впровадженню механізації й автоматизації операцій і процесів, а з найбільшим ефектом – при взаємозв'язку цих заходів.

Комплексна механізація передбачає виконання всіх основних і допоміжних операцій виробничого процесу з використанням механізмів і машин, що виключають ручну працю. Розробка і створення засобів комплексної механізації при існуючій технології вимагають великої кількості різних механізмів і машин для виконання великого числа операцій по видобутку вугілля. Механізація – обов'язкова передумова автоматизації будь-якої операції чи процесу.

Автоматизація виробничих процесів передбачає впровадження технічних засобів, що забезпечують виконання всіх операцій технологічного процесу без особистої участі людини.

Основна перешкода для комплексної механізації та автоматизації – багатоопераційна технологія видобутку вугілля. Отже, технологія видобутку повинна вдосконалюватися в напрямку скорочення багатоопераційності і створення потокової (безупинної) технології. Одна з головних умов комплексної автоматизації виробництва – використання потокової технології.

Існуючі в даний час технічні засоби автоматизації вибійних машин і комплексів устаткування дозволяють не тільки частково чи цілком звільнити обслуговуючий персонал від виконання трудомістких операцій чи процесів керування, але і підвищити безпеку, комфортність і продуктивність праці.

Використання систем автоматичного збору і передачі інформації, засобів обчислювальної техніки для рішення питань найбільш раціональної організації виробництва, оперативного-перспективного планування і керування підприємствами чи групою підприємств – один з основних напрямків робіт в області автоматизації.

## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНІКУ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторні роботи проводяться в спеціалізованих лабораторіях шахтної автоматики, електропостачання та електричних вимірів кафедри "Електромеханіки і автоматики". На столах та стендах цих лабораторій є робоча напруга 220 В і більше, яке при недодержанні правил електробезпеки являє небезпеку для життя людини, яка працює з електроустаткуванням та електроприладами.

Перед проведенням лабораторних робіт всі студенти повинні ознайомитися з правилами техніки безпеки, що підтверджується особистим підписом у спеціальному журналі проходження інструктажу на робочому місці. Інструктаж студентів по правилам техніки безпеки на першому занятті проводить викладач, підпис якого повинен стояти в спеціальному журналі навпроти кожного прізвища студента.

При цьому особа, яка проводить інструктаж, звертає увагу на наступне:

- зони, небезпечні у відношенні ураження електричним струмом;
- дію персоналу в екстрених випадках;
- комутаційні апарати, що переривають електропостачання лабораторій;
- індивідуальні засоби захисту від ураження електричним струмом та заходи надання першої допомоги постраждалому.

При виконанні лабораторних робіт необхідно суворо дотримуватися наступних правил безпеки:

- категорично забороняється ввімкнення та відключення комутаційних апаратів ввідного щита;
- не можна залишати без нагляду лабораторну установку, що знаходиться під напругою;
- у разі виникнення аварійної або непередбаченої ситуації, установку необхідно вимкнути;
- необхідні з'єднання в схемах здійснювати лише при відсутності напруги на лабораторному стенді;
- заборонено здійснювати переключення чи інші дії, які не передбачено порядком проведення лабораторної роботи;
- подача напруги на об'єкт дослідження чи пристрій здійснюється лише після перевірки схеми викладачем та в його присутності.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Лабораторні роботи з дисциплін "Основи автоматизації гірничого виробництва" та "Автоматизація гірничих машин та мікропроцесорна техніка" виконують з метою закріплення студентами теоретичних знань, які були отримані студентом на лекціях, а також оволодіння студентом практичними навичками дослідження технічних засобів автоматизації.

Перед та після проведення лабораторних робіт студент повинен вміти:

- читати конструктивні та принципові електричні схеми;
- узагальнювати та виділяти окремі блоки та вузли, що виконують певні функції;
- аналізувати роботу зазначених вузлів;
- складати структурні, функціональні та конструктивні схеми та коротко описувати роботу цих схем;
- шукати та знаходити можливі шляхи подальшого удосконалення засобів, що вивчаються;
- формулювати інженерні висновки.

### **Методика виконання лабораторних робіт**

Перед виконанням кожної лабораторної роботи студент повинен самостійно здійснити підготовку, в процесі якої ретельно вивчається опис похідних схем, а також відповідний розділ конспекту лекцій та рекомендованої літератури, що зазначена в методичних вказівках. При цьому слід:

- вивчити призначення, область застосування та склад пристрою, що досліджується;
- ознайомитися з описом структурної чи принципової схеми, звернувши особливу увагу на способи отримання, перетворення та представлення інформації а також на елементи настроювання, захисту та ін.;
- відповісти на контрольні питання;
- оформити та захистити звіт з лабораторної роботи.

Якщо з поважної причини студент не зміг вчасно відпрацювати лабораторну роботу, то він повинен це зробити у додатковий час, який визначається викладачем.

### **Вимоги до оформлення та змісту звіту**

По закінченню лабораторної роботи студент оформляє звіт. Звіт виконується в учнівському зошиті або на листах аркушів формату А4 в рукописному або машинописному вигляді (за вимогою викладача). Звіт повинен містити у повному обсязі матеріали, які визначено у вимогах, що є в кінці кожної лабораторної роботи даних методичних вказівок. Результатом роботи є конкретні схеми відповідно до завдання, які виконано на окремих аркушах, що розміщуються після першого посилання в тексті. Всі необхідні типи схем повинні мати достатню глибину розкриття принципу роботи засобів, що вивчаються. Умовно-графічні позначення елементів повинні відповідати вимогам



держстандартів [4] та супроводжуватися коротким описом принципу роботи з вказівкою напрямку передачі сигналів, їх типів та параметрів, які проставляють над стрілками, що з'єднують різні блоки та вузли представлених схем. В кінці звіту представляються інженерні висновки, які містять критичний аналіз роботи пристроїв та пропозиції по їх удосконаленню.

### **Захист звіту**

Перед початком наступного заняття студент представляє викладачу для перевірки оформлений звіт з попередньої роботи. Якщо в результаті перевірки звіту виникнуть зауваження, то студент зобов'язаний їх письмово виправити.

Захист звіту здійснюється шляхом усної співбесіди викладача і студента з тематики роботи, що захищається. При незадовільному захисті студент повторно захищає його у додатковий час. Дату і час повторного захисту визначає викладач.

## Лабораторна робота №1

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ КОНТАКТНИХ ДАТЧИКІВ І ПРИНЦИПУ ЇХ РОБОТИ

Цілі заняття:

1. Ознайомлення з загальними положеннями про датчики.
2. Вивчення конструкцій контактних датчиків і принципу їх роботи.

#### *Основні теоретичні положення*

У будь-якій системі автоматики і телемеханіки автоматизація здійснюється в залежності від технологічного процесу об'єкта і основних контрольованих величин, що сприймаються датчиками.

*Датчиком*, чи первинним перетворювачем, називають пристрій, що здійснює сприйняття контрольованої величини і перетворення її у величину, зручну для сприйняття системою автоматизації об'єкта. Датчик характеризується вхідною (контрольованою) величиною і вихідною, які по можливості повинні бути зв'язані лінійною залежністю. З загальноосвітніх курсів відомо кілька видів чутливих елементів (датчиків): термопари, фоторезистори, фотодіоди і т.п.

У термопарі вхідною величиною є температура, а вихідною – ЕРС (електрорушійна сила), у фоторезисторі – відповідно освітленість і зміна опору напівпровідника. У залежності від різновиду вихідної величини датчики поділяються на генераторні та параметричні. У генераторних датчиках контрольована величина перетворюється в ЕРС, що генерується.

У ряді випадків датчики мають на виході змінні омичний, індуктивний або ємнісний опори. Включення контактів реле розраховано на використання разом з вимірювальними схемами, що не є їх конструктивними елементами. Датчик, в якому контрольована величина перетворюється в зміну власного параметра, називається параметричним.

У рудниковій автоматизації і телемеханіці (АіТ) датчики класифікуються за родом контрольованої величини і можуть бути поділені на такі, що контролюють температуру, рівень копалини і рідини, механічні переміщення, швидкість та інші величини. В основу роботи таких датчиків покладено принцип включення (чи відключення) ланцюга під дією вхідної контрольованої величини, яка може бути механічним впливом, зміною положення копалини в бункері, рівня води у водозбірнику, тиску рідини в трубопроводі і т.п.

У системах АіТ застосовуються контактні шляхові і кінцеві вимикачі, що фіксують положення механізмів і подають у систему керування дискретні команди: зупинки, реверсування, гальмування і т.п. Для цих цілей застосовують кінцеві вимикачі КУ-131(136), КУ-501(504Т), ВК-311А; щіткові датчики ДЩ-1; вибухобезпечні вимикачі ВВ-5, ВКВ-380В й ін. У ряді контактних систем установлюють мікроперемикачі МП-1, МП-5 й ін.

Для контролю рівня рідин і сипучих матеріалів використовують електродні датчики типів ЕД і ДР. Кінцеві вимикачі типу КУ призначені для комутування ланцюгів керування механізмами. Вимикачі КУ-131(136) випускаються в

нормальному загальпромислового виконанні, а вимикачі КУ-231(236) – у бризгонепроникненому корпусі. Ці кінцеві вимикачі застосовуються для керування двома ланцюгами напруги до 500 В и тривалим струмом до 20 А.

Конструктивно вимикач улаштовано у такий спосіб: у корпусі розташований валик із закріпленими на ньому двома кулачковими шайбами. При повороті валика, шайби впливають на контактні важелі і замикають чи розмикають контакти. Валик зв'язаний з важелем, що приводиться до руху механізмом. Струм вимикача визначається формою важеля.

Вимикачі КУ-500 застосовуються як шляхові чи кінцеві в ланцюгах керування в тих випадках, коли потрібно східчає замикання двох електрично незалежних контактів. Виконання вимикачів розрізняються за формою приводного важеля, числом положень вала та способом його фіксації в цих положеннях.

Вимикачі ВВ-6П та ВКВ-380М застосовуються в схемах автоматичного чи дистанційного керування механізмами на гірничих підприємствах в якості шляхових і кінцевих вимикачів.

Мікроперемикачі МП-1 і МП-3 забезпечують миттєве переключення контактів при лінійних переміщеннях стрижня приблизно на 0,3—0,7 мм. Вони допускають тривалий струм до 3 А в ланцюгах напругою 380 В.

Мікроперемикачі часто використовують в якості комутуючих елементів в різних пристроях автоматики, наприклад в пневматичних реле часу РВП-1М, моторних реле часу.

Електродні датчики призначені для контролю рівнів рідин і сипучих матеріалів.

*Датчик рівня ДУ-1* (рис. 1), призначений для контролю рівня копалини в бункері, вміщений у пластмасовому корпусі 5 з кришкою 4. У корпусі на сталевій основі 1 жорстко закріплений рим-болт 7 за допомогою гайки 2, на якому є гак для підвішування електроду 6. У нижній частині корпуса встановлене охоронне кільце 9, що запобігає помилковому спрацьовуванню датчика через шар пилоутворення. Гумові прокладки 3, 8, 10 слугують для герметизації та ущільнення корпуса. В якості електрода застосовується металева труба, ланцюг чи трос. Датчик встановлюється над бункером, при заповненні якого створюється ланцюг струму між корпусом бункера, копалиною та електродом і спрацьовує відповідна схема АіТ.

*Електродний датчик ЕД-1* (рис. 2) призначений для контролю рівня води у водозбірнику при автоматизації водовідливних установок.

Датчик складається зі сталевого диска 1, армованого для захисту від корозії шарами свинцю 8. На стакан 2 диску нагвинчено кабельне введення 4 з затискною гайкою 5 і ущільнююче гумове кільце 6. У середині стакана уварено контактний гвинт 3 для приєднання кабелю. Простір 7 після приєднання кабелю заливається мастикою для запобігання корозії проводу в місці з'єднання. Датчик підвішується на контрольованому рівні води у водозбірнику і при досягненні цього рівня утворюється ланцюг струму між заземленням, водою і диском, що забезпечує роботу автоматизованого водовідливу.

*Щітковий датчик ДЩ-1*, призначений для контролю положення вагонеток, скипів, перекидачів і т.п., являє собою сталеву основу, на якій в

ізолюваній обоймі закріплена щітка з контактного дроту. Датчик встановлюється в місці проходження об'єкта, при цьому утворюється ланцюг між об'єктом і електродом щітки. Можливість іскроутворення при терті щітки виключає роботу датчика у вибухонебезпечному середовищі.

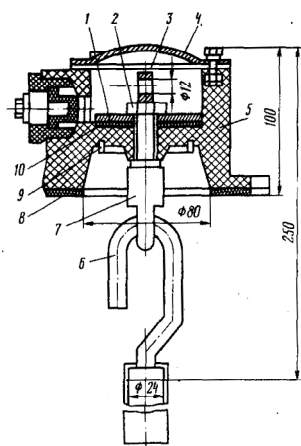


Рис. 1 – Датчик рівня

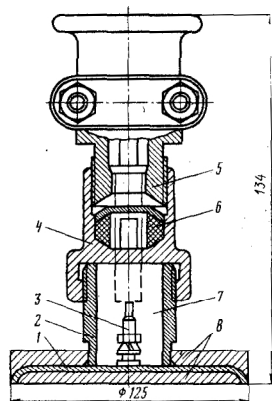


Рис. 2 – Електродний датчик

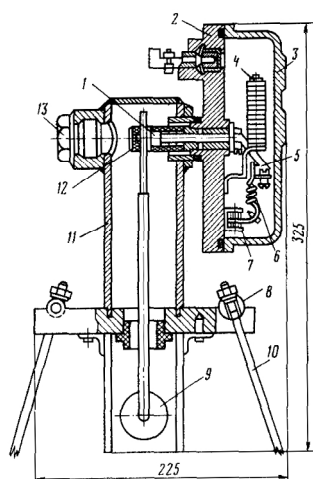


Рис. 3 – Реле контролю продуктивності РПН

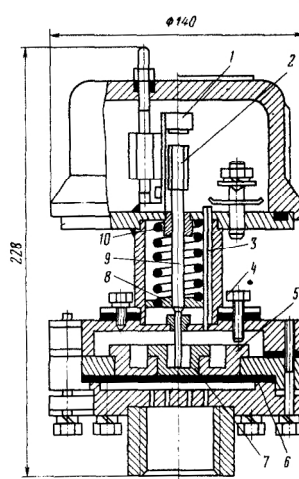


Рис. 4 – Реле контролю тиску РДВ

Ряд датчиків у рудниковій автоматичі, що мають релейну характеристику, прийнято іменувати реле. До таких датчиків відносяться реле контролю РПН, РПФВ-1ДО, РДВ й ін.

*Реле контролю продуктивності РПН* (рис. 3) призначено для автоматизації водовідливних установок. Реле має корпус 11 і плату 2, з'єднані болтами. У верхній частині є два отвори: одне для введення валика 1, і друге, яке заглушене пробкою 13 – для ключа під спеціальну гайку 12, що кріпить шток з гумовим прапорцем 9. Нижня частина корпусу складається з масивної плати з двома проушинами для поворотних валиків 8, за допомогою яких шпильками 10 реле закріплюється на трубопроводі. Кришка 3 закриває робочу камеру реле, у якій розміщується контактна група 4. При впливі потоку рідини на прапорець 9 повертається жорстко зв'язаний з ним валик 1 і важіль 5, який переключає контактну групу. Змінюючи попередній натяг пружини 6 за допомогою гвинта 7,

реле можна настроїти на спрацювання при визначеній швидкості потоку рідини. При зниженні швидкості рідини в трубопроводі прапорець під дією пружини повертається у вихідне положення. При цьому замикаються чи розмикаються електричні ланцюги, що сигналізують про несправність насоса чи його зупинку.

Реле контролю тиску РДВ (рис. 4) призначене для контролю заливання насоса.

Чуттєвий елемент реле тиску – діафрагма 6. Реле має два ступеня регулювання спрацьовування по тиску. Вибір ступені здійснюється при введенні в дію за допомогою гвинта 4 малого поршня 7 чи малого і великого 5 поршня разом, що відповідає зменшенню чи збільшенню робочої площі діафрагми. Сила тиску води, що сприймається діафрагмою, передається через поршень на шток 9, що впливає на мікроперемикач 1. Попередній натяг пружини 10, необхідний для чіткого спрацювання реле, регулюється штоком 9, у верхній частині якого є ділянка шестигранного перетину. При регулюванні шток угвинчують у спеціальну гайку 8, що фіксується шпилькою 3. Зазор між штоком і мікроперемикачем установлюється регулювальною гайкою 2.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, діафільми.
2. Стенди датчиків і окремі датчики.

### ***Порядок виконання роботи***

1. По демонстраційним плакатам та натурним зразками датчиків вивчити їх конструкцію та принцип роботи.
2. Для кожного датчика, що вивчається накреслити спрощену конструктивну схему та скласти короткий опис принципу дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, основні технічні характеристики, загальну чи спрощену схеми і принцип дії датчиків, що вивчалися на лабораторній роботі.

### ***Контрольні питання***

1. Дати визначення поняття "датчик".
2. Визначити основне призначення та область застосування датчиків.
3. Окреслити призначення та принцип дії датчика рівня ДУ-1.
4. Визначити, з яких вузлів складається реле РПН?
5. Яким чином здійснюється регулювання реле контролю тиску РДВ?
6. Знайти відмінності в конструкції та області застосування датчика рівня ДУ-1 та електродного датчика ЕД-1.
7. Визначити, чим характеризується робота датчика?
8. Знайти різницю між параметричними та генераторними датчиками.

## Лабораторна робота №2

### ВИВЧЕННЯ І ВИПРОБУВАННЯ АПАРАТУРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИБІЙНИХ МАШИН

Цілі заняття:

1. Вивчення загальних принципів автоматизації гірничих комбайнів.
2. Вивчення принципу дії та конструкції регулятора навантаження УРАН.
3. Випробування та налагодження регулятора навантаження УРАН.

#### *Основні теоретичні положення*

Автоматизація гірничих комбайнів і комплексів дозволяє виконати наступні завдання:

- підвищити продуктивність гірничої машини за рахунок більш повного використання потужності двигуна;
- збільшити надійність і термін служби машини;
- зробити можливим включення гірничих машин у систему централізованого контролю та керування із застосуванням засобів обчислювальної техніки.

Питання автоматизації гірничих машин пов'язано з комплексом засобів дистанційного керування, системи попереджувальної сигналізації і зв'язку, впровадженням автоматичних регуляторів навантаження та інших пристроїв.

Замкнутий цикл автоматизації мають автоматичні регулятори навантаження, які працюють по програмі, заздалегідь встановленою людиною. Така система автоматичного регулювання (САР) навантаження двигуна комбайна може мати три варіанти зі зміною: швидкості подачі; різання; подачі й різання.

З теорії роботи механізмів відомо, що для підтримки постійного навантаження на двигун і забезпечення максимальної продуктивності машини (комбайна) необхідно здійснити вибір оптимальних значень швидкості подачі та швидкості різання залежно від міцності вугілля. При цих умовах також повинно здійснюватися автоматичне коректування по зниженню струму навантаження в залежності від температурного режиму двигуна, тому що двигуни гірничих комбайнів працюють на перехідній потужності (годинно-тривала). Такий регулятор вимагає створення для комбайнів сучасного тиристорно-регульованого привода, де оптимальні параметри роботи будуть забезпечуватися обчислювальною машиною, зв'язаною з регулятором. У теперішній час на основі першого варіанта регулювання Макіївським заводом шахтної автоматики випускається регулятор навантаження УРАН, який виконано на сучасній елементній базі із застосуванням інтегральних мікросхем.

Уніфікований регулятор навантаження УРАН забезпечує:

- стабілізацію заданого значення струму навантаження шляхом автоматичної зміни швидкості подачі;
- захист двигуна від «перекидання» (зупинки);
- зменшення швидкості подачі до нуля при пуску комбайна;

– узгодження з іншими ланцюгами дистанційного керування.

Функціональна схема регулятора показана на рис. 1. Регулятор має два канали: швидкості та навантаження, які спільно працюють на пристрої виходу. До каналу швидкості відносяться: датчик швидкості ДС, програма швидкості ПС, блок контролю швидкості БКС і блок вихідних пристроїв. До каналу навантаження відносяться: датчик струму ДТ, програма струму ПТ і імпульсний пристрій ІУ. У блоці каналу швидкості здійснюється порівняння двох напруг: датчика швидкості та програми швидкості, які пропорційні відповідно швидкості подачі  $v_n$  і установки швидкості програми  $v_y$ . У випадку різниці між ними виробляється сигнал на включення електрогідорозподільвача ЕГР по зменшенню або збільшенню швидкості подачі.

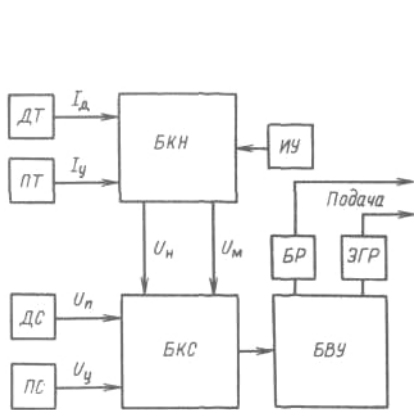


Рис.1 – Функціональна схема регулятора УРАН

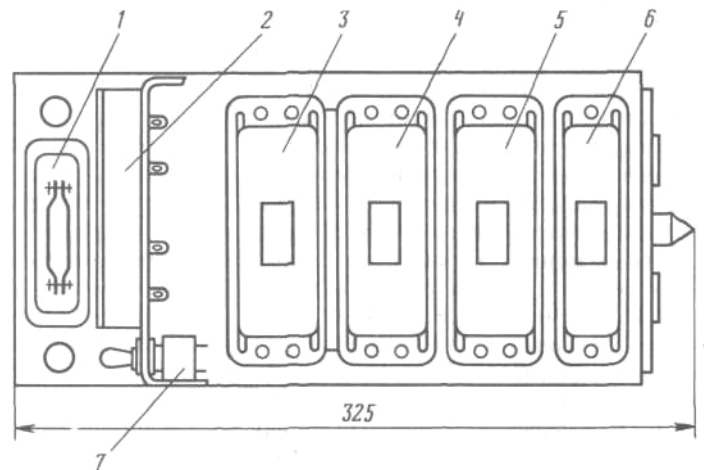


Рис. 2 – Електронний блок регулятора УРАН

У блоці каналу навантаження порівнюються напруги: напруга, пропорційна фактичному струму двигуна  $I_d$ , і напруга програми струмової уставки, пропорційна уставці  $I_y$ . При різниці цих значень у межах  $\pm 5\% I_y$  регулятор по каналу навантаження не працює (зона нечутливості). При різниці значення в межах 5-25% більше  $I_y$  з блоку БКН у блок БКС видається напруга  $U_n$  на імпульсне зменшення швидкості подачі до значення встановлення струму  $I_d$  у межах  $\pm 5\% I_y$ . Якщо неузгодженість струму  $I_d$  більше 25% струму  $I_y$ , то блок БКН видає безперервний сигнал на зменшення швидкості подачі. При недовантаженні двигуна комбайна, тобто коли  $I_y \gg I_d$ , блоком БКН видається напруга  $U_m$  на збільшення швидкості подачі до значення встановленого програмою швидкості ПС. У випадку застосування в комплексі з комбайном запобіжної лебідки її керування здійснюється блоком реле БР. При пуску комбайна в блоці БКС працює реле часу, що видає сигнал на установку нульової швидкості подачі, а через 2-3 с здійснюється процес на нормальне її регулювання. До регулятора УРАН входять пристрої: електронний блок, датчик струму, датчик швидкості, панель індикації, джерело живлення і пульт керування. У комплексі з регулятором УРАН встановлюється апарат контролю роботи електродвигунів КОРД, що забезпечує захист при технологічних перевантаженнях, перекиданні та обриві однієї з фаз.

Електронний блок регулятора (рис. 2) являє собою шасі, на якому встановлені: штепсельне рознімання 1 для підключення; програма струму й тривалості імпульсів 2; перемикачі 7 «Навантаження - швидкість» і «Ручне -

автоматичне»; блок контролю навантаження 3; блок контролю швидкості 4; блок вихідних пристроїв 5; блок реле 6. Програма струму й тривалості імпульсів закривається кришкою, на якій зображені положення перемичок, відповідно до обраного значення. Перемикач "Навантаження - швидкість" у першому положенні забезпечує роботу двох каналів регулятора, у другому – один.

В якості датчика струму застосовується трансформатор струму, виконаний на тороїдальному сердечнику. Трансформатор струму, елементи іскрозахисту та узгодження розміщені в пластмасовому корпусі та залиті епоксидним компаундом.

Датчик швидкості й напрямку подачі (рис. 3) являє собою диференціальний індуктивний датчик, що містить дві обмотки 3, розміщені в стакані магнітопровода 4. Стакан встановлено в корпусі 5 рухомо, і його положення визначається кришкою 1.

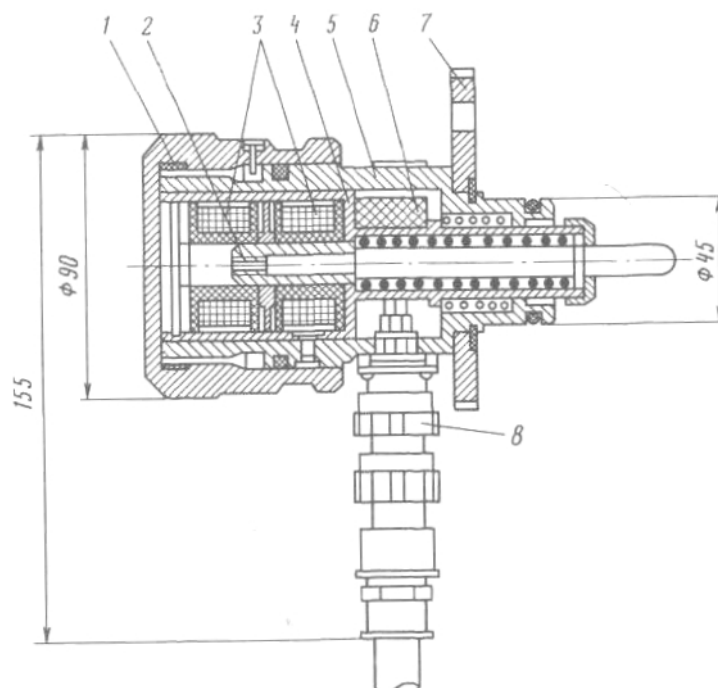


Рис. 3 – Датчик швидкості УРАН

Усередині магнітопровода переміщується круглий якір 2, який пружиною притискається до тяги статора гідронасоса комбайна та сприймає його ексцентричне переміщення. Обмотки датчика виведені через елементи вибухозахисту 6, залиті епоксидним компаундом у штепсельне рознімання 8. Кріплення датчика до корпусу комбайна здійснюється за допомогою фланця 7.

Пульт керування являє собою зварений корпус, на передній панелі якого розташовані: перемикач «Подача - лебідка», що забезпечує програму швидкості, кнопки управління комбайна та конвеєра, кнопка аварійного відключення фідерного автомата та перемикач дистанційного керування швидкості подачі.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Конструкції вузлів апаратури УРАН.
2. Крейдові схеми, плакатні посібники, діафільми.



## ***Порядок виконання роботи***

1. Визначити основні завдання автоматизації гірничих комбайнів за допомогою регулятора навантаження УРАН.
2. Вивчити принцип дії та конструкцію регулятора навантаження УРАН.

## ***Зміст звіту***

У звіті навести: загальні принципи автоматизації гірничих комбайнів, вимоги до апаратури автоматизації; ретельно розглянути структурну та функціональну схеми регулятора навантаження УРАН, його призначення, область застосування, основні конструктивні елементи та принцип роботи; вивчити конструкцію датчика швидкості УРАН.

## ***Контрольні питання***

1. Назвати основні задачі автоматизації гірничих комбайнів та комплексів.
2. Яку швидкість роботи комбайна можна вважати оптимальною?
3. Що забезпечує регулятор навантаження УРАН в питанні керування роботою комбайна?
4. Яким пристроєм забезпечується захист електродвигунів при технологічних перевантаженнях?
5. Визначити принципи, які покладено в основу роботи датчика швидкості апаратури УРАН?
6. Назвіть основні важелі керування, розташовані на пульті керування.

## Лабораторна робота №3

### ВИВЧЕННЯ УЛАШТУВАННЯ ДАТЧИКІВ І РЕЛЕ КОНТРОЛЮ ШВИДКОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ

Цілі заняття:

1. Вивчення основних вимог до автоматизації конвеєрних ліній.
2. Вивчення конструкцій датчиків і реле швидкості.
3. Розгляд роботи схеми реле швидкості.
4. Збирання схеми реле швидкості та випробування її в нормальних і аварійних режимах.

#### *Основні теоретичні положення*

При автоматизації конвеєрних ліній дотримуються наступних основних вимог:

1. Запуск конвеєрної лінії повинен здійснюватися почерговим включенням конвеєрів у напрямку, зворотному вантажопотоку. При цьому кожен конвеєр, що ввімкнувся, повинен забезпечити номінальну швидкість несучого органа, після чого подається команда на запуск наступного конвеєра. У випадку розгалуженої конвеєрної лінії спочатку запускається основний напрямок, а потім відгалуження.

2. При тривалому запуску конвеєр повинен відключитися та запобігти запуску інших конвеєрів. Під таким запуском конвеєра розуміють запуск за час більший зазначеного у паспорті. Тривалий запуск може призвести до загоряння стрічки конвеєра або до виходу з ладу механічної частини скребкового конвеєра.

3. У випадку аварійного режиму на конвеєрі він повинен бути відключений, а також повинні бути зупинені всі конвеєри, що подають вантаж на аварійний конвеєр.

Аварійним режимом конвеєра вважають: зниження швидкості несучого органа на 25%, утворення заштибовки місця пересипання між конвеєрами, схід стрічки конвеєра з напрямних роликів, різні несправності в механічній або електричній частинах конвеєра.

До основних вимог до конвеєрних ліній також варто віднести наявність попереджувальної і робочої сигналізації, можливість зупинки лінії з будь-якої точки, контроль за температурним режимом стрічки, забезпеченість гучномовним або телефонним зв'язком та ін.

Для контролю за робочими параметрами конвеєра застосовують спеціальні датчики, до яких відносяться: датчик рівня ДУ-1, що забезпечує контроль заштибовки, датчик швидкості стрічкового конвеєра УПДС-2 і датчик швидкості ДМ-2 для скребкового конвеєра. На рис. 1 – 3 показано конструкції датчиків конвеєрних ліній.

*Датчик швидкості ДС* (рис. 1) складається з трубчастої обойми 2, в якій на підшипниках 8, 10 встановлено східчастий вал 9 з напресованим постійним магнітом 7. У трубчастій обоймі встановлено пластмасовий циліндр 5, в якому розташована статорна обмотка 6 десятиполюсного однофазного тахогенератора змінного струму та іскробезпечний шунт 4, залитий епоксидною смолою. Виводи

обмотки через шунт під'єднанні до колодки 3. Підключення кабелю до датчика здійснюється через борнове введення 1. Захист від попадання штибу всередину датчика забезпечується ущільнювальним пластмасовим кільцем 12. Обертання тахогенератора здійснюється від стрічки конвеєра через покритий гумою шків 11. Датчик встановлюється основою 13 на раму конвеєра. Необхідне притискання його до стрічки конвеєра забезпечується пружиною 14.

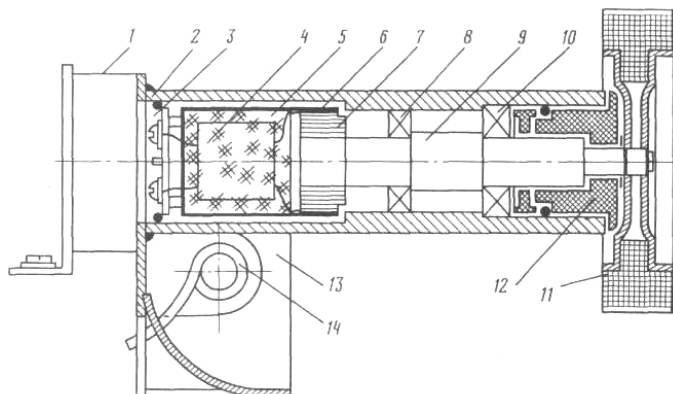


Рис. 1 – Датчик контролю швидкості ДС

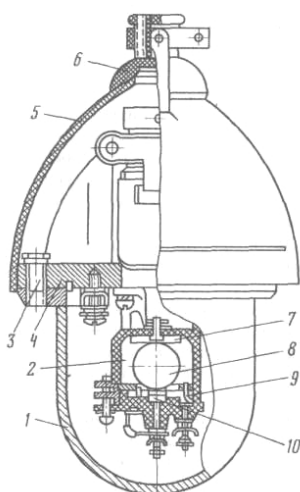


Рис. 2 – Датчик контролю заштибовки ДЗШ

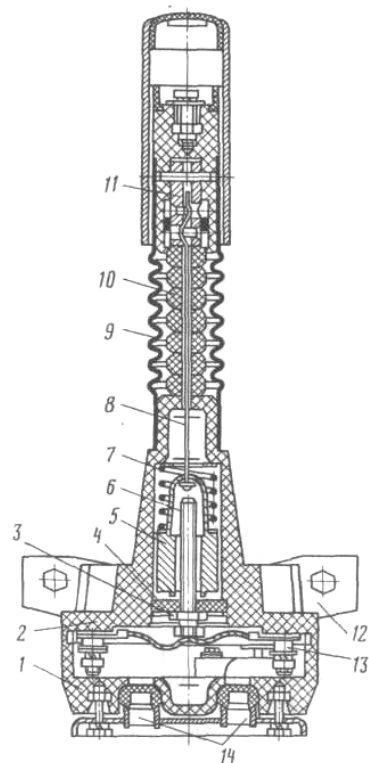


Рис. 3 – Датчик сходу стрічки КСЛ-2

*Датчик контролю заштибовки ДЗШ* (рис. 2) складається з: кулькового контактного елемента 2, розміщеного у вибухобезпечному корпусі 1, кришки 4 зі штуцером 3 для введення кабелю, ковпака 5 і гумового ущільнення 6, контактної посрібленої кульки 8, укріпленої на опорі 10, контактної кільцевої контакту 7, з'єднаного з опорою 10. При нахилі контактної елемента, розміщеного у верхній частині корпусу, на  $11 - 14^\circ$  кулька переміщується і замикається з контактним кільцем. При зменшенні кута нахилу до  $3 - 4^\circ$  кулька повертається у вихідне положення.

*Датчик сходу стрічки КСЛ-2* (рис. 3) складається з корпусу, гнучкого привода та виконавчого пристрою. Корпус 2 і кришка 1 виконані з волокниту. У корпусі розташовано виконавчий пристрій, що складається з магнітної системи 5 і магнітокеруємого контакту (геркона), вміщеного в капсулу 6, що вгвинчується в

шайбу 4 і фіксується гайкою 3. Гнучкий привод складається з пружини 7 гумового кожуха 9, восьми шайб 10, нанизаних на трос 8, що зв'язує магнітну систему з затискачем 11. У кришці датчика є два кабельних вводи 14. Жили кабелю підводяться до клем 13, які з'єднані з герконом. На корпусі датчика є планка 12, за допомогою якої датчик кріпиться до вантажної опори роликів. При впливі на гнучкий привод стрічкою за допомогою троса 8 відбувається переміщення кільцевої магнітної системи вздовж капсули, що призводить до замикання контактів геркона.

*Вимикач кабель-тросовий КТВ-2* призначений для екстреного припинення пуску або зупинки конвеєра з будь-якої точки конвеєрної лінії.

Усередині корпусу вимикача розташовані герконові контакт, постійний магніт і шток, механічно пов'язаний з кабель-тросом, який проходить по виробці. При впливі на кабель-трос у будь-якому місці виробки відбувається відключення конвеєрної лінії. На лицьовій стороні корпусу вимикача розташована ручка перемикача, що не допускає включення лінії при ремонтних і інших роботах. У схемах дистанційного автоматизованого керування конвеєрами працюючими у виробках шахт, небезпечних по газу, знаходять застосування вибухобезпечні реле швидкості та аварійного блокування типу РСА.

Реле РСА забезпечує автоматичне відключення двигуна конвеєра при аварійних режимах (зниження швидкості або обрив тягового органа), контроль часу пуску конвеєра та блокування, що виключає можливість повторного пуску конвеєра після аварійного відключення. Крім цього реле РСА можуть виконувати автоматичний послідовний пуск конвеєрів, включених у лінію, з необхідною витримкою часу між пусками окремих приводів і автоматичне відключення всіх конвеєрів, що подають вантаж на аварійний конвеєр, що відключився.

Зварений вибухобезпечний корпус реле РСА розділений на дві камери – введення й апаратну.

В апаратній камері на металевій панелі розміщена частина, що виймається, і на якій змонтовані всі вузли електричної схеми. Блок швидкості виконаний у вигляді окремого вузла зі штепсельним розніманням.

На передній кришці корпусу розташовані оглядові вікна міліамперметра та аварійної лампочки, а також штоки регульовального резистора і кнопка "Перевірка".

На рис. 4 показана схема автоматизації конвеєрної лінії із застосуванням реле швидкості РСА. Робота схеми здійснюється в такий спосіб.

Для запуску конвеєрної лінії на навантажувальному пункті натискають кнопку S1 при цьому утворюється ланцюг:

$T1(П1) \rightarrow F \rightarrow 6 \rightarrow 6 \rightarrow S1 \rightarrow 4 \rightarrow K3 \rightarrow V17 \rightarrow K1, K2 \rightarrow V16 \rightarrow K4 \rightarrow S4 \rightarrow 3 \rightarrow 7 \rightarrow T1(П1)$ .

У блоці РСА1 спрацьовують реле K1, K2. Контактном реле K2 діод V19 підключається паралельно проміжному реле К пускача П1 і конвеєр перший запускається.

При нормальній швидкості конвеєра від ЕРС датчика в напівпровідниковому блоці БРСА спрацьовує реле швидкості K3, яке замикаючим контактом забезпечує ланцюг:

$T1(П1) \rightarrow F \rightarrow 6 \rightarrow 6 \rightarrow S1 \rightarrow 4 \rightarrow K1 \rightarrow K1 \rightarrow K3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow K3 \rightarrow$

→ V17 → K1, K2 → V16 → K4 → S4 → 3 → 3 → 7 → T1(П1).

У блоці РСА2 спрацьовують реле K1, K2, здійснюючи аналогічний запуск другого конвеєра та всіх наступних конвеєрів у напрямку, зворотньому до вантажопотоку.

При запуску останнього конвеєра блок-контактами його пускача включається сигнальна лампа на навантажувальному пункті (на схемі не показана), що свідчить про запуск всієї конвеєрної лінії. Після одержання цього сигналу кнопка S1 відпускається й лінія переходить у нормальний режим роботи. Нормальна робота першого конвеєра (аналогічно й інших) проходить по ланцюгу:

T1 (П1) → F → 6 → 6 → S2 → 5 → V20, V21 → K1 → K3 → V15 → → K1, K2 → V16 → K4 → S4 → 3 → 7 → T1 (П1).

При пробуксовці та інших аварійних режимах у блоці БРСА відключаються реле K3 і спрацьовує K4, що приводить до розриву ланцюга нормальної роботи, відключенню аварійного конвеєра та всіх конвеєрів, що подають на нього вантаж.

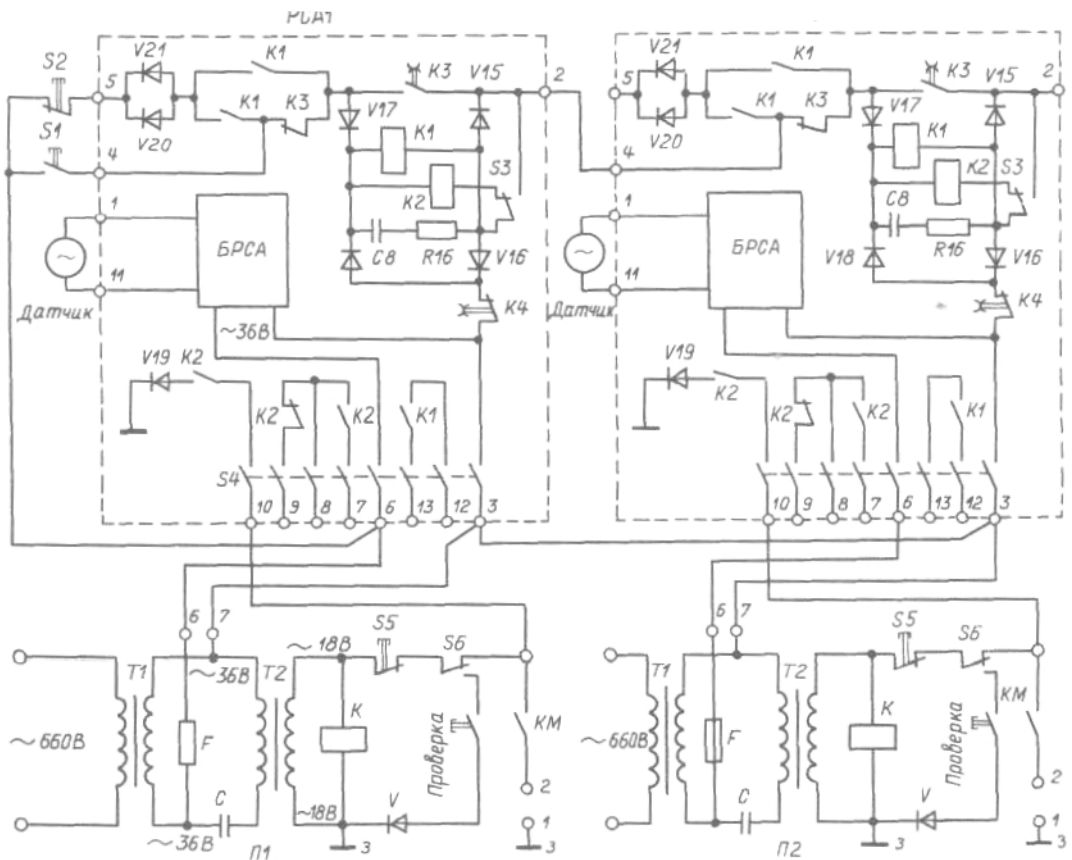


Рис. 4 – Схема автоматизації конвеєрів із застосуванням реле швидкості РСА

На рис. 5 показана схема блоку швидкості РСА і ланцюга його сполучення.

У вихідному положенні при подачі живлення 36 В (затискачі 3, 6) на блоці горить лампа Н1 підсвічування приладу РА та підведене живлення на стабілізований трансформатор Т1 і випрямляч V1. Від випрямляча V1 утворюється ланцюг:

+V1 → S1 → S5 → K1 →  $\frac{C4}{V13 \rightarrow C5}$  → - V1.

За рахунок заряду конденсатора C4 відкритий транзистор VT3 по ланцюгу:

+ C4 → R9 → БЭ (VT3) → - C4.

Транзистор VT3 забезпечує закритий стан складеного транзистора VT1, VT2 за рахунок дії негативного потенціалу випрямляча V1:

- V1 → ЭК(VT3) → БЭБЭ (VT2, VT1).

За рахунок заряду конденсатора C5 відкритий транзистор VT4:

+ C5 → R10 → БЭ (VT4) → - C5.

Транзистор VT4 утворює ланцюг струму:

+ V1 → S1 → S5 → R13 → КЭ(VT4) → -V1.

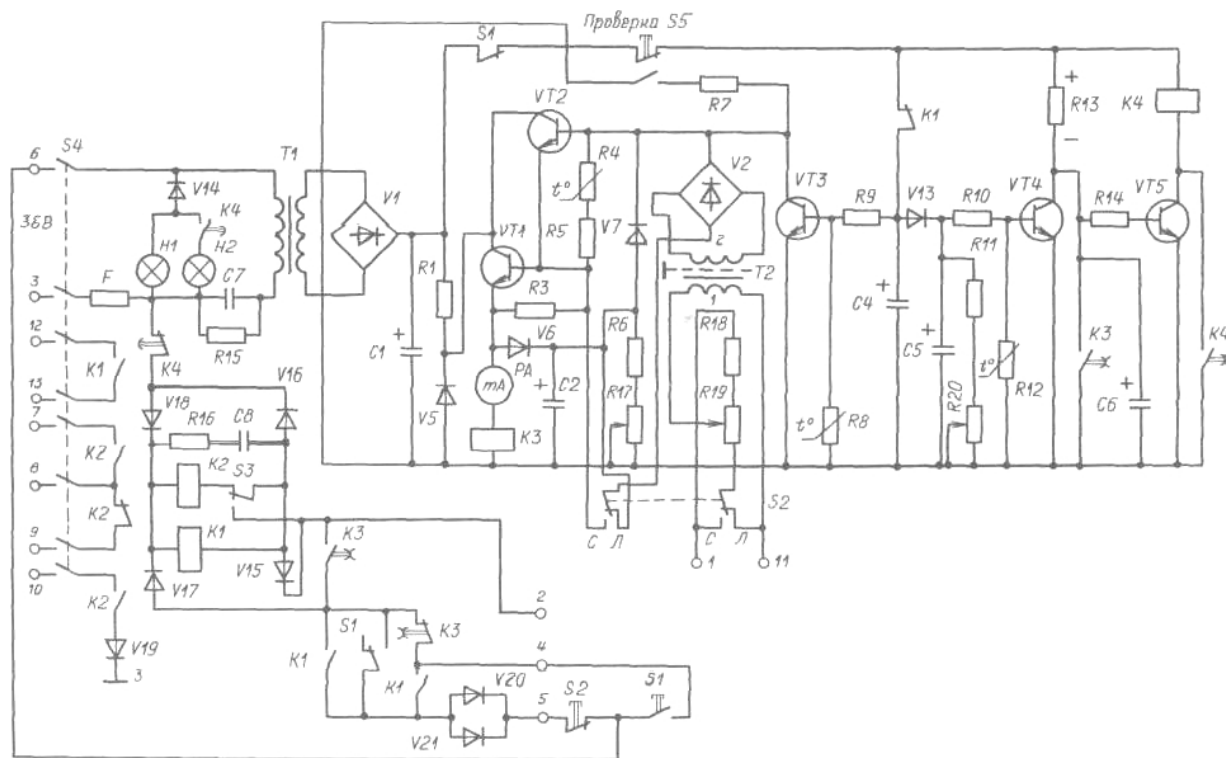


Рис. 5 – Схема блоку швидкості PCA

Створюється падіння напруги на резисторі R13, негативним потенціалом якого закритий транзистор VT5, реле K4 у його ланцюзі не працює.

При запуску конвеєра спрацьовують реле K1 і K2. Контакт, що розмикає, K1 розривається ланцюг заряду конденсаторів C4, C5. Конденсатор C4 розряджається протягом 5 с, а C5 — до 13 с. За 5 с конвеєр набирає номінальну швидкість. При цьому транзистор VT3 закривається, знімається закриваючий потенціал зі складеного транзистора VT1, VT2, а діюча ЕРС від датчика швидкості, що підключений на затискачі 1, 11 надходить на трансформатор T2 і випрямляч V2. Від випрямляча V2 відкривається складений транзистор VT1, VT2:

+ V2 → БЭ БЭ(VT2, VT1) → V6 → S2(л) → - V2.

Кінцева ступінь складеного транзистора створює ланцюг:

+ V1 → R1 → КЭ (VT1) →  $\frac{PA \rightarrow K3}{V6 \rightarrow C2}$  → - V1.

Спрацьовує реле K3 і заряджається конденсатор C2. Контактими реле K3 здійснюється запуск наступного конвеєра (див. рис. 4) і блокується падіння напруги на резисторі R13 (див. рис. 5):

+ V1 → S1 → S5 → R13 → K3 → -V1.

Це спадання напруги запобігає можливому відкриттю транзистора VT5 за рахунок розряду конденсатора C5 за часом.

При пробуксовці різко падає ЕРС датчика швидкості. Зменшення напруги випрямляча V2 повинне привести до закриття складеного транзистора VT1, VT2. Однак раніше, конденсатор, що зарядився, C2 розряджається протягом 5 с, підтримуючи відкритий стан складеного транзистора:

+ C2 → V7 → БЭБЭ (VT2, VT1) → PA → K3 → - C2.

Після закінчення часу відключається реле K3, що розмикаючим контактом відключає аварійний конвеєр (див. рис. 4) і всі конвеєри, що подають на нього вантаж.

Утворена витримка часу на відключення конвеєра при пробуксовці до 5 с запобігає відключенню конвеєра при короткочасному зниженні швидкості за рахунок різної кускуватости копалини, що транспортується.

При відключенні реле K3 (див. рис. 5) також створюється ланцюг струму на відкриття транзистора VT5:

+ V1 → S1 → S5 → R13 → R14 → БЭ (VT5) → -V1.

Транзистор VT5 забезпечує спрацювання реле K4 і перехід його на самоблокування:

+ V1 → S1 → S5 → K4 →  $\frac{K'Y(VT5)}{K4}$  → -V1.

Реле K4, що спрацювало, здійснює включення аварійної лампи H2 і розмикаючим контактом K4 (див. рис. 4) не допускає запуск аварійного конвеєра. Після усунення ушкодження пробуксовки, що визначається в режимі "Перевірка" на відповідному пускачі, короткочасно натискають кнопку S5. При цьому відключається реле K4 і схема готова до наступного запуску.

При тривалому запуску раніше ніж встигне спрацювати реле K3 встигає розрядитися конденсатор C5. За рахунок зникнення падіння напруги на резисторі R13 аналогічно відкривається тріод VT5 і спрацює реле K4, здійснюючи раніше зазначені дії, такі як при пробуксовці.

При роботі блоку швидкості від датчика ДМ-2 перемикач S2 встановлюється у положення "С" – скребковий. Kontakтами цього перемикача складений транзистор VT1, VT2 переводиться в режим окремих триодів, а також змінюється межа подачі напруги на трансформатор T2. Таке перемикання необхідно через набагато меншу напругу датчика ДМ-2.

У схемі апаратури РСА передбачені регулювальні резистори:

R17 – регулювання на відключення конвеєра при пробуксовці;

R19 – регулювання залежно від швидкості несучого органа конвеєра;

R20 – регулювання часу на відключення при тривалому запуску.

У процесі регулювання залежно від швидкості несучого органа конвеєра користуються приладом PA і кнопкою "Перевірка" S5. Для забезпечення надійності блоку від зміни напруги живлення та зміни температури навколишнього середовища живлення схеми здійснюється через ферорезонансний стабілізатор (T1, C7, R15), напівпровідниковий стабілізатор (R1, V5), і в базових ланцюгах транзисторів здійснюється стабілізація режиму робочих точок термісторами R4, R8, R12.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Датчики ДУ-1, ДЗШ, УПДС-2, ДС, ДМ-2, ДМ-2М, КСЛ-2, КТВ-2.
2. Стенд реле швидкості РСА.
3. Крейдові схеми, плакатні посібники, діафільми.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами та натурними зразками датчиків вивчити їх конструкцію та принцип роботи.
2. Для кожного датчика, що вивчається накреслити спрощену конструктивну схему та скласти короткий опис принципу дії.
3. Розглянути принцип роботи реле швидкості РСА.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, основні технічні характеристики, загальну чи спрощену схеми і принцип дії датчиків, що вивчалися на лабораторній роботі.

### ***Контрольні питання***

1. Відзначити основні вимоги до автоматизації конвеєрних ліній.
2. Визначити аварійні режими роботи конвеєра?
3. На якому принципі заснована дія датчику контролю швидкості ДС?
4. З яких конструктивних елементів складається датчик контролю заштибовки?
5. Описати принцип дії датчика сходу стрічки КСЛ-2.
6. Яким чином вмикається в схему живлення кабель-тросовий вимикач КТВ-2?
7. Визначити призначення реле швидкості та аварійного блокування РСА.



## Лабораторна робота №4

### ЗБИРАННЯ СХЕМИ І ВИПРОБУВАННЯ АПАРАТУРИ АВТОМАТИЧНИХ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ АУК.1М

Цілі роботи:

1. Вивчення конструкції апаратури АУК.1М.
2. Вивчення принципу дії апаратури АУК.1М.
3. Збирання схеми керування конвеєрною лінією.

#### *Основні теоретичні положення*

Комплекс АУК.1М призначений для автоматизованого керування стаціонарними та напівстаціонарними нерозгалуженими конвеєрними лініями, що складаються зі стрічкових і скребкових конвеєрів (не більше десяти). Розрахований на застосування в підземних виробках шахт, небезпечних по газу або пилу.

При застосуванні комплексу АУК.1М для керування розгалуженими конвеєрними лініями з числом відгалужень до трьох; кожне відгалуження управляється як самостійна нерозгалужена лінія. Разом з пультом керування розгалуженими лініями (ПРЛ) комплекс забезпечує централізоване керування розгалуженими конвеєрними лініями із числом маршрутів до шести.

До складу комплексу АУК.1М входять:

- пульт керування ПК;
- виносний прибор-показчик ВПП;
- блоки керування конвеєрів БК;
- блок кінцевого реле БКР;
- датчики швидкості УПДС (ДС), ДМ-2 (ДМ-2М);
- датчики контролю сходу стрічки КСЛ-2;
- кабель-тросові вимикачі КТВ-2;
- сирени ВСС-3М або гудки ГПРВ-2М.

Комплекс АУК.1М виконує наступні функції.

1. Автоматичний послідовний пуск конвеєрів, складених у лінію, в порядку, зворотному напрямку руху вантажопотоку, з необхідною витримкою часу між пусками окремих приводів.
2. Пуск із пульта керування як всієї конвеєрної лінії, так і її частини.
3. Дозапуск з пульта керування частини конвеєрної лінії без відключення працюючих конвеєрів та подачею попереджувальної сигналізації.
4. Пуск із місця будь-якого привода конвеєра при оглядах, ремонтах і випробуваннях.
5. Контроль заданого максимального часу запуску кожного конвеєра.
6. Автоматичне відключення привода конвеєра при аварійних режимах і відключення всіх конвеєрів, що подають вантаж на ушкоджений конвеєр.
7. Можливість екстреного припинення запуску з будь-якої точки конвеєрної лінії.
8. Можливість роботи апаратури на розгалуженій конвеєрній лінії.

## ***Конструкція комплексу АУК.1М***

Пульт керування та блоки управління комплексу змонтовані в типових вибухобезпечних корпусах. Виймальна панель пульта керування (рис. 1) складається з: блоку живлення на трансформаторі Т1; сигнальних реле К1, К4; пускового реле К5; реле відключення лінії К6, реле нульового захисту К3; блоку реле часу на транзисторах VT1, VT2; реле К2. Блок живлення представляє собою ферорезонансний стабілізатор напруги, утворений обмоткою 1 трансформатора Т1 і конденсатора С3. Вторинні обмотки 2 – 6 мають іскробезпечні параметри.

До складу блоку керування (рис. 2) входять: стабілізований блок живлення на трансформаторі Т3, реле контролю швидкості на транзисторах VT4 – VT9; блок заштибовки БЗ із живильним трансформатором Т5; блок відліку часу та телефону БОТ; реле сигналізації К7; реле керування К8, К12; реле відключення конвеєра К10 й інші елементи. Блоки реле швидкості, заштибовки, відліку часу і телефону змонтовані на окремих друкованих платах і встановлені за допомогою рознімачів, що допускає їх швидко заміну при ремонтних роботах.

Виносний прибор-показчик (див. рис. 1) виконаний у корпусі нормального виконання та з'єднується з пультом керування кабелем, всі його ланцюги іскробезпечні. У середині корпуса міститься прилад РА1 (mA), що показує число працюючих конвеєрів. За допомогою резисторів R19, R20 здійснюється настроювання шкали приладу. У корпусі на штепсельних розніманнях також встановлено блок телефону.

Блок кінцевого реле представляє собою металевий корпус, у якому встановлено реле К14 (див. рис. 2) і комутаційні деталі. Блок встановлюється на правому відділенні введень блоку керування останнього конвеєра. Основне призначення блока – видача команди відповіді про запуск всієї лінії та перехід системи автоматики комплексу з пускового режиму в робочий.

### ***Порядок виконання роботи***

Лабораторний стенд являє собою куткову основу, на якій змонтовані пульт керування, блоки керування та інші елементи апаратури.

Ланцюги елементів апаратури виведені на щитки затискачів і відповідно до заводської нумерації затискачів забезпечують збирання схеми апаратури. На лабораторному стенді можуть бути застосовані робочі моделі конвеєрів або окремі приводи датчика швидкості й двигуна.

Основна робоча апаратура стенда не повинна піддаватися детальному розбиранню окремих елементів через значну складність, тому що це може викликати вихід її з ладу та порушити проведення роботи наступними групами учнів.

1. Керівник занять пояснює загальні принципи роботи апаратури та її функціональні можливості.

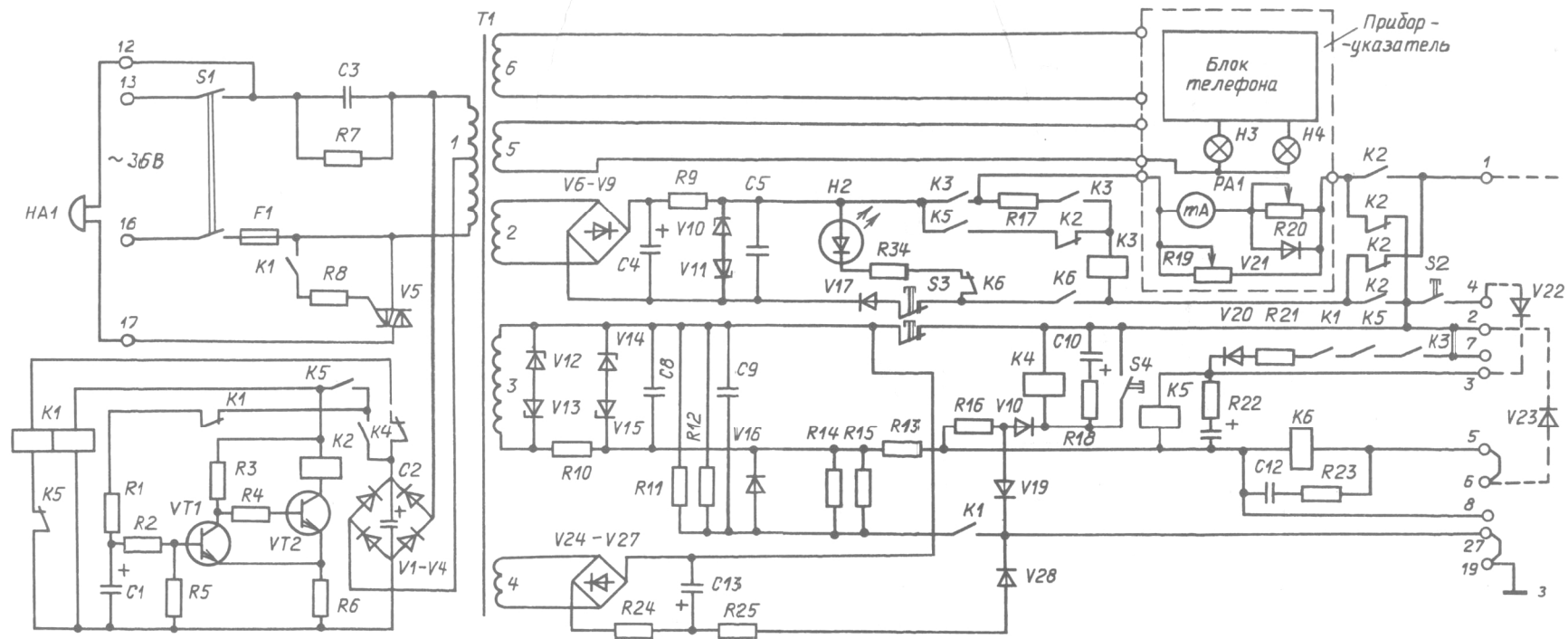


Рис. 1 – Схема пульта керування апаратури АУК.1М

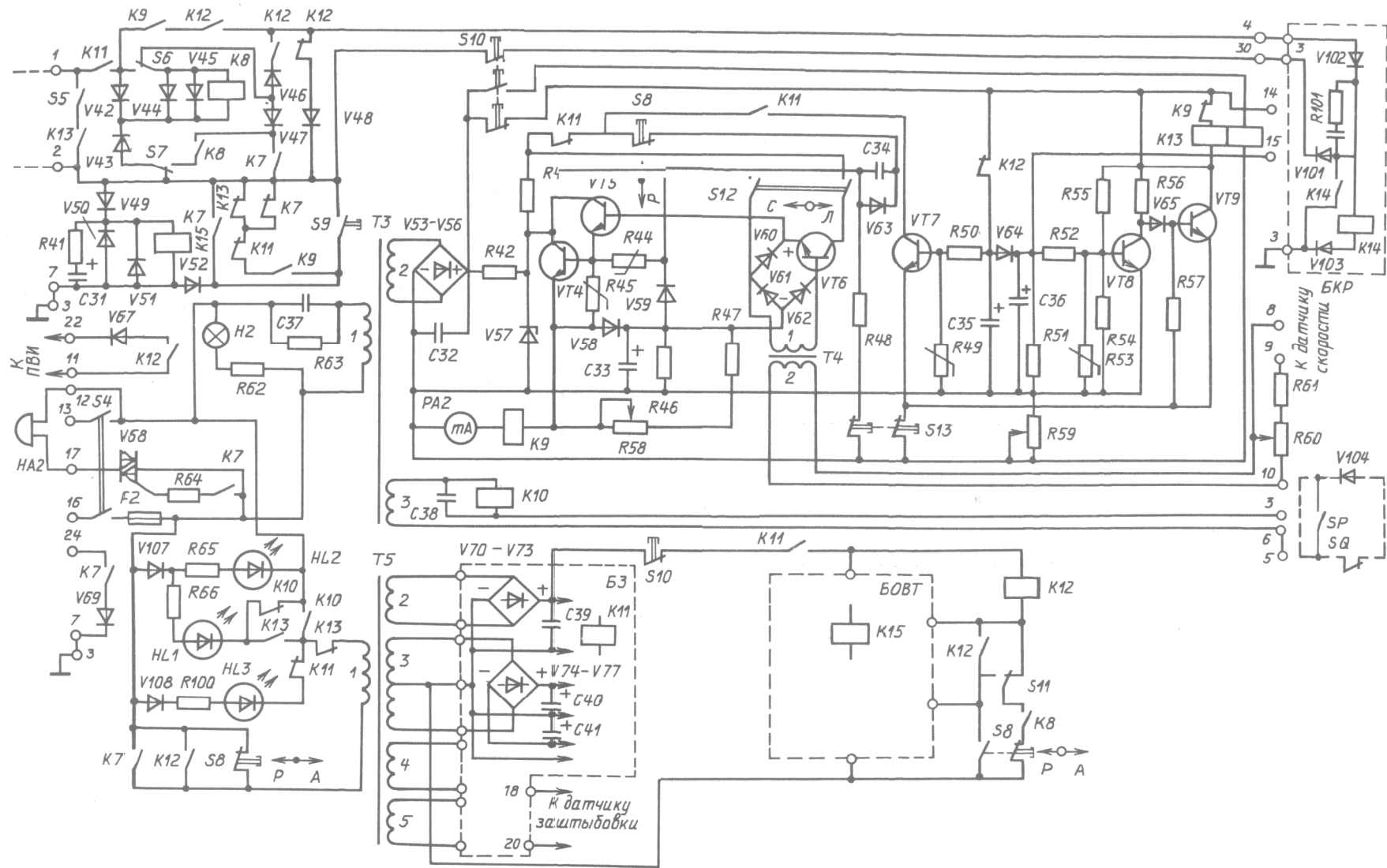


Рис. 2 – Схема блока керування апаратури АУК.1М

2. Відповідно до комплектації апаратури і наявних конструктивних креслень, учні вивчають роботу датчиків й інших елементів.

3. Відповідно до монтажною схемою (рис. 3а) здійснюється збирання стенду випробування апаратури.

4. Після перевірки схеми керівником заняття проводиться її випробування в різних режимах з налаштуванням часових параметрів.

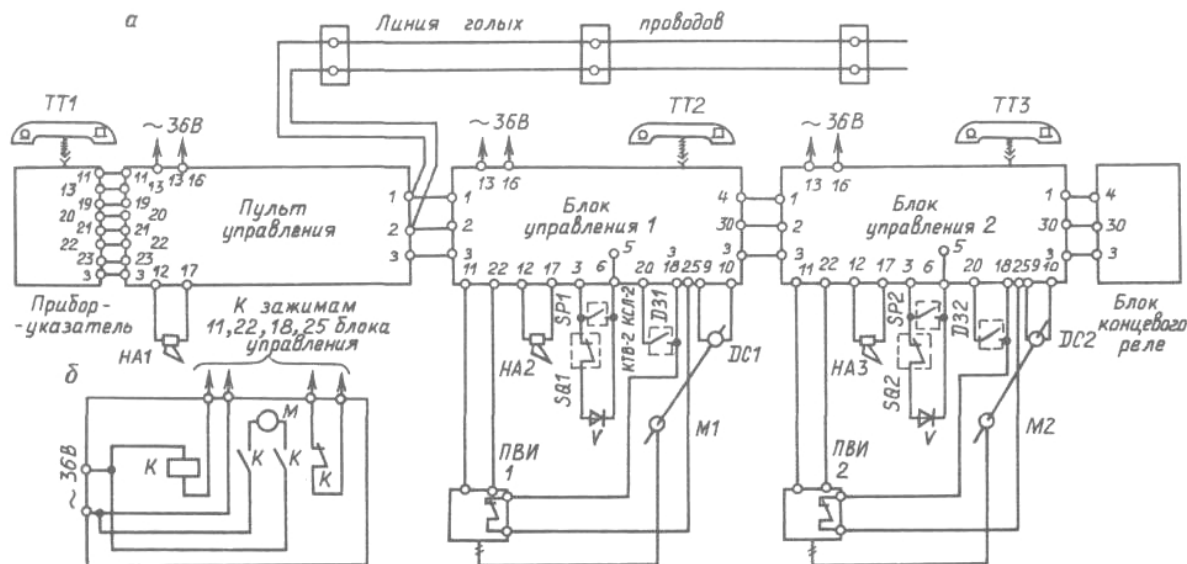


Рис. 3 – Схема випробувань апаратури АУК.1М

Привод датчиків ДС здійснюється фрикційною передачею з валом однофазного асинхронного двигуна (рис. 3б).

Імітацію аварійних режимів можна здійснювати відключенням або шунтуванням відповідних ланцюгів на щитку затискачів (наприклад, датчика швидкості, датчика заштибовки) або зовнішнім впливом на датчики апаратури.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Стенд випробування комплексу АУК.1М.
2. Запасний блок пульта керування.
3. Запасний блок управління конвеєром.
4. Датчики УПДС-2, ДМ-2, КСЛ, КТВ, ДУ-1, ДС, ДМ-2М.
5. Контрольно-вимірні прилади.
6. Сполучні проведення.
7. Інструмент.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, основні технічні характеристики, загальну чи спрощену схеми і принцип дії комплексу АУК.1М. Скласти структурну схему комплексу та зробити опис її роботи.

### ***Контрольні питання***

1. Відзначити основні вимоги до автоматизації конвеєрних ліній.
2. Визначити призначення комплексу АУК.1М.
3. Що входить до складу комплексу АУК.1М?
4. Які функції виконує комплекс автоматизації конвеєрних ліній?
5. Яким чином здійснюється відключення конвеєрної лінії при аварійних режимах?
6. Визначити призначення виносного прибору-вказівника.
7. Навести основні аварійні режими роботи, які контролюються комплексом АУК.1М.

## Лабораторна робота №5

### ВИВЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОВІДЛИВНИХ УСТАНОВОК

Цілі заняття:

1. Ознайомлення з загальними принципами автоматизації водовідливних установок.
2. Вивчення гідравлічної схеми автоматизованого водовідливу.
3. Вивчення розміщення та установки датчиків, блоків й інших пристроїв.

#### *Основні теоретичні положення*

Водовідливні установки шахт повинні забезпечувати надійну відкачку води з підземних виробок при порівняно малих експлуатаційних витратах. Такі установки можуть бути головними, дільничними та допоміжними. Головні відкачують на поверхню увесь приплив шахтної води, а дільничні – з дільниці у водозбірник головної водовідливної установки, допоміжні працюють на окремих ділянках підприємства за необхідністю.

Автоматизація водовідливних установок передбачає їх роботу без постійної присутності обслуговуючого персоналу та гарантує точність, безпомилковість їх роботи по програмі залежно від рівня води у водозбірнику.

На рис. 1 показана гідравлічна схема автоматизованої головної водовідливної установки. Процес автоматизації насосного агрегату полягає в наступному. При верхньому рівні води у водозбірнику електродний датчик 4 верхнього рівня видає сигнал у загальний блок насосів 5. У цьому блоці спрацьовує команда на включення заливочного насоса 3, що здійснює заливку основних насосів 2 за часом. Після закінчення часу заливання блок 5 здійснює ввімкнення двигуна 1 основного насоса 2. При цьому видається сигнал на включення електропривода відкриття засувки 7, що приводить до поступового підвищення подачі основного насоса. Потім відключаються заливальний насос і електропривод засувки. У такому стані схема функціонує до відкачки води нижче датчика нижнього рівня. Блок 5 видає команду по включенню електропривода засувки на її закриття та відключення основного насоса. Аналогічно працюють насосні агрегати 2 і 3, що одержують команди від блоків керування 6. Застосування в циклі автоматизації роботи моторної засувки зменшує дію гідравлічного удару на систему трубопроводів та елементи основного насоса. При малих висотах нагнітання електроприводи засувок не застосовуються.

У системі автоматизації водовідливу здійснюються захисти по контролю температури підшипників датчиками 10, подачі насосів – реле продуктивності 8 і заливки – реле тиску 9. В аварійних режимах від цих елементів у блоки насосів подаються сигнали, які забезпечують відключення несправного агрегату та автоматичне введення резервного за програмою, що розглядалася раніше. Система автоматизації також передбачає можливість роботи одного або кількох агрегатів при верхньому, підвищеному, аварійному рівні, а якщо буде потреба – виведення агрегатів на ремонт або ручне керування. У гідравлічній схемі

передбачається два напірні стави: робочий та резервний. Їх робота забезпечується групою вентилів 11.

У випадку ручного заливання користуються вентилями 12, встановленими на нагнітальному трубопроводі в системі засування, і зворотні клапани 13. Розвантажувальні пристрої 14 забезпечують вільний вихід повітря з насоса при заливанні та знижують осьовий тиск на ротор. Процес заливання забезпечується прийомним клапаном 15.

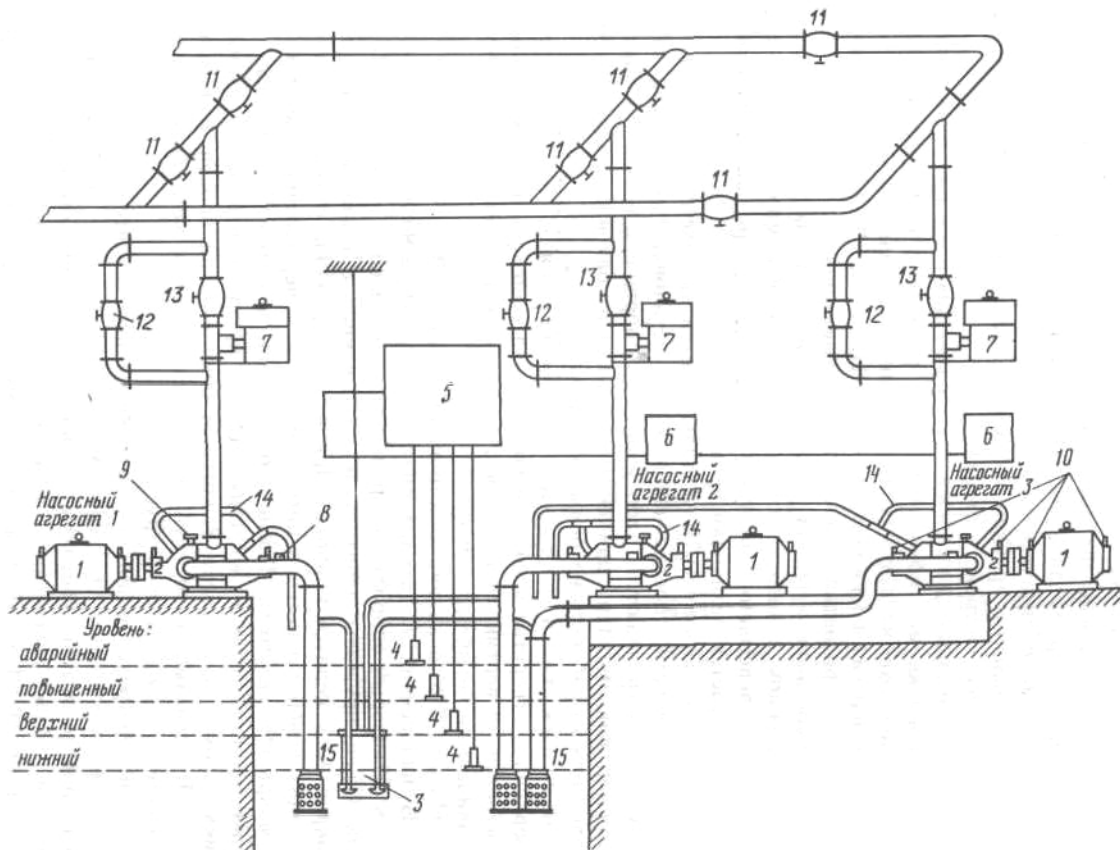


Рис. 1 – Гідравлічна схема автоматизованої водовідливної установки

### **Лабораторний стенд апаратури автоматизації водовідливу**

Апаратура автоматизації водовідливу розкріплена на вертикальній звареній основі, виготовленої з кутника. На лабораторному місці стенда вивчають розміщення та установку датчиків, блоків та інших пристроїв відповідно до гідравлічної схеми автоматизації.

Конструкції ряду датчиків і реле водовідливних установок були розглянуті в лабораторній роботі №1. На даному занятті здійснюється закріплення вивченого матеріалу та усвідомлюється розміщення та установка всіх пристроїв стенда.

Електродні датчики ЕД-1 розміщуються в прийомному колодязі водозбірника на гнучких кабелях з гумовою або полівинилхлоридною оболонкою на висотах певних рівнів.

Реле продуктивності РПН (або РПФВ-1К) встановлюється на горизонтальній ділянці всмоктуючого трубопроводу, для цього в трубі вирізається щілина. В отвір вставляють нижню частину реле із прапорцем і затягують гайки шпильок обтиснюючого хомута. Для усунення засмоктування повітря між корпусом реле та трубопроводом розташовується гума прокладка.



Реле тиску РДВ установлюється на всмоктувальній кришці насоса в отвір, призначений для установки вакуумметра. При цьому реле налагоджують на роботу на малому поршні, а великий поршень стопорять гвинтами. При застосуванні заливання з бакового акумулятора реле повинно працювати на великому поршні.

Датчик температури ТДЛ монтується в спеціальному отворі в корпусі підшипника з можливим відхиленням отвору по вертикалі не більше  $20^\circ$ . На один насосний агрегат установлюються чотири датчики.

На рис. 2 показана конструкція датчика ТДЛ.

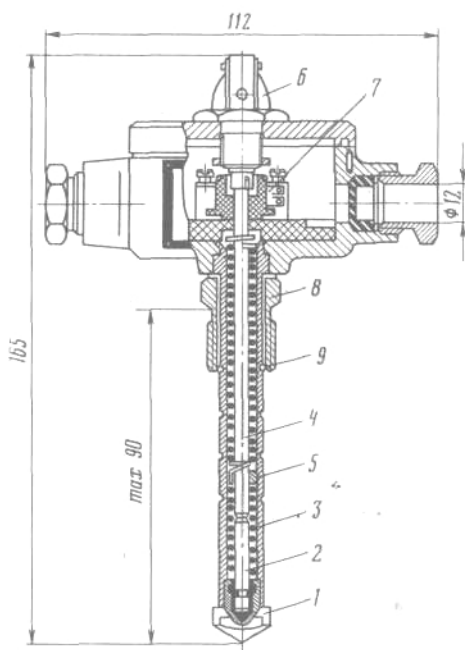


Рис. 2 – Конструкція датчика ТДЛ

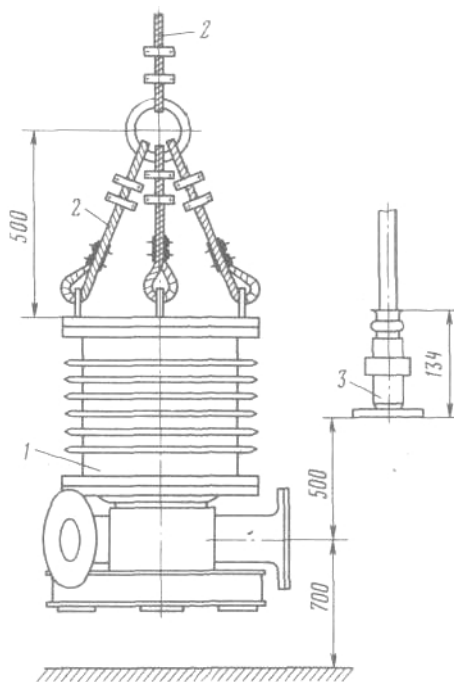


Рис. 3 – Схема розміщення заливочного занурювального насоса

У наконечник 1 датчика сплавом Вуда ( $t_{пл} = 80^\circ \text{C}$ ) впаяно стрижень 2, який спіральною пружиною 3 укріплений з валиком 4. Нижній кінець пружини через втулку 5 з'єднаний з валиком, а верхній закріплений у корпусі приладу. При взводі пружини рукояткою 6 відбувається поворот валика у витках пружини та перемикання контактів 7 мікроперемикача. Після цього датчик переходить у вихідне положення, тобто готовий до роботи. Датчик кріпиться в корпусі підшипника за допомогою штуцера 8, що опирається на д्रोкове кільце 9. Залежно від глибини отвору кільце встановлюється у відповідне виточення трубки.

При перегріві підшипника в наконечнику плавиться сплав Вуда й порушується його зв'язок зі стрижнем. Рухлива частина датчика повертається, розмикаючи контакти 7. Остиглий датчик може бути приведений у робоче положення поворотом рукоятки на  $90^\circ$ .

Датчик ТДЛ має рудничне нормальне виконання та розривний струм контактів 3 А.

Для заливання головних насосів застосовують заливаний занурювальний насос ЗПН, який постійно перебуває у воді та розрахований на заливання одного-трьох насосних агрегатів.

На рис. 3 показана схема розміщення залівного занурювального насоса 1 у прийомному колодязі водозбірника. Насос підв'язують на тросах 2 і узгоджують з розміщенням електродного датчика 3 нижнього рівня. В якості нагнітального трубопроводу застосовують гофрований шланг, на кожному з яких установлюють вентиль для відключення залівання при виводі основного насоса на ремонт.

Блок водозбірника, що представляє собою кутникову конструкцію, складається з нижнього та верхнього водозбірників.

У нижньому водозбірнику встановлені насоси типу ПА-22 і чотири електродних датчики з заземлюючим електродом.

Верхній водозбірник обладнаний перепусковим пристроєм, датчиками продуктивності та трубопроводом магістральної води. На нагнітальному трубопроводі розташовані крани. Скидання води по закінченню роботи здійснюється вентилем. Бічні стінки водозбірника виконані з товстого скла та умуровані спеціальною замазкою.

Блок реле продуктивності складається з трьох реле продуктивності РПН і станції керування (рис. 4). Кожне реле продуктивності обладнано електромагнітом (Y1–Y3), якір якого механічно зв'язаний з прапорцем реле. Електромагніти підключені до станції керування. Виконана в типовому пластмасовому корпусі станція керування складається з трансформатора Т, трьох реле типу РКН і конденсаторів іскрогасіння С1–С3. Затискачі реле К1–К3 з'єднані з контактами електродних датчиків SL1–SL3, встановленими на нагнітальних трубопроводах робочих насосів водозбірника.

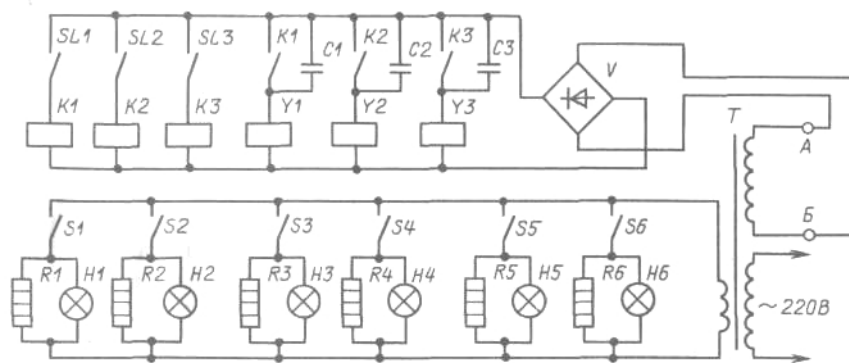


Рис. 4 – Станція керування продуктивності та температури

Загальний процес роботи блоків продуктивності полягає в наступному. При номінальній продуктивності насоса через ланцюг потоку води спрацьовує електродний датчик SL1 (SL2 або SL3) і слідом за ним реле К1 (К2 або К3), яке контактом включає електромагніт Y1 (Y2 або Y3), що приводить до спрацювання реле продуктивності.

Застосування станції допускає установку насосів малої продуктивності та виконання необхідних функцій апаратури автоматизації.

Блок температурних датчиків ТДЛ обладнано нагрівачами R1–R6, сигнальними лампами H1–H6 і перемикачами S1–S6. Перемикачі слугують для включення прогріву датчика, а сигнальні лампи – фіксування номера датчика, що підігрівається. Кожний нагрівач являє собою ніхромову спіраль з проводом діаметром 1 мм, установлену на шпильках поблизу наконечника датчика. Блок

температурних датчиків живиться напругою 12 В від трансформатора Т допоміжних ланцюгів.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Комплекс гідравлічної схеми автоматизації водовідливу.
2. Датчики рівня.
3. Реле продуктивності.
4. Реле тиску.
5. Датчики температури.
6. Заливний насос.
7. Моторні засувки.
8. Резервні блоки апаратури автоматизації.
9. Планшети наочності.

### ***Порядок виконання роботи***

1. По демонстраційним плакатам вивчити склад гідравлічної схеми автоматизації водовідливу.
2. По "теоретичним положенням" розглянути та занотувати порядок включення блоків схеми автоматизації.
3. Визначити розташування датчиків апаратури автоматизації.
4. Разом з викладачем провести всі необхідні процедури по вивченню роботи автоматизованої водовідливної установки.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: гідравлічну схему автоматизації водовідливу, дати опис гідравлічної схеми; описати лабораторний стенд апаратури автоматизації водовідливу; описати конструкцію датчика ТДЛ; подати схему розміщення заливного заглибленого насоса; подати схему та опис блоку реле продуктивності.

### ***Контрольні питання***

1. Визначити основне призначення та типи водовідливних установок.
2. Що передбачає автоматизація водовідливних установок?
3. Які рівні встановлення електродних датчиків можна виділити на схемі автоматизації?
4. В якій послідовності здійснюється автоматизований запуск водовідливної установки?
5. З яких елементів складається датчик температури ТДЛ?
6. Описати принцип дії датчика ТДЛ.
7. Відзначити розміщення заливного заглибленого насоса у водозбірнику по відношенню до електродного датчика.
8. З яких основних частин складається блок реле продуктивності?
9. Визначити величини, що характеризують роботу датчика рівня?

## Лабораторна робота №6

### ЗБИРАННЯ СХЕМИ ТА ВИПРОБУВАННЯ АПАРАТУРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ВМІСТУ МЕТАНУ

Цілі заняття:

1. Вивчення принципу дії та конструкції апаратури автоматизації контролю вмісту метану.
2. Збирання схеми апаратури автоматизації.
3. Перевірка, налаштування та випробування схеми в різних режимах.

#### Основні теоретичні положення

Одне з основних завдань забезпечення безпеки робіт на шахтах, а саме попередження можливих вибухів газу метану – застосування відповідної апаратури газового захисту та забезпечення відповідного до вимог виробництва режиму провітрювання. Основою апаратури автоматичного контролю та газового захисту є комплекс "Метан".

Комплекс "Метан" забезпечує місцевий і диспетчерський контроль вмісту метану, видачу команд на аварійну сигналізацію та відключення електропостачання контрольованих об'єктів при граничній концентрації газу метану. Уставки спрацювання пристрою апаратури на відключення складають: 0,5; 0,7; 1,0; 1,5; 2,0%, а межі безперервного виміру від 0 до 2,5% концентрації газу метан.

Апаратура комплексу "Метан" поставляється в наступних модифікаціях:

1. Аналізатор метану АТ1-1 для тупикових вибоїв (рис. 1а). До комплекту аналізатора входять апарат сигналізації АС-5 і датчик метану ДМТ-4.
2. Аналізатор метану АТЗ-1 для видобувної дільниці (рис. 1б). Цей аналізатор забезпечує контроль вмісту метану в трьох точках. До комплекту аналізатора входять апарат сигналізації АС-6 і три датчика метану ДМТ-4.
3. Система автоматичного контролю метану (рис. 1в). До системи входять ряд аналізаторів, ланцюги контролю яких зведені на диспетчерську стійку прийому інформації СПИ-1. До кожного апарата сигналізації АС-5, АС-6 підключається сирена СИ-1 для аварійної сигналізації. Між датчиками й апаратами сигналізації передбачається зв'язок за допомогою спеціальних слухавок ТИТ-1.

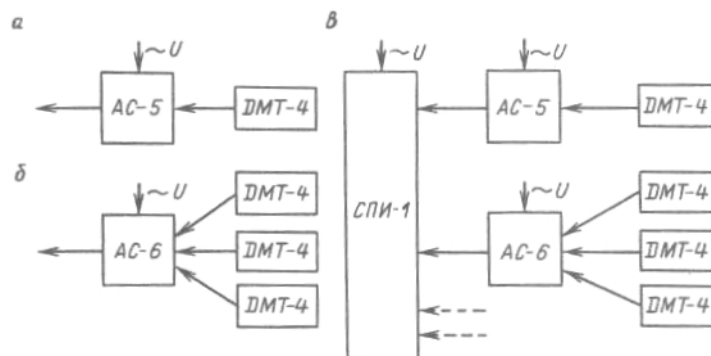


Рис. 1 – Структурні схеми комплексу апаратури "Метан"

## Конструкція апаратури "Метан"

Датчик метану термокаталітичний ДМТ-4 розміщений у пластмасовому корпусі, в якому на частині, що виймається, розташовуються: блок живлення, виконавчий блок, телеметричний підсилювач, блок резисторів і передня панель. На передній панелі встановлені: контролюючий вимірювальний прилад, чутливий елемент, кнопка перевірки, світлодіоди та резистори для настроювання датчика. Частина, що виймається, з'єднується з корпусом за допомогою штепсельного роз'єднання.

Чутливий елемент представляє собою датчик (рис. 2). У пластмасову основу 7 елемента вплавлено чотири стрижні, на яких розташовуються робочий резистор 3 і резистор порівняння 4. Основу з резисторами встановлено в корпусі 8, затиснено гайкою 6, ущільнено гумовим кільцем 5. На верхню частину корпуса напаяні два сітчастих ковпачки 1 і 2. Резистори представляють собою циліндри з активного окису алюмінію з намотаними на них спіралями з платинового дроту. Робочий резистор відрізняється від порівняльного тим, що його поверхня просочена платино-паладієвим каталізатором.

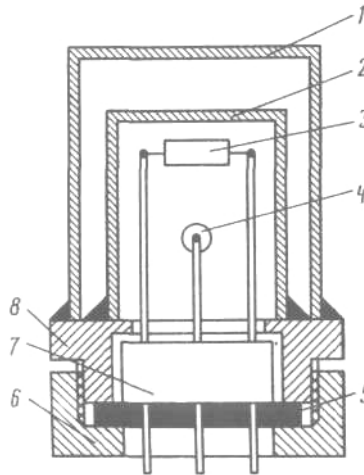


Рис. 2 – Чутливий елемент апаратури "Метан"

Апарат сигналізації АС-5 розміщений у типовому вибухобезпечному корпусі, у якому на частині, що виймається, розташовані живильний трансформатор, блоки живлення сирени, виконавче реле та генератор 14 кГц. На передній панелі частини, що виймається, встановлені вимірювальний прилад і дві сигнальні лампи.

Робота схеми аналізаторів АТІ-1. При включенні аналізатора (рис. 3) напруга із затискачів 12, 13 через блокувальний роз'єднувач S1 надходить на трансформатор Т. Із вторинної обмотки 2 трансформатора напруга 110 В забезпечує живленням іскробезпечний ферорезонансний стабілізатор Ст, вихідна напруга якого діє через затискачі 1, 2 на блок живлення БП датчика ДМТ-4. Напруга 24 В з вторинної обмотки 3 трансформатора надходить на блок живлення сирени БПС, блок сигналізації БС, генератор частоти G, у ланцюги сигнальних ламп Н1, Н2 і реле К1. Зв'язок датчика з апаратом сигналізації здійснюється чотирижильним телефонним кабелем. У ланцюзі стабілізатора Ст і блоці живлення БП забезпечується робота реле К блоку БРК за рахунок поділу змінної і

постійної складових струму розподільчими конденсаторами, які розташовані в зазначених елементах. Блок живлення датчика видає ряд напруг для забезпечення роботи мостової схеми, блоку резисторів БР, виконавчого блоку БИ, телеметричного підсилювача УТ і ланцюгів світлодіодів Н1, Н2, Н3. Робочий та порівняльний резистори  $R_p$  та  $R_{cp}$  з резисторами  $R_{10}$ ,  $R_{11}$  утворять міст, який живиться змінною напругою 2 В і є первинним елементом з виробки сигналу залежно від концентрації метану. Блок резисторів у комплексі з резисторами  $R_r$ ,  $R_n$ ,  $R_c$  забезпечує сполучення по перетворенню сигналу мостової схеми до необхідного значення та передачі його у виконавчий блок БИ. Виконавчий блок складається з наступних пристроїв й елементів: фазочутливих підсилювачів ФЧУ1, ФЧУ2; реле часу РВ; діодних оптронів V4, V9 і ланцюгів сполучення.

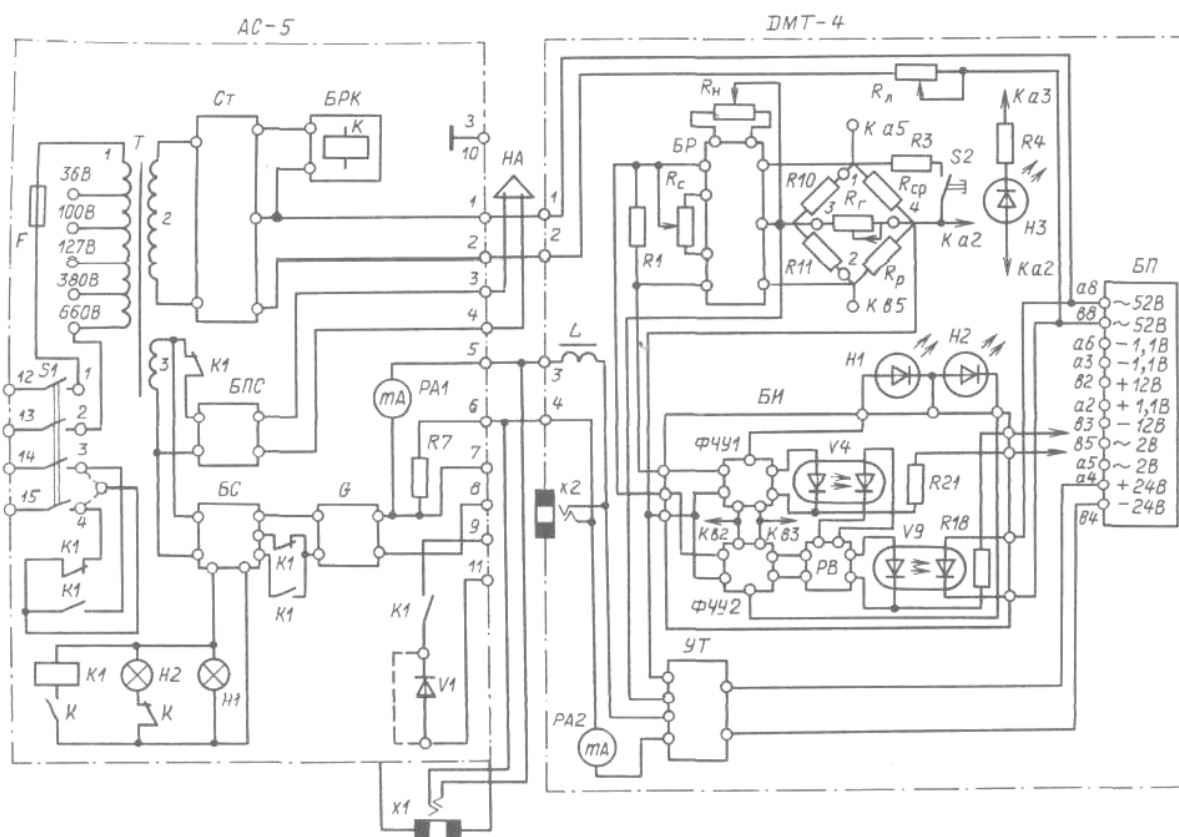


Рис. 3 – Функціональна схема аналізатора АТ1-1

При поданому живленні та нульовій концентрації метану міст датчика невірноважений (досягається настроюванням резисторів  $R_r$ ,  $R_n$ ,  $R_c$ ), змінна напруга, що діє в певній фазі в діагоналі моста (точки 3, 4), надходить через блок резисторів на вхід виконавчого блоку. У цьому блоці сигнал сприймається фазочутливим підсилювачем ФЧУ1, сигналом якого включається світлодіод оптрона V4. Другий діод оптрона V4 відкривається та забезпечує підготовку до роботи реле часу РВ і включення інверсною функцією оптрона V9. Діодною частиною цього оптрона забезпечується утворення постійної складової струму між блоками БП і Ст, що веде до спрацьовування реле К у блоці БРК і включенню реле К1.

Контактами реле К1 забезпечується: зняття живлення з блоку БПС; включення генератора частоти G; нормальний стан фідерного автомата (затискачі

14, 15) або магістрального пускача (затискачі 9, 11). При цьому в апараті АС-5 і датчику ДМТ-4 горять зелена сигнальна лампа Н1 і світлодіод Н3, що вказують на наявність живлення та нормальну концентрацію метану.

При граничній концентрації метану на робочому резисторі відбувається безпламеневе згоряння газу, опір резистора  $R_p$  збільшується, що веде до встановлення рівноваги моста, а надалі до появи напруги у діагоналі моста, що змінився по фазі. Припиняє працювати фазочутливий підсилювач ФЧУ1, оптрон V4 і реле часу з витримкою часу  $20 \pm 5$  хв відключає оптрон V9. При цьому відключається реле К і К1. Реле К1, що відключилося, здійснює наступні перемикання: відключає автоматичний фідерний вимикач або магістральний пускач; подає живлення на блок БПС, що веде до включення сирени НА; включається замикаючим контактом мультівібратор блоку БС, що забезпечує пульсуючу роботу генератора частоти G; включається червона сигнальна лампа Н2. У датчику ДМТ-4 інверсно горить світлодіод Н1 граничної концентрації метану. При концентрації метану, що перевищує 1,3 від установленної межі спрацювання, фазочутливий підсилювач ФЧУ2 знімає витримку часу з реле РВ. При цьому миттєво відключається електроенергія та включається світлодіод Н2 другого рівня концентрації метану.

Телеметричний підсилювач УТ, ланцюг приладів РА1, РА2, що контролюють процентний вміст метану, і частотний генератор G забезпечують необхідну місцеву інформацію та інформацію на диспетчерській стійці СПИ-1.

### ***Лабораторний стенд, перевірка, налаштування комплексу "Метан"***

Стенд являє собою кутникову підставку, на якій розташовується комплекс кожної із зазначених модифікацій. На рис. 4 показана схема стенда аналізатора метану АТ-1. Після вивчення конструкції апаратури та принципу її дії учні збирають схему стенда та випробовують її в нормальному й "аварійному" режимах. Аварійний режим штучно створюється натисканням кнопки "контроль" на датчику ДМТ-4. При цьому спостерігаються показання приладів в апараті та датчику і при значенні 1,3 граничної концентрації метану відбувається відключення електроенергії (відключення лампи Н і двигуна М). Розбаланс мостової схеми можна робити додатковим регулювальним резистором з опором 200–300 Ом, що підключають до контактів 1, 4 на передній панелі виймальної частини датчика. Аналізатори метану поставляються заводом такими, що настроєні на уставку спрацювання 1%, другий порог спрацювання при цьому 1,3%. Якщо за умовами експлуатації потрібна інша уставка, то необхідно здійснити перебудову апаратури резистором  $R_c$  (див. рис. 3). В умовах шахтних спеціалізованих майстерень датчики комплексу "Метан" перевіряють і налаштовують на нову уставку в іспитовій камері КИМ для створення метано-повітряної суміші не менш 30 л на один датчик. У комплект такого стенда входять: газовий балон, газометр, інтерферометр й інші пристрої. Обслуговувати такий стенд повинен оператор зі спеціальною підготовкою. В умовах лабораторії такий стенд може бути тільки імітований без наявності газового середовища.

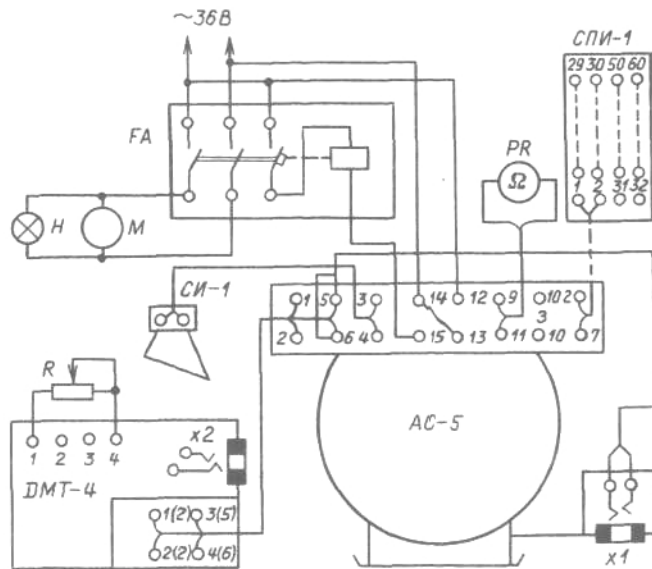


Рис. 4 – Стенд апаратури "Метан"

На передній панелі датчика встановлений ряд регулювальних резисторів:

$R_{л}$  – для виключення похибки, що вноситься опором лінії живлення датчика. При довжині кабелю до 800 м движок резистора повинен перебувати в середньому положенні, при більшій – у крайньому лівому;

$R_{с}$  – для установки уставки спрацьовування;

$R_{н}$  – для установки нульової концентрації метану при перевірці й наступному спуску апаратури в шахту;

$R_{г}$  – для ліквідації похибки пристрою, датчика, що відключає. Його регулювання здійснюється при перевірці датчика в іспитовій камері.

У запропонованому стенді контроль нормальної роботи ланцюга керування магістрального пускача здійснюється омметром PR. Малогабаритний "фідерний" автомат FA виготовлений на базі промислового автомата АП-50, у якому одна обмотка максимального струму (1 А) використана як котушка, що відключає.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Стенд комплексу "Метан".
2. Виймальна частина апаратів АС-5, АС-6.
3. Виймальна частина датчика ДМТ-4.
4. Чутливий елемент (термогрупа).
5. Омметр М57, авометр АВО-63.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: загальні відомості про комплекс "Метан", призначення, область застосування, основні технічні характеристики, загальну чи спрощену схеми та принцип дії комплексу; вивчити принцип роботи аналізатора АТ1-1 за спрощеною схемою; описати стендові випробування апаратури.



### *Контрольні питання*

1. Визначити функції, що виконує комплекс "Метан".
2. У яких модифікаціях поставляється комплекс "Метан"?
3. Описати конструкцію чуттєвого елемента апаратури "Метан".
4. Описати роботу схеми аналізаторів АТ1-1.
5. Як здійснити на лабораторному стенді перевірки комплексу "Метан" "аварійний" режим?
6. Визначити послідовність роботи комплексу "Метан" при досяганні концентрації газу метану значення 1,3 граничної концентрації?
7. Визначити призначення регулювальних резисторів на передній панелі датчика.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Батицкий В.А., Куроедов В.И., Рыжков А.А. Автоматизация производственных процессов и АСУП в горной промышленности: Учеб. для техникумов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. – 303 с.
2. Гаврилов П.Д., Гимельштейн Л.Я., Автоматизация производственных процессов. - М.: Недра, 1985. – 224 с.
3. Демин В.В. Лабораторный практикум по рудничной автоматике и телемеханике. Учеб. пособие для техникумов. – М.: Недра, 1990. – 213 с.
4. Единая система конструкторской документации: Справочное пособие / С.С. Борущек, А.А. Волков, М.М. Ефимова и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 352 с.
5. Овсянников Ю.А., Кораблев А.А., Топорков А.А. Автоматизация подземного оборудования: Справочник. М.: Недра, 1990. – 287 с.
6. Поспелов Л.П. Основы автоматизации производства: Учебник для техникумов. – М.: Недра, 1988. – 232 с.
7. Системы и средства автоматизации забойного оборудования / В.А. Антипов, А.В. Сапилов, М.С. Кибрик и др. – К.: Техника, 1984. – 216 с.
8. Системы и средства автоматизации забойного оборудования/ В.А. Антипов, А.В. Сапилов, М.С. Кибрик и др. – К.: Техника, 1984. – 216 с.
9. Справочник по автоматизации шахтного конвейерного транспорта / Н.И. Стадник, В.Г. Ильющенко, С.И. Егоров и др. – К.: Техника, 1992. – 438с.